UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES
RITA DE CÁSSIA CATINI DE MACEDO

UM PROCESSO PARA DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS ENATIVOS BASEADOS EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA: ESTUDOS NO MONITORAMENTO DE ATIVIDADE FÍSICA EM GESTANTES

MOGI DAS CRUZES, SP
2025

UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES
RITA DE CÁSSIA CATINI DE MACEDO

UM PROCESSO PARA DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS ENATIVOS BASEADOS EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA: ESTUDOS NO MONITORAMENTO DE ATIVIDADE FÍSICA EM GESTANTES

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade de Mogi das Cruzes como parte dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Biomédica.
Área de concentração: Engenharia Biomédica.
Linha de Pesquisa: Desenvolvimento de Software e Dispositivos Biomédicos.

Orientadora: Dra. Silvia Cristina Martini

Coorientador: Dr. Rodrigo Bonacin

MOGI DAS CRUZES, SP

2025

FINANCIAMENTO



Ficha catalográfica
Universidade de Mogi das Cruzes - Biblioteca Central

Macedo, Rita de Cássia Catini de
M141p Um processo para desenvolvimento de sistemas enativos baseados em Inteligência Artificial Generativa: estudos no monitoramento de atividades física em gestante / Rita de Cássia Catini de Macedo. -- Mogi das Cruzes, SP: Universidade de Mogi das Cruzes, 2025.
152 f. : il.

Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica) -- Universidade de Mogi das Cruzes, 2025.
Orientação: Prof. (a). Dr (a). Silvia Cristina Martini.
Coorientação: Prof.(a). Dr(a). Rodrigo Bonacin

1. Gestantes 2. Atividade física 3. Inteligência Artificial Generativa 4. Aplicativos móveis 5. Ciências da Educação Física I. Martini, Silvia Cristina II. Universidade de Mogi das Cruzes III. Título

CDD 612.63

Elaborada por Maria Cristina Alves Silva Xavier – CRB-8/10077

Tel.: (11) 4798-7000
0800 19 2001
www.umc.br

ATAS

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE TESE DE DOUTORADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA DA UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES

Às quatorze horas do dia oito de agosto de dois mil e vinte e cinco, pela Universidade de Mogi das Cruzes, realizou-se a defesa da tese intitulada "UM PROCESSO PARA DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS ENATIVOS BASEADOS EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA: ESTUDOS NO MONITORAMENTO DE ATIVIDADE FÍSICA EM GESTANTES". para obtenção do grau de doutor(a) pelo(a) candidato(a) **Rita de Cássia Catini de Macedo.** Tendo sido o número de créditos alcançados pelo(a) mesmo(a) no total de 72 (setenta e dois), a saber: 36 unidades de crédito em disciplinas e atividades na pós-graduação e 36 unidades de crédito no preparo da tese, o(a) aluno(a) perfaz assim os requisitos para obtenção do grau de doutor(a). A comissão examinadora foi constituída pelos senhores professores doutores: Silvia Cristina Martini, Marcia Aparecida da Silva Bissaco e Alessandro Pereira da Silva, da Universidade de Mogi das Cruzes, Ferrucio de Franco Rosa do Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer e Ana Maria Monteiro do Centro Universitário de Campo Limpo Paulista, sob a presidência da primeira como orientadora do(a) aluno(a). A sessão pública da defesa da tese foi aberta pela senhora presidente da comissão que apresentou o(a) candidato(a). Em seguida o(a) candidato(a) realizou uma apresentação oral de seu trabalho, ao final da qual seguiram-se as arguições pelos membros da comissão examinadora. A seguir, a comissão, em sessão secreta, conforme julgamento discriminado por cada membro, considerou o(a) candidato(a)

Aprovada (aprovado(a) /reprovado(a)) por Unanimidade (unanimidade/maioria).

Mogi das Cruzes, 08 de agosto de 2025.

Comissão Examinadora	Julgamento
Documento assinado digitalmente gov.br ALESSANDRO PEREIRA DA SILVA Data: 14/08/2025 19:20:55-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br Prof. Dr. Alessandro Pereira da Silva	Aprovada (aprovado(a)/reprovado(a))
Documento assinado digitalmente gov.br ANA MARIA MONTEIRO Data: 15/08/2025 12:31:33-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br Profª Drª Ana Maria Monteiro	Aprovada (aprovado(a)/reprovado(a))
Documento assinado digitalmente gov.br MARCIA APARECIDA SILVA BISSACO Data: 17/08/2025 16:41:40-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br Profª Drª Marcia Aparecida da Silva Bissaco	Aprovada (aprovado(a)/reprovado(a))
Documento assinado digitalmente gov.br FERRUCIO DE FRANCO ROSA Data: 15/08/2025 10:03:03-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br Prof. Dr. Ferrucio de Franco Rosa	Aprovada (aprovado(a)/reprovado(a))
Documento assinado digitalmente gov.br SILVIA CRISTINA MARTINI Data: 18/08/2025 17:16:15-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br Profª Drª Silvia Cristina Martini	Aprovada (aprovado(a)/reprovado(a))

RESUMO

Esta tese propõe um processo inovador para o desenvolvimento de sistemas enativos, com aplicação prática voltada ao monitoramento e sugestão de atividades físicas para gestantes. O estudo parte da premissa de que a personalização e a adaptação dinâmica são essenciais para garantir segurança, bem-estar e engajamento na prática de exercícios durante a gestação, período marcado por alterações fisiológicas e emocionais intensas. O processo visa desenvolver sistemas onde usuário e sistema são dinamicamente influenciados um pelo outro, por meio do uso de Inteligência Artificial Generativa. A arquitetura de solução desenvolvida, com base nesse processo, integra sensores vestíveis, monitoramento em tempo real, interface intuitiva e um módulo de suporte à decisão utilizando LLMs e RAG. O processo proposto foi validado por meio do desenvolvimento de um sistema funcional, denominado GymGuardian, envolvendo um aplicativo pessoal e um *dashboard* para acompanhamento por profissionais de educação física. Foram considerados aspectos fundamentais dos sistemas enativos, como autonomia, emergência, fazer-sentido, corporificação e experiência, que garantem uma resposta adaptativa do sistema às condições e preferências das usuárias. A avaliação foi conduzida com a aplicação de questionários baseados no modelo TAM e UTAUT2, incluindo dados quantitativos e qualitativos. Os resultados obtidos revelaram aceitação e percepção positiva das funcionalidades da solução. Os dados colhidos também indicaram oportunidades de aprimoramento. O trabalho contribui metodologicamente ao propor uma arquitetura de modelagem aplicável a outras áreas da saúde, combinando elementos da cognição enativa com recursos tecnológicos atuais.

Palavras-chave: sistemas enativos; atividade física; gestação; inteligência artificial; personalização de treinos.

ABSTRACT

This thesis proposes an innovative process for developing enactive systems, it is focused on practical applications for monitoring and suggestion of physical activities for pregnant women. The study is based on the premise that personalization and dynamic adaptation are essential to ensure safety, well-being, and engagement in physical exercises during pregnancy, a period marked by intense physiological and emotional changes. The process aims to develop systems where the user and system are dynamically influenced by each other, through the use of Generative Artificial Intelligence. The developed solution architecture, based on this process, integrates wearable sensors, real-time monitoring, an intuitive interface, and a decision support module using LLMs and RAG. The proposed process was validated through the development of a functional system, called GymGuardian, involving a personal application and a dashboard for monitoring by physical education professionals. Fundamental aspects of enactive systems were considered, including autonomy, emergence, sense-making, embodiment, and experience, which ensure system responses adapted to the conditions and preferences of users. The evaluation was conducted using questionnaires based on the TAM and UTAUT2 models, combining quantitative and qualitative data. The results obtained revealed acceptance and positive perception of the solution's functionalities. The data collected also indicated opportunities for improvement. The work contributes methodologically by proposing a modeling architecture applicable to other areas of health, combining elements of enactive cognition with current technological resources.

Keywords: enactive systems; physical activity; pregnancy; artificial intelligence; personalized training.

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser minha força em todos os momentos e por guiar cada passo da minha vida.

Dedico também ao meu marido e às minhas filhas, meu amor incondicional: obrigada por todo apoio, paciência e carinho ao longo do caminho. Este sonho também é de vocês! Vocês são meu alicerce, minha inspiração e a razão do meu sorriso todos os dias.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por estar presente em todos os momentos da minha vida, guiando-me com fé, sabedoria e serenidade. Sua presença foi e é meu sustento diante dos desafios, e sua graça me fortalece diariamente.

À minha família, meus pais, Marcilio e Maria Rita, e meus irmãos, Marcílio Jr. e Neto, minha eterna gratidão. Obrigada pela base sólida que me deram, pelos valores, pelo amor incondicional, pelos conselhos, pelo apoio em todas as fases e por estarmos sempre juntos — nas vitórias e nas dificuldades.

Ao meu querido esposo, Paulo Cesar, meu companheiro de vida há quase 25 anos, minha admiração e amor profundos. Obrigada por toda ajuda, pela presença constante, pelo incentivo nos dias difíceis, pela escuta atenta e pela paciência. Você é meu porto seguro, meu alicerce e meu exemplo de generosidade, sabedoria e dedicação. Sou grata todos os dias por tê-lo ao meu lado.

Às minhas filhas amadas, Maria Luísa e Isabella, que com suas orações, sorrisos, palavras e gestos de carinho iluminam meus dias. Ser mãe de vocês é minha maior alegria, e o amor que sinto transcende qualquer explicação. Obrigada por me ensinarem tanto, mesmo sem saber.

Aos meus orientadores, Professora Dra. Silvia Martini e Professor Dr. Rodrigo Bonacin, minha sincera gratidão. Obrigada pela confiança, pelas contribuições valiosas, pela generosidade com o tempo e pelo cuidado na orientação. Suas orientações e olhares atentos foram fundamentais para que este trabalho se concretizasse.

Ao Professor Jonatas, do Studio Dois, que se dispôs a participar da avaliação empírica do protótipo, contribuindo diretamente para a validação deste trabalho.

Por fim, agradeço à CAPES pelo apoio financeiro fundamental para a realização desta pesquisa, que possibilitou minha dedicação ao desenvolvimento acadêmico e científico. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

A todos que, de alguma forma, estiveram ao meu lado: MUITO OBRIGADA!

“O futuro pertence àqueles que acreditam na beleza de seus sonhos”

.

(Eleanor Roosevelt)

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Desenvolvimento do bebê durante o período gestacional. 23

Figura 2 - Exemplos de tipos de informações que poderiam ser monitoradas com wearables. 37

Figura 3 - Visão geral de uma aplicação tradicional (a) e de uma aplicação sensível ao contexto (b) 39

Figura 4 - Os agentes interagem com os ambientes por meio de sensores e atuadores. 45

Figura 5 - Posição do Machine Learning Deep Learning dentro do campo da inteligência artificial.....46

Figura 6 - Arquitetura Genérica de um Sistema RAG. 52

Figura 7 - Arquitetura de funcionamento de uma aplicação PWA. 57

Figura 8 - Representação esquemática do sistema enativo conectado à Internet. 66

Figura 9 - Representação esquemática do sistema enativo não conectado à Internet. 68

Figura 10 - Diagrama BPMN do processo online implementado pelo sistema enativo.....70

Figura 11 - Diagrama BPMN do processo offline implementado pelo sistema enativo. 71

Figura 12 - Representação esquemática do sistema enativo de treino – Processo online. 74

Figura 13 - Representação esquemática do sistema enativo de treino – Processo *offline*. 77

Figura 14 - Diagrama de Caso de uso da interface de *login* do aplicativo. 82

Figura 15 - Diagrama de Caso de uso da interface de Pré-treino. 82

Figura 16 - Diagrama de Caso de uso da interface de treino. 83

Figura 17 - Diagrama de classes do Aplicativo. 84

Figura 18 - Wireframe das principais interfaces do App. 85

Figura 19 - Protótipo de baixa fidelidade da tela de *login*. 86

Figura 20 - Protótipo de baixa fidelidade das interfaces de pré-treino (A - esquerda) e Histórico de treinos (B - direita). 87

Figura 21 - Protótipo de baixa fidelidade das interfaces Monitoramento do exercício (esquerda) e Detalhes do exercício (direita). 88

Figura 22 - Protótipo de baixa fidelidade da interface de informações treino realizado. 89

Figura 23 - Protótipo de baixa fidelidade da interface de avaliação do treino. 90

Figura 24 - Protótipo de baixa fidelidade da interface do *dashboard* do Personal. 91

Figura 25 - Representação esquemática das tecnologias usadas para o desenvolvimento da solução. 94

Figura 26 - Fluxo de automação n8n para o sistema GymGuardian com RAG 98

Figura 27 - Consulta ao Supabase Vector Store com base em similaridade semântica dos dados vetorizados. 99

Figura 28 - Composição do *prompt* dinâmico no AI Agent. 100

Figura 29 - Tela de *login* do módulo Aluno 102

Figura 30 - Tela inicial do módulo Aluno. 102

Figura 31 - Treino recomendado para o dia. 103

Figura 32 - Calendário com histórico dos treinos. 103

Figura 33 - Calendário com histórico dos treinos. 104

Figura 34 - Treino recomendado para o dia. 104

Figura 35 - Mensagem de finalização de treino. 105

Figura 36 - Interface de *feedback* do treino. 105

Figura 37 - tela principal do sistema GymGuardian - módulo Personal. 106

Figura 38 - Interface de alunos monitorados. 107

Figura 39 - Interface das atividades cadastradas no sistema. 107

Figura 40 - Interface de aparelhos disponíveis para atividades físicas. 108

Figura 41 - Interface dos treinos gerados automaticamente pelo sistema. 109

Figura 42 - Interface com dados da anamnese das alunas. 109

Figura 43 - Interface de acompanhamento individual das alunas. 110

Figura 44 - Interface de monitoramento em tempo real 111

Figura 51 – Gráfico comparativo de médias por pergunta. 119

Figura 52 - Distribuição das respostas do *Personal trainer* (Escala Likert). 124

Figura 53 - Requisito Funcional Cadastrar Aluno. 147

Figura 54 - Requisito Funcional Treino. 147

Figura 55 - Requisito Funcional Execução do Treino. 148

Figura 56 - Requisito Funcional Detalhes da Atividade. 148

Figura 57 - Requisito Funcional Histórico de Treinos. 149

Figura 58 - Requisito Funcional Finalizando o treino. 149

Figura 59 - Requisito Funcional Avaliando o Treino. 150

Figura 60 - Requisito Não Funcional *Login*. 150

Figura 61 - Requisito Não Funcional Banco de Dados. 151

Figura 62 - Requisito Não Funcional API Temperatura. 151

Figura 63 - Requisito Não Funcional API Smartband. 152

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fases do ciclo gestacional nos três trimestres da gravidez. 24

Tabela 2**-** Lista de Sternfeld sobre os riscos potenciais que a atividade física inadequada ou não monitorada. 28

Tabela 3**-** Lista sobre os riscos potenciais que a atividade física inadequada ou não monitorada. 29

Tabela 4**-** Elementos a serem considerados para a prescrição básica de exercícios para gestantes. 32

Tabela 5 **-** Cinco elementos essenciais a se considerar em sistemas enativos. 43

Tabela 6 - Vantagens da Ferramenta n8n. 60

Tabela 7 - Elementos da representação esquemática. 65

Tabela 8 **-** Associação entre os modelos conceitual e de teste. 73

Tabela 9 - Tabela de identificação dos requisitos funcionais e não funcionais do sistema GymGuardian. 80

Tabela 10 – Componentes do Fluxo de Automação no n8n Utilizados na Tese. 96

Tabela 11 - Análise do modelo em relação aos elementos essenciais de sistemas enativos. 115

Tabela 12 - Questionário de Avaliação da Experiência com o Sistema GymGuardian. 116

Tabela 13 - Classificação dos Intervalos da Escala Likert (1 a 5). 117

Tabela 14 – Tabela de dados demográficos das participantes do estudo. 118

Tabela 15 - Média calculada para cada pergunta (P1 a P13). 119

Tabela 16 - Avaliação feita pelo personal. 122

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 17

1.1. CONTEXTO E MOTIVAÇÃO 18

1.2. PROBLEMÁTICA E JUSTIFICATIVA 19

1.3. OBJETIVOS, CONTRIBUIÇÕES E MÉTODOS 20

1.4. ESTRUTURA DA PROPOSTA 21

2. REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLÓGICO 23

2.1. GESTAÇÃO 23

2.2. ATIVIDADE FÍSICA NA GESTAÇÃO 25

2.2.1 Recomendação para a prática de atividade física durante a Gestação 26

2.2.2 Cuidados para a prática de atividade física durante a Gestação 27

2.2.3 Prescrição de exercícios e bem-estar materno durante a Gestação 31

2.3. MONITORAMENTO TECNOLÓGICO DA ATIVIDADE FÍSICA 34

2.4. SISTEMAS VESTÍVEIS DE MONITORAMENTO DE SAÚDE 35

2.5 ADAPTAÇÃO DINÂMICA, PERSONALIZAÇÃO E APRENDIZADO PROGRESSIVO DE SISTEMAS 38

2.6 TEORIAS DE COGNIÇÃO ENATIVA E APLICAÇÃO DOS CONCEITOS ENATIVOS NA TECNOLOGIA 40

2.7 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: ANÁLISE, INTERPRETAÇÃO E ADAPTAÇÃO 44

2.7.1 Aprendizado de Máquina (*Machine Learning)* 47

2.7.2 Inteligência Artificial Generativa (IAG) e Modelos de Linguagem de Grande Escala (LLMs) 49

2.7.3 Retrieval-Augmented Generation (RAG) 50

2.8. TECNOLOGIAS DE DESENVOLVIMENTO 53

2.8.1 Linguagens de Programação: HTML, CSS, JavaScript e PHP 53
2.8.2 Progressive Web Application (PWA) 56
2.8.3 Banco de dados: Supabase 58
2.8.4 Automação de fluxos de trabalho: n8n 60
3. MATERIAIS E MÉTODOS 62
3.1. METODOLOGIA DE PESQUISA 63
3.2. ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA 64
3.2.1. Representação esquemática de um sistema enativo 64
3.2.2. Instanciação do processo no desenvolvimento de um sistema enativo para monitoramento de atividade física em gestantes 72
3.2.3 Desenvolvimento do Sistema GymGuardian 79
3.2.3.1 Modelagem de Requisitos do Sistema GymGuardian 79
3.2.3.2 Design de protótipos de baixa fidelidade do GymGuardian 84
4. RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO PROCESSO NO DESENVOLVIMENTO DO GYMGUARDIAN 95
4.1 APRESENTAÇÃO DO FLUXO DE AUTOMAÇÃO NO N8N 95
4.2 APRESENTAÇÃO DO PROTÓTIPO GYMGUARDIAN – ALUNO 101
4.3. APRESENTAÇÃO DO PROTÓTIPO GYMGUARDIAN – PERSONAL 106
4.4. PUBLICAÇÕES, SUBMISSÕES E REGISTROS 111
5. AVALIAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO 114
5.1. AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO 114
5.2. AVALIAÇÃO DA EXPERIÊNCIA DAS ALUNAS COM O SISTEMA GYMGUARDIAN 116
5.3. AVALIAÇÃO DA EXPERIÊNCIA DO PERSONAL COM O SISTEMA GYMGUARDIAN 121

5.4 TRATAMENTO ÉTICO E SEGURANÇA DOS DADOS 125
5.5 LIMITAÇÕES DO ESTUDO E AMEAÇAS À VALIDADE 126
5.6 INTERPRETAÇÃO E CONTRIBUIÇÕES 127
6. CONCLUSÃO 129
6.1 CONTRIBUIÇÕES 129
6.2 TRABALHOS FUTUROS 130
6.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS 131
REFERÊNCIAS 132
APÊNDICE A 139
APÊNDICE B 147

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Kaipainen e Hautamäki (2011), os sistemas enativos compõem uma categoria distinta de sistemas que não se restringem a interfaces ou comportamentos padrões. Eles são moldados e influenciados tanto por processos humanos quanto tecnológicos de forma dinâmica.

O conceito de enatividade tem suas raízes na filosofia e ciência cognitiva, baseando-se na premissa de que a cognição é fruto da interação dinâmica e recíproca entre um organismo e seu ambiente. Tais sistemas encontram aplicação em áreas onde a interação contínua e a capacidade de adaptação ao ambiente são essenciais para o desempenho e eficácia. Na tecnologia, por exemplo, sistemas enativos podem ser empregados no desenvolvimento de dispositivos ou softwares que aprimoram sua funcionalidade e usabilidade ao aprender e se adaptar às necessidades específicas dos usuários em tempo real (VARELA; THOMPSON; ROSCH, 2016).

Esta tese de doutorado apresenta um processo de desenvolvimento para construção de sistemas enativos, constituindo sua principal contribuição. O processo foi estruturado com o objetivo de orientar a modelagem, implementação e avaliação de sistemas enativos adaptativos, capazes de responder em tempo real ao contexto e às necessidades dos usuários. Uma característica distintiva do modelo é a incorporação de um módulo de suporte à decisão que emprega Inteligência Artificial (IA) Generativa (IAG) para personalização, oferecendo um mecanismo sofisticado para aprimorar a adaptabilidade e a eficácia dos sistemas enativos em diversos contextos aplicados. Esta abordagem traz novas perspectivas para o uso de sistemas enativos em áreas que demandam alta adaptabilidade e personalização contínua.

Com a finalidade de prova de conceito[1], o processo proposto foi aplicado no desenvolvimento do GymGuardian, um sistema enativo focado na sugestão e monitoramento de atividades físicas para gestantes em tempo real. Os elementos centrais do GymGuardian

[1] Uma prova de conceito visa validar tecnicamente a viabilidade de uma ideia ou solução proposta, demonstrando que o sistema ou componente pode ser desenvolvido e funcionará como esperado em condições reais, antes de se comprometer com um desenvolvimento mais extenso e custoso. Esse processo envolve a criação de um modelo ou protótipo que implementa os aspectos mais críticos ou inovadores da ideia.

incluem o uso de modelos de linguagem de grande escala (*LLM - Large Language Model*), a seleção de atividades personalizadas que correspondam às características e preferências dos usuários e do ambiente, e um monitoramento ativo durante a execução das atividades para ajustar o sistema às necessidades específicas dos usuários em tempo real.

1.1. CONTEXTO E MOTIVAÇÃO

A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2022) recomenda a prática regular de atividade física para aprimorar a qualidade de vida, promover a saúde e combater o sedentarismo. As atividades físicas ajudam a prevenir e gerenciar doenças crônicas como doenças cardiovasculares, câncer e diabetes, diminuem sintomas de depressão e ansiedade, aprimoram as capacidades cognitivas, asseguram o desenvolvimento saudável em jovens e elevam o bem-estar geral.

A tecnologia está cada vez mais integrada à rotina das pessoas e tem se tornado cada vez mais importante como um meio de facilitar a atividade física. Ela aprimora a experiência de treinamento, fornece dados e análises precisas, e até motiva as pessoas a se envolverem ativamente com sua saúde e bem-estar.

Cresce a necessidade de aplicações para atender dinamicamente às diferentes situações do dia a dia. Soluções tecnológicas para auxiliar (ou controlar) rotinas e atividades ligadas à figura humana (*e.g.*, aplicativos para área médica, educacional, esportiva, entre outras) são difíceis de serem projetadas pela especificidade, dinamicidade e aspectos subjetivos relacionados. Sendo assim, pensar na modelagem de um recurso tecnológico de maneira estática e com comportamento pré-definido significa não atender da melhor maneira às diferentes pessoas que o utilizarão; uma vez que, o comportamento e desempenho de cada indivíduo ou grupo de indivíduos são singulares.

Em meio ao avanço tecnológico e à busca constante de ferramentas mais inteligentes e que atendam de maneira mais eficiente às nossas necessidades, foi elaborado o conceito de sistemas enativos (VARELA; THOMPSON; ROSCH, 2016). Esses sistemas requerem pesquisas sobre maneiras diferentes para traduzi-los em modelos computacionalmente tratáveis.

Durante o processo de interação, um sistema enativo é influenciado pelo ambiente e comportamento dos usuários presentes nele, onde a tecnologia é parte de um sistema

bidirecional, de *feedback* com propriedades recursivas autocontroladas e diretamente ligado ao participante (HAYASHI; BARANAUSKAS, 2017).

1.2. PROBLEMÁTICA E JUSTIFICATIVA

Considerar-se saudável significa pensar na saúde sendo mais que apenas o corpo. Em outras palavras, para que sinta bem-estar, uma pessoa deve encontrar-se em estado de boa disposição física e psíquica, condições muitas vezes dificultadas durante o período de gestação, pois o corpo da mulher sofre grandes modificações físicas e, praticamente todas as grávidas, experimentam algum desconforto musculoesquelético. Além disso, é comum alterações emocionais e psicológicas, como ansiedade, depressão, distúrbios de sono, entre outros.

Para Campos *et al.* (2021), a fase gestacional proporciona ajustes fisiológicos e anatômicos que por sua vez ocasionam alterações no organismo das gestantes. Estas alterações poderiam ser mais bem ajustadas quando conciliadas à prática de atividades físicas proporcionando benefícios para a gestante. Dentre os principais benefícios se destacam à prevenção as lombalgias, menor acúmulo de tecido adiposo, melhora no sistema cardiovascular, entre outros.

Quando não há contraindicação médica, a maioria dos obstetras recomenda a prática de atividades físicas. Os profissionais que trabalham com gestantes, devem proporcionar a elas uma atividade física agradável e segura, respeitando a individualidade e, principalmente, obedecendo regras básicas de bom senso. Precisa-se ter em mente o processo que acontece durante a gestação e que provoca profundas alterações metabólicas e hormonais, modificando respostas às atividades físicas (ROMERO *et al*., 2012).

Para que se tenha resultados satisfatórios, não traga prejuízos à gestante ou ao bebê e possa ser repetida a longo prazo, a seleção e continuidade de uma atividade física deve levar em consideração diversos fatores como: i) objetivos com a prática; ii) características e condicionamento físico para a realização da atividade; iii) estágio gestacional; iv) afeição e motivação com o tipo de exercício; v) condições ambientais como local, temperatura, umidade, etc; vi) resposta fisiológica durante a realização da prática e vii) resposta emocional e sensação de bem-estar durante e pós atividade.

Não existe um padrão único de atividades físicas recomendadas durante a gestação, mas

algumas orientações incluem evitar exercícios de alta intensidade e selecionar atividades considerando o trimestre gestacional, o estado de saúde, a experiência prévia com exercícios e as preferências e necessidades individuais da gestante (SANTINI; IMAKAWA; MOISÉS, 2017).

Idealmente, os exercícios devem ser realizados sob supervisão para garantir segurança, seguindo instruções e cuidados específicos. No entanto, nem sempre é possível ter um profissional de educação física presente em tempo integral, o que requer atenção adicional das praticantes para manter a segurança durante a atividade.

O interesse de escolher este tema se dá pela importância da prática de atividade física e pela presença ativa da tecnologia na vida das pessoas. Existem diversas ferramentas disponíveis para auxiliar e monitorar a prática de atividade física recreativa ou profissional. De maneira geral, os recursos disponíveis consideram a gestão das atividades realizadas e respostas físicas do corpo, como o monitoramento de distância, tempo, calorias gastas e batimentos cardíacos. Porém, também seria relevante levar em consideração a gestão da resposta emocional durante e pós atividade física, elementos importantes quando se trata de comportamento humano, motivação e sensação de bem-estar.

1.3. OBJETIVOS, CONTRIBUIÇÕES E MÉTODOS

Diante dos problemas apresentados, destaca-se a seguinte questão: "*Como implementar sistemas computacionais, que auxiliem a prática segura de atividade física, que sejam dinamicamente adaptativos e evolutivos, atendendo às necessidades e preferências de usuários com condições especiais, tais como a gestação?*"

Nesse contexto o objetivo deste trabalho é propor um processo que permita o desenvolvimento de sistemas enativos para sugestão e monitoramento da prática de atividades físicas em gestantes, onde usuário e sistema são dinamicamente influenciados um pelo outro.

Em um sistema enativo, mudanças nas reações psicofisiológicas dos participantes, consideradas como manifestações inconscientes e automáticas da mente, são usadas para ajustar o sistema em tempo real (KAIPAINEN; HAUTAMÄKI, 2011).

Nossa hipótese é que, usando recursos enativos, é possível desenvolver tecnologias que permitam a sugestão e avaliação de atividades físicas de maneira mais completa e adaptável.

Pensar na modelagem de um recurso tecnológico de maneira estática e com comportamento pré-definido significa não atender da melhor maneira às diferentes pessoas que o utilizarão, pois o comportamento e desempenho de cada indivíduo ou grupo de indivíduos são singulares.

Para tanto, as seguintes tecnologias e métodos são empregados na solução proposta neste trabalho:

- Em primeiro lugar, propõe-se a definição de um processo que permite o desenvolvimento de sistemas enativos, que possuem características de sistemas dinamicamente adaptativos e evolutivos para auxiliar atividades ligadas às pessoas. Tem-se aqui o foco na ampliação e personalização das experiências das pessoas, com soluções influenciadas pelo ambiente e comportamento dos usuários presentes nele.

- Em segundo lugar, propõe-se o uso desse processo na modelagem de um sistema enativo, integrado com IAG por meio de LLMs e RAG, que permita a sugestão e monitoramento da atividade física em gestantes. Para tanto a solução deve considerar: (1) quais serão os dados colhidos e quais são os aspectos/alterações fisiológicas, emocionais e ambientais que podem impactar nas decisões do modelo computacional enativo e (2) como será a integração do sistema enativo com o recurso de IAG.

- Por fim, a modelagem proposta (item anterior) é implementada em um *software* e validada em um cenário de teste, permitindo a inferência e a avaliação do resultado.

O método proposto foi pensado de maneira ampla para contemplar situações que exigem análise de comportamento de usuários, e que sejam capazes de responder e agir com base no estado do ambiente e que possibilitem o ajuste e tomadas de decisão personalizadas.

1.4. ESTRUTURA DA PROPOSTA

A tese está organizada em 6 capítulos, são eles:

- Capítulo 1 - introdução ao tema, delimitando o problema de pesquisa, os objetivos, a justificativa e os procedimentos metodológicos adotados.
- Capítulo 2 - fundamentação teórica que sustenta a pesquisa, abordando os conceitos de sistemas enativos, aprendizado ativo, sistemas responsivos e IAG, com foco em sua aplicação em contextos de promoção da saúde.

- Capítulo 3 - materiais e métodos utilizados no desenvolvimento da proposta, detalhando o processo proposto, os procedimentos técnicos, as ferramentas adotadas e os principais elementos da arquitetura do sistema GymGuardian.
- Capítulo 4 - resultados obtidos na pesquisa, incluindo o sistema desenvolvido, os fluxos de automação e informações sobre os artigos científicos produzidos ao longo da pesquisa.
- Capítulo 5 - discussão do trabalho, interpretando os resultados à luz da literatura revisada, os dados de avaliação coletados e os desdobramentos das análises realizadas, destacando as contribuições do sistema proposto para o campo da saúde digital e da cognição enativa.
- Capítulo 6 - considerações finais, as limitações da pesquisa, as contribuições para estudos futuros e sugestões para o aprimoramento do sistema desenvolvido.
- Ao final, são apresentadas as referências utilizadas, os apêndices e os anexos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLÓGICO

O objetivo principal deste capítulo é apresentar a definição de conceitos e técnicas relacionados ao tema do trabalho. Gestação e saúde da mulher, atividade física na gestação, inteligência artificial e tecnologias associadas, sistemas enativos, e outros conceitos, utilizados como base desta tese, são apresentados nas seções deste tópico.

2.1. GESTAÇÃO

Seja em uma gravidez planejada ou inesperada, o momento da gestação é muito especial para uma mulher pois vem carregado de grandes transformações físicas psicológicas e comportamentais.

Para o desenvolvimento do feto no interior do útero da mulher, o período gestacional dura em torno de 40 semanas e está subdividido em três fases importantes: primeiro, segundo e terceiro trimestre gestacional, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1- Desenvolvimento do bebê durante o período gestacional.



Fonte: Santos (c2025).

Conhecer sobre os diferentes trimestres gestacionais é importante pois cada um deles apresenta características, mudanças e cuidados diferentes, preparando o corpo da mulher para a formação do bebê e para o parto. A Tabela 1 ilustra características gerais de cada trimestre gestacional.

Tabela 1 - Fases do ciclo gestacional nos três trimestres da gravidez.

Trimestre	Período	Objetivo geral	Percepções da mãe	Evolução do bebê
Primeiro	0 a 13 semanas	Divisão celular e geração do embrião.	Adaptação do corpo para a nova condição. Formação da placenta e todo o sistema de apoio, como o cordão umbilical e o líquido amniótico. Aumento dos seios e pode sentir enjoos, mais sono, mais fome, enjoos e cansaço.	Após a fecundação há a multiplicação rápida das células do embrião que serão utilizadas para a formação dos sistemas essenciais do bebê. Próximo ao final do terceiro mês, o bebê mede entre 6,25 e 7,5 cm e pesa entre 14 a 18 gramas. Ao final do primeiro trimestre, a cabeça já está bem delineada e as pálpebras começam a se formar.
Segundo	14 a 26 semanas	Desenvolvimento completo e todo o sistema do bebê.	Mudanças rápidas do corpo: crescimento da barriga e as alterações nas mamas e quadris. As sensações iniciais de desconforto normalmente desaparecem, dando lugar a sentimentos de plenitude e maior disposição.	A partir de 14 semanas, iniciam-se os movimentos respiratórios e das mãozinhas. Entre 15 e 16 semanas, a pele, ainda transparente, começa a se engrossar. O bebê já tem cílios e sobrancelhas e seus movimentos podem começar a ser percebidos. O coração bate muito mais rápido do que o seu.
Terceiro	27 a 40/41 semanas	Ganho de peso e altura do bebê, enquanto o corpo da mãe se prepara para o parto.	O espaço dentro do útero vai ficando cada vez mais justo e o bebê se mexe menos e ganha peso. Nessa fase, a mulher pode sentir dificuldade para respirar e falta de ar.	Já percebe a luz de fora do útero, abre e fecha os olhos, escuta e identifica vários sons, como vozes e músicas, e pode se assustar com barulhos altos e repentinos.

Fonte: Ministério da Saúde (2022) e SOGESP (2024)

De acordo com Reis (2020), a gestação produz profundas alterações no organismo materno com o objetivo fundamental de adequá-lo às necessidades orgânicas próprias do complexo materno-fetal e do parto. As principais modificações da fisiologia materna ocorrem no sistema cardiocirculatório, respiratório e gastrintestinal, além das metabólicas e hematológicas.

Vieira e Parizotto (2013) afirmam que os hormônios femininos, durante a gravidez, sofrem um aumento em sua concentração, modificando o corpo da mulher para proporcionar o crescimento adequado do bebê. Essas alterações hormonais podem trazer mudanças orgânicas e comportamentais significativas para a mulher, inclusive o desencadeamento ou a exacerbação de sintomatologia depressiva, podendo apresentar sintomas como ansiedade, baixa concentração, irritabilidade, mudança no apetite, insônia, hipersônia e perda de energia. Os

autores ainda mencionam que por ser um fator gerador de ansiedade, a gestação pode tornar a mulher mais vulnerável ao desenvolvimento de perturbações emocionais. A gestação é a fase de maior incidência de transtornos psíquicos na mulher, como a intensidade das alterações psicológicas relacionada a fatores familiares, conjugais, sociais, culturais e da própria personalidade da gestante.

2.2. ATIVIDADE FÍSICA NA GESTAÇÃO

A prática de atividade física oferece vantagens substanciais para a saúde do coração, corpo e mente. De acordo com a definição de Ramos (1999), a atividade física compreende qualquer movimento do corpo que envolva a contração muscular e que resulte em um gasto energético superior ao estado de repouso. Em última instância, isso leva ao aumento da força física, flexibilidade corporal e resistência, trazendo mudanças tanto na composição corporal quanto no desempenho esportivo.

A *World Health Organization* – (WHO, 2022) faz recomendações sobre a prática regular de atividade física para melhoria da qualidade de vida, cuidados com a saúde e combate ao sedentarismo. A atividade física contribui para prevenir e controlar doenças não transmissíveis, como doenças cardiovasculares, câncer e diabetes, reduz sintomas de depressão e ansiedade, melhora as habilidades de pensamento, aprendizado e julgamento, garante crescimento e desenvolvimento saudável em jovens e melhora o bem-estar geral.

Para gestantes e puérperas a atividade física confere os seguintes benefícios para a saúde materna e fetal: diminuição do risco de pré-eclâmpsia, hipertensão gestacional, diabetes gestacional (por exemplo, redução de 30% no risco), ganho excessivo de peso gestacional, complicações no parto depressão pós-parto, complicações do recém-nascido, e a atividade física não tem efeitos adversos sobre o peso ao nascer ou aumenta o risco de natimorto (WHO, 2022).

Em relação às gestantes, obstetras-ginecologistas e outros prestadores de cuidados obstétricos devem encorajar seus pacientes a continuar ou iniciar o exercício como um componente importante da saúde ideal.

Para *American College of Obstetricians and Gynecologists* (ACOG, 2020) a atividade física e o exercício na gravidez estão associados a riscos mínimos e demonstraram beneficiar a maioria das mulheres, embora algumas modificações nas rotinas de exercícios possam ser necessárias devido às alterações anatômicas e fisiológicas normais e às necessidades fetais. Na

ausência de complicações obstétricas ou médicas ou contraindicações, a atividade física na gravidez é segura e desejável, e as mulheres grávidas devem ser encorajadas a continuar ou iniciar atividades físicas seguras.

Ainda sobre os benefícios para a mulher, a ACOG (2020) diz que estudos observacionais de mulheres que se exercitam durante a gravidez mostraram a diminuição do diabetes mellitus gestacional, cesariana e parto vaginal cirúrgico e tempo de recuperação pós-parto. A atividade física também pode ser um fator essencial na prevenção de transtornos depressivos da mulher no período pós-parto.

Apesar dos inúmeros benefícios para a saúde física e mental associados ao exercício regular, mulheres grávidas não praticam uma quantidade suficiente de atividade física. A inatividade durante a gravidez é motivo de preocupação porque as gestantes que não praticam exercícios perdem inúmeros benefícios para a saúde.

2.2.1 Recomendação para a prática de atividade física durante a Gestação

Segundo a ACOG (2020) mulheres que habitualmente praticam atividades aeróbicas de intensidade vigorosa ou que eram fisicamente ativas antes da gravidez podem continuar essas atividades durante a gravidez e o período pós-parto.

A WHO (2022) indica que todas as mulheres grávidas e puérperas, sem contraindicação, devem fazer pelo menos 150 minutos de atividade física aeróbica de intensidade moderada durante a semana, incorporar uma variedade de atividades aeróbicas e de fortalecimento muscular e deve limitar a quantidade de tempo gasto sendo sedentário. Substituir o tempo sedentário por atividade física de qualquer intensidade (incluindo intensidade leve) traz benefícios à saúde.

De acordo com Santini, Imakawa e Moisés (2017) vários tipos de exercícios físicos podem ser praticados pelas gestantes, embora, em geral, sejam divididos em três grandes categorias: exercícios aeróbicos visando ganho de força e envolvendo adaptações cardiovasculares mais expressivas, exercícios resistidos realizados principalmente para obtenção de hipertrofia e força muscular, e exercícios de alongamento que provocam aumento do tamanho das fibras musculares, melhorando a flexibilidade.

Os autores ainda trazem sugestões de atividades físicas sugeridas e não sugeridas para gestantes cuja gestação é de risco habitual. Alguns tipos de atividades físicas sugeridas são exercícios leves como caminhada, bicicleta e, com destaque, atividades na água, com temperatura ideal da água deve ficar entre 28º a 30ºC. Atividades físicas na água não causam impacto nas articulações, são relaxantes, reduzem a frequência de edema, que é um efeito comum na gestação, atuam como termorregulador em decorrência do contato da água fria com o corpo.

2.2.2 Cuidados para a prática de atividade física durante a Gestação

Conforme Santini, Imakawa e Moisés (2017) não há um padrão pré-definido de atividades físicas que devem ser seguidos a gestação, porém tem-se algumas recomendações como: evitar exercícios de alta intensidade, para a escolha do exercício levar em consideração o período gestacional em que se encontra a gestante, as condições de saúde da gestante, a experiência prévia em praticar exercícios físicos e o interesse e necessidade dela. Outro fator importante a ser ressaltado é que a intensidade do exercício deve ser monitorada de acordo com os sintomas que a gestante apresentar.

Sternfeld (1997) lista os riscos potenciais que a atividade física inadequada ou não monitorada podem ocasionar e considerações importantes sobre os sistemas de compensação desses riscos. A Tabela 2 ilustra a lista dos riscos mencionados pelo autor.

Tabela 2- Lista de Sternfeld sobre os riscos potenciais que a atividade física inadequada ou não monitorada.

Risco	Descrição/Problema
Redução do Fluxo Sanguíneo Uterino	Durante o exercício físico há uma redução do fluxo sanguíneo uterino para redistribuí-lo aos órgãos esplâncnicos e para os músculos em atividade. Esta resposta hemodinâmica, conjunto de componentes físicos que constituem o bombeamento do sangue no sistema cardiovascular em específico, bem conhecida ao exercício é a base para a preocupação de que o exercício durante a gravidez pode resultar em hipóxia fetal e possível retardo do crescimento fetal. De fato, foi encontrada uma diminuição no fluxo sanguíneo uterino com o exercício durante a gravidez, porém vários mecanismos parecem existir para manter o consumo de oxigênio fetal relativamente constante. São eles: i) aumento acentuado do hematócrito materno, porcentagem de hemácias no volume total de sangue, que ocorre com o exercício, que diminui o volume plasmático e aumenta a capacidade de transporte de oxigênio do sangue; ii) há uma relação inversa entre o fluxo sanguíneo e a extração de oxigênio na qual o oxigênio aumenta à medida que o fluxo diminui, e iii) a redistribuição do fluxo sanguíneo favorece a placenta, sobre o miométrio, camada intermediária da parede uterina. Como resultado de todos esses mecanismos, o fornecimento de oxigênio ao feto não parece ser comprometidos durante o exercício materno.
Hiperter-mia	Durante o exercício vigoroso, a maior parte da energia resultante do aumento do metabolismo é transformada em calor. Embora a maior parte desse calor seja dissipada pelo aumento do fluxo sanguíneo para a pele, parte é armazenada e causa o aumento da temperatura corporal, podendo resultar em hipotermia, situação em que o corpo fica com uma temperatura mais elevada que o normal. Uma vez que a hipertermia grave tem sido associada a efeitos teratogênicos e desde que o determinante primário da temperatura fetal parece ser a temperatura materna, o superaquecimento materno durante o exercício pode representar uma séria ameaça ao feto. As temperaturas fetais durante o exercício materno não foram estudadas diretamente em humanos; no entanto, a observação de mudanças relativamente moderadas na temperatura materna com exercícios durante a gravidez, em comparação com exercícios não gestantes, sugere uma termorregulação aprimorada durante a gravidez que pode proteger contra a hipertermia.
Disponibi-lidade de Substrato	Uma fonte de energia para exercícios aeróbicos, especialmente em intensidades mais altas, são os carboidratos, utilizados pelos músculos. Uma única sessão de exercício melhora a tolerância à glicose e o treinamento físico aumenta a sensibilidade periférica à insulina. Em contraste, durante o final da gravidez, em condições de repouso, a tolerância à glicose é prejudicada, os níveis circulantes de insulina aumentam, a sensibilidade à insulina diminui. Funcionalmente, essas alterações poupam glicose para o feto aumentando a mobilização de gordura para fornecer substrato aos tecidos maternos. Uma vez que o feto depende de um suprimento contínuo de glicose para a síntese de gordura e proteína, uma questão não resolvida sobre o exercício durante a gravidez é se as necessidades de carboidratos do feto e dos músculos exercitados podem ou não ser atendidas sem comprometer a mãe ou o bebê. O autor aponta um estudo que mostrou uma diminuição no metabolismo de carboidratos durante o exercício em mulheres grávidas como resposta adaptativa para manter a disponibilidade de carboidratos para o feto. No entanto, a maioria dos estudos analisados descobriu que o exercício, particularmente mais tarde na gravidez, tem efeitos hipoglicemiantes, com efeitos prejudiciais incertos no resultado da gravidez, especificamente no crescimento fetal, porém benéfico como tratamento para diabetes gestacional.
Contra-ções uterinas	Como a noradrenalina é um estimulante uterino e, junto com a adrenalina, são liberadas durante o exercício no estado gestante ou não gestante, o exercício poderia, teoricamente, estimular as contrações uterinas e resultar em parto prematuro. No entanto, evidências apontadas pelo autor sugerem que mesmo as catecolaminas (noradrenalina) maternas aumentem com o exercício, os níveis fetais de catecolaminas parecem permanecer relativamente estáveis neutralizando o efeito estimulatório e protegendo contra a atividade uterina excessiva.

Fonte: Sternfeld (1997).

Em Artal *et al.* (2022) também são identificados os riscos potenciais que a atividade física inadequada ou não monitorada podem ocasionar. Além dos itens relacionados a "redução do fluxo sanguíneo uterino" e "hipertermia", os autores identificaram como elementos de risco outros dois itens não mencionados anteriormente: a possibilidade de "trauma materno" e a possibilidade de "crescimento fetal prejudicado". Informações sobre os itens mencionados podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3- Lista sobre os riscos potenciais que a atividade física inadequada ou não monitorada.

Risco	Descrição/Problema
Trauma Materno	Caracteriza-se por algum tipo de agressão sofrida pela gestante e que pode levar a uma complicação obstétrica. Pode causar descolamento prematuro da placenta, e assim impactar o feto. Além disso, as articulações e ligamentos correm maior risco de lesões durante a gravidez devido ao aumento progressivo da frouxidão dos ligamentos secundária à influência hormonal.
Hipertermia	O corpo fica com uma temperatura mais elevada que o normal. A temperatura central materna de 39°C , especialmente nas primeiras quatro a seis semanas, aumenta o risco de um efeito teratogênico, anormalidades estruturais e funcionais fetais. É improvável que a temperatura central do corpo chegue a esse nível durante o exercício normal e a temperatura ambiente média, mas sempre se justifica uma abordagem prudente. Grávidas podem se envolver com segurança em: (1) exercícios por até 35 minutos a 80 a 90% de sua frequência cardíaca máxima a 25°C e 45% de umidade relativa (UR); (2) exercício de imersão em água (≤/33,4°C) por até 45 minutos; e (3) sentar-se em banhos quentes (40°C) ou saunas quentes/secas (70°C; 15% UR) por até 20 minutos, independentemente da idade gestacional, sem atingir um núcleo temperatura excedendo o limiar teratogênico. É importante notar que a termorregulação melhora durante a gravidez. No entanto, exercícios prolongados em terra ou aquáticos devem ser evitados em ambientes extremamente frios ou quentes.
Redução do fluxo sanguíneo uteroplacentário	Redução do fluxo sanguíneo uterino e placentário pelo direcionamento do fluxo sanguíneo para os músculos em atividade durante o exercício físico. Considerando a resposta do natural do corpo em relação a execução do exercício materno, a principal preocupação é que ocorra hipoxemia fetal, No entanto, vários mecanismos parecem existir para manter o consumo de oxigênio fetal relativamente constante.
Crescimento fetal prejudicado	Embora o exercício possa ter um pequeno efeito negativo sobre o peso ao nascer, não parece aumentar o risco de parto de um bebê pequeno para a idade gestacional. O autor menciona que meta-análises relataram nenhuma ou pequena diferença (<60 gramas) no peso ao nascer. Embora tranquilizadores, esses achados não abordam a segurança de sessões de exercícios mais intensas, frequentes e prolongadas na gravidez.
Outros	Atividade/exercício físico recreativo leve a moderado provavelmente não aumenta o risco de aborto espontâneo ou parto prematuro em indivíduos com gestações de baixo risco.

Fonte: Artal *et al.* (2022)

Percebe-se que os mecanismos compensatórios para os riscos apresentados são eficientes para proteger o feto, adequando o corpo materno para o estresse duplo do exercício e da gravidez, particularmente quando as mulheres são saudáveis com uma gravidez normal e são capazes de escolher um nível adequado de esforço. Dessa forma, os cuidados e

contraindicações à atividade física estão principalmente relacionadas a três fatores: i) tipos específicos de exercícios não indicados durante o período gestacional; ii) condições de saúde que sugerem complicações na gestação e iii) condições de contraindicação absoluta da atividade física na gestação.

Batisti *et al.,* (2003) detalham os três fatores:

i. Tipos específicos de exercício não indicados durante o período gestacional: atividades muito intensas, com peso, artes marciais, com saltos, movimentos repentinos, que podem levar a lesão articular, exercícios exaustivos e/ou que necessitam de equilíbrio principalmente no terceiro trimestre; jogos com bolas a fim de evitar trauma abdominal qualquer; prática de mergulho, exercícios na posição supino após o terceiro trimestre.

ii. Condições de saúde que sugerem complicações na gestação ou condições durante a prática de atividade física que indicam que o exercício deve ser imediatamente interrompido, por constituírem grande risco para a saúde tanto da gestante e quanto do feto: perda de líquido amniótico, dor no peito, sangramento vaginal, enxaqueca, dispneia, edema, dor nas costas, náuseas, dor abdominal, contrações uterinas, fraqueza muscular afetando o equilíbrio, redução dos movimentos do feto e dor ou inchaço na panturrilha; a presença de sintomas como náuseas, sonolência e desconforto pode sugerir a necessidade de ajustar o tipo, intensidade, duração e/ou frequência da atividade física praticada pela gestante, sem que seja necessário interrompê-la completamente. É importante destacar que a própria prática de atividade física durante a gestação pode levar a fenômenos que devem alertar os especialistas para uma eventual interrupção dos exercícios. Esses sinais podem incluir dor de qualquer tipo, lesões musculoesqueléticas, complicações cardiovasculares, trabalho de parto prematuro, aumento do risco de aborto no primeiro trimestre da gestação e grave hipoglicemia, todos eles indicando a necessidade de interromper o exercício para garantir a saúde e segurança da gestante e do feto.

iii. Condição de contraindicação absoluta a atividade física para gestantes que possuam: A prática de exercícios aeróbicos é desaconselhada se a gestante apresentar as seguintes condições: anemia, arritmia cardíaca, diabetes tipo I descontrolada, bronquite crônica,

obesidade mórbida, baixo peso com Índice de Massa Corporal (IMC) abaixo de 12, estilo de vida extremamente sedentário, retardo no crescimento intrauterino na gestação atual, hipertensão mal controlada, limitações ortopédicas, tabagismo e hipertireoidismo descontrolado. Além disso, a prática de exercícios aeróbicos é contraindicada para mulheres com doença cardíaca que apresente alterações hemodinâmicas significativas, doença pulmonar restritiva, multíparas com risco de prematuridade, placenta prévia após a 26ª semana de gestação, ruptura de membranas, sangramento uterino persistente no segundo ou terceiro trimestre, cérvix (colo uterino) incompetente e pré-eclâmpsia. É importante ressaltar que, em todos esses casos, a gestante deve buscar orientação médica antes de iniciar qualquer programa de exercícios físicos.

2.2.3 Prescrição de exercícios e bem-estar materno durante a Gestação

Sternfeld (1997) apresenta três aspectos diferentes do bem-estar materno a serem considerados para a prescrição de atividade física para gestantes:

i. mudanças na capacidade aeróbica: pois na gravidez, as respostas fisiológicas ao treinamento físico podem ser obscurecidas ou acentuadas pelas respostas fisiológicas à própria gravidez;
ii. percepções de sintomas físicos e psicológicos de gravidez: mulheres que se exercitam durante a gravidez relatam menos sintomas comuns à gravidez, como náusea, fadiga, cãibras nas pernas e dor nas costas. O exercício durante a gravidez está associado também a benefícios psicológicos, como melhora da autoestima e da imagem corporal, bem como melhora do apetite e sono melhor;
iii. risco de lesões musculoesqueléticas: alterações anatômicas e fisiológicas que acompanham a gravidez podem aumentar o risco de lesões musculoesqueléticas decorrentes de exercícios e esportes.

Para Artal *et al.* (2022), a prescrição básica de exercícios para saúde e bem-estar geral da gestante deve levar em consideração o tipo e a intensidade do exercício, bem como a duração e a frequência das sessões de exercício para equilibrar cuidadosamente os benefícios potenciais e os efeitos nocivos potenciais. Na Tabela 4, observa-se princípios que devem ser considerados ao escolher um programa de exercícios na gravidez.

Tabela 4- Elementos a serem considerados para a prescrição básica de exercícios para gestantes.

Item	Descrição
Tipo de exercício	- A prescrição de exercícios para o desenvolvimento e manutenção do condicionamento físico das mulheres para melhorar: i) **o estado cardiorrespiratório (exercício aeróbico**): qualquer atividade que use grandes grupos musculares de maneira rítmica contínua e, preferencialmente dentro de limites pré-estabelecidos, principalmente no início de um programa de exercícios. Deve-se ter atenção especial aos exercícios que aumentem o risco de quedas e lesões; e ii) **o condicionamento musculoesquelético (exercício resistido)**: incluem treinamento de resistência (levantamento de peso) e exercícios de flexibilidade. O treinamento de força prescrito deve ser feito individualmente, com pesos relativamente baixos, com múltiplas repetições levantadas através de uma amplitude dinâmica de movimento. Devido ao maior relaxamento dos ligamentos durante a gravidez, o exercício de flexibilidade deve ser individualizado, com a manutenção da amplitude de movimento articular normal. - Devido às alterações anatômicas e fisiológicas relacionadas à gravidez, pode-se optar por atividades físicas sem sustentação de peso durante a gravidez. - O exercício aquático é uma atividade sem sustentação de peso particularmente vantajosa para gestantes, pois ocorre o seguinte durante a imersão: o edema periférico é reduzido, as forças nas articulações de sustentação de peso são reduzidas, o calor do corpo é prontamente dissipado na água e perda de equilíbrio e queda são de preocupação mínima. - O exercício prolongado ou intenso pode levar à desidratação e hipertermia, que devem ser evitadas. A taxa metabólica basal e a produção de calor são aumentadas durante a gravidez, de modo que a manutenção da hidratação é particularmente crítica para o equilíbrio do calor durante qualquer exercício prolongado e qualquer exercício em clima quente e úmido. - Para prevenir a hipertermia, limite a prática de atividade física a temperaturas ambientais superiores a 90°F (32°C) e manter as temperaturas da piscina de hidroterapia ≤95°F (35°C).
Intensidade do exercício	- A prescrição da intensidade do exercício na gravidez é individualizada de acordo com o nível de capacidade física do indivíduo. Para gestantes previamente sedentárias a sugestão é começar com exercícios de intensidade baixa a moderada, aumentando a intensidade gradualmente. As gestantes que praticavam exercícios regularmente e não tem complicações, devem ser capazes de se envolver em programas de exercícios de alta intensidade, desde que evitem os riscos anteriormente discutidos, como hipertermia e cargas excessivas, que podem afetar articulações e ligamentos. - A intensidade do exercício pode ser monitorada com base no i) esforço percebido, ii) frequência cardíaca ou iii) equivalentes metabólicos (METs). i) **Monitoramento do esforço percebido** – método prático de medir a intensidade do exercício. Para exercícios moderados, as classificações de esforço percebido devem ser de 13 a 14 (um pouco difícil) em uma escala de avaliação de esforço percebido de Borg (1982), onde 6 representa nenhum esforço e 20 representa esforço máximo. Outra possibilidade de monitoramento seria o "teste da fala", pessoa deve ser capaz de manter uma conversa normal sem perder o folego. ii) **Monitoramento da frequência cardíaca** – As recomendações de frequência cardíaca de treinamento alvo para gestantes variam de acordo com o país e a intensidade do exercício. A referência de zona de treinamento de frequência cardíaca, a seguir, leva em consideração as diretrizes canadenses para atividade física durante a gestação, de Mottola (2018): • Idade maternal < 29 anos: a) Intensidade baixa/leve: 102 a 124 batimentos/minuto; b) Intensidade moderada – 125 a 146 batimentos/minuto (refletindo de 40-59% da capacidade aeróbica); c) Intensidade alta/vigorosa – 147 a 169* batimentos/minuto (refletindo de 60-80% da capacidade aeróbica); • Idade maternal 30+ anos: a) Intensidade baixa/leve: 101 a 120 batimentos/minuto;

	b) Intensidade moderada – 121 a 141 batimentos/minuto (refletindo de 40-59% da capacidade aeróbica); c) Intensidade alta/vigorosa – 142 a 161* batimentos/minuto (refletindo de 60-80% da capacidade aeróbica); *Para praticar atividades que extrapolem os limites superiores da intensidade alta é aconselhado solicitar acompanhamento e autorização do obstetra. iii) **Monitoramento de METs[2]** – Grávidas são aconselhados a participar de rotinas regulares de exercícios de intensidade moderada. O exercício moderado parece ser uma meta apropriada para os dois terços das grávidas que não praticavam exercícios regularmente antes da gravidez e a intensidade do exercício pode ser aumentada com segurança para 6 a 7 METs em gestantes saudáveis e bem condicionadas.
Frequência e duração do exercício	A recomendação é de praticar pelo menos 30 minutos de exercícios pelo menos cinco a sete dias por semana. Grávidas que não se exercitam regularmente devem seguir uma progressão gradual de aumento da duração do exercício e podem começar com apenas 10 minutos. Existem dados mínimos sobre o limite superior seguro para a duração do exercício na gravidez, e a intensidade também deve ser considerada nesta avaliação. Em geral, grávidas em forma que desejam praticar exercícios prolongados (mais de 45 minutos de exercício contínuo) devem se exercitar em um ambiente termo neutro ou em condições ambientais controladas (ar-condicionado), com atenção à hidratação adequada e sensações subjetivas de estresse térmico.
Hidratação e energia	- Para evitar desidratação com exercícios intensos, prolongados ou em um ambiente quente é necessária a hidratação adequada antes, durante e após o exercício. Qualquer perda de peso durante uma sessão de exercício é uma perda de líquido que deve ser compensada. - Uma dieta saudável e ganho de peso gestacional adequado são importantes e são analisados separadamente. Os custos calóricos do exercício devem ser estimados e equilibrados pela ingestão calórica adequada antes de praticar exercícios prolongados ou exaustivos. Além disso, os indivíduos devem estar cientes dos sintomas de hipoglicemia para que possam consumir rapidamente um carboidrato de ação rápida (por exemplo, frutas, biscoitos, doces) pois os níveis de glicose no sangue diminuem em um ritmo mais rápido na gravidez.

Fonte: Artal *et al.* (2022)

Diante do exposto e considerando que a atividade física pode contribuir de maneira muito positiva na saúde e bem-estar das pessoas, a prática de atividade física durante a gravidez pode ser um aliado importante na busca da saúde gestacional. Todavia requer atenção especial na escolha e prática do exercício para que sejam feitas de maneira segura e não sejam fatores de complicações na gestação e riscos tanto para a mãe quanto para o bebê.

[2] MET (*Metabolic Equivalent of Task*) – refere-se ao gasto energético necessário para realizar uma atividade específica. A escala varia de 0 a 10 e está dividida em três faixas: i) atividade de intensidade leve (requer menos de 3,0 METs); ii) atividade de intensidade moderada (requer 3,0 a 5,9 METs); iii) atividade de intensidade vigorosa (requer 6,0 ou mais METs). Grávidas são aconselhados a participar de rotinas regulares de exercícios de intensidade moderada.

2.3. MONITORAMENTO TECNOLÓGICO DA ATIVIDADE FÍSICA

A tecnologia tem desempenhado um papel cada vez mais importante como agente facilitador na atividade física. Ela permite melhorar a experiência de treino, oferecer informações e análises precisas e até mesmo fornecer motivação para que as pessoas possam se engajar ativamente em sua saúde e bem-estar.

A tecnologia tem sido empregada de diversas maneiras no contexto da atividade física, onde destacam-se:

i) Dispositivos vestíveis (*wearables*): como um dispositivo para detecção contínua e em tempo real, monitoramento e transmissão subsequente de dados fisiológicos por meio de plataformas analíticas para o assunto de interesse. Por meio de sensores, dispositivos vestíveis monitoram sinais físicos (velocidade, aceleração, distâncias, frequência cardíaca, pulso, saturação de oxigênio, temperatura galvânica da pele, impacto) e químicos (analitos de fluidos corporais, como suor ou saliva) (SESHADRI *et al*., 2019). Dada a sua importância para o presente trabalho, o assunto será abordado com mais detalhes na subseção 2.4.

ii) Aplicativos móveis: Os aplicativos para celulares na área da saúde são outras inovações que têm aumentado exponencialmente. Oferecem rotinas de exercícios, treinamentos personalizados, monitoramento de desempenho, entre outros. Esses aplicativos podem ser usados em qualquer lugar e a qualquer momento, permitindo que as pessoas tenham acesso a treinadores virtuais e recursos de fitness onde quer que estejam (FRANCO; GOMES, 2017).

iii) Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA): tecnologias emergentes que proporcionam impactos positivos na prática de atividades físicas em jogos e atividades físicas interativas, pois aprimoram a experiência e a imersão do usuário na interação entre o mundo real e o mundo virtual. Por exemplo, alguns jogos de RV permitem que as pessoas se envolvam em exercícios intensos enquanto se divertem. A RA também pode ser usada para melhorar a experiência de treino, fornecendo sobreposições digitais em tempo real, como marcadores de alvos em uma pista de corrida ou instruções visuais durante um treino (SARAIVA *et al.*, 2021).

iv) Acesso a treinadores via comunidades online: A tecnologia permite que as pessoas acessem treinadores e comunidades fitness online. Por meio de videochamadas ou plataformas de *streaming*, as pessoas podem receber orientações personalizadas, acompanhar aulas ao vivo e interagir com outros entusiastas do fitness (ISLER; ALMEIDA; MACHADO, 2019).

v) IA: pode ser empregada especialmente no que diz respeito à análise de dados, pois é capaz de processar grandes quantidades de informações coletadas por dispositivos vestíveis e fornecer *insights* úteis, como identificar padrões de treinamento, sugerir mudanças de intensidade e prever lesões potenciais. Além disso, assistentes virtuais com IA podem fornecer orientações personalizadas durante o treino, ajudando as pessoas a se manterem motivadas e alcançarem seus objetivos (MAGRANI, 2019). Como neste trabalho será adotada IAG, o assunto será abordado com mais detalhes na subseção 2.5.

De acordo com Seshadri *et al.* (2019), o uso conveniente da tecnologia para rastrear e monitorar parâmetros fisiológicos, como frequência cardíaca, distância, sono e estresse, tornou-se relevante para o atendimento e avaliação do desempenho humano. No entanto, a coleta de dados não é suficiente para informar a tomada de decisão clínica. É essencial traduzir os dados adquiridos em informações relevantes para os médicos. Além disso, é importante lembrar que a tecnologia deve ser vista como uma ferramenta complementar e não como um substituto para uma abordagem equilibrada e orientada por profissionais. É essencial encontrar um equilíbrio entre a tecnologia e a interação humana para garantir uma prática segura e eficaz da atividade física.

2.4. SISTEMAS VESTÍVEIS DE MONITORAMENTO DE SAÚDE

O campo da tecnologia vestível passou por um crescimento significativo nos últimos anos. Junto com esse crescimento vêm as tendências no desenvolvimento de aplicativos de consumo, que podem ser indicativas de influências estruturais no *design* e desenvolvimento de produtos, bem como influências sociais entre os consumidores (BERGLUND; DUVALL; DUNNE, 2016).

Wearables ou dispositivos vestíveis são computadores inteligentes incorporados a diferentes acessórios, incluindo roupas, acessórios de uso pessoal como óculos, sapatos, pulseiras, chapéus, fones de ouvido e *smartwatches*. Esses dispositivos são projetados para

fornecer aos usuários uma solução integrada e contínua, através uma combinação de sensores e dispositivos de computação embutidos em roupas e acessórios pessoais (FERREIRA *et al.*, 2021).

De acordo com Huifeng, Kadry e Raj (2020), por meio dos acessórios vestíveis são coletadas informações pessoais que são processadas de acordo com as necessidades específicas de dados. Esses dados podem ser usados em vários tipos de aplicações, como cuidados de saúde. Essa tecnologia forneceu um caminho para quantificar e obter dados de maneira contínua e em tempo real, permitindo a médicos e cientistas esportivos preencherem uma lacuna importante nos estudos de desempenho humano.

A obtenção dos dados é feita utilizando bio-sensoriamento e, segundo Seshadri *et al.* (2019), os tipos de sensores disponíveis no mercado hoje podem ser classificados em quatro categorias gerais, com base em critérios de medição, que incluem: (a) posição, acelerômetros, giroscópios, magnetômetros ou tecnologias integradas combinadas (TI); (b) sensores bioquímicos de fluidos corporais, como suor ou saliva; (c) sensores de impacto para quantificar e mitigar traumatismos; e (d) sensores biomecânicos para medir forças de impacto ou cinemática em várias articulações.

Os autores ainda afirmam que existem dois caminhos para o avanço do campo da tecnologia vestível: o desenvolvimento de tecnologia nova ou aprimorada e a integração de diferentes tipos de sensores. Ambos têm se mostrado igualmente poderosos no aprimoramento da saída do sensor tradicional. A Figura 2 ilustra possíveis informações que poderiam ser colhidas ou monitoradas usando *wearables*.

Figura 2 - Exemplos de tipos de informações que poderiam ser monitoradas com wearables.



Fonte: LOU *et al.* (2020).

O avanço tecnológico alcançado ao longo dos anos permite hoje o diagnóstico de diversas doenças e o monitoramento da saúde por meio de dispositivos miniaturizados como *smartwatches* (PRADHAN; BHATTACHARYYA; PAL, 2021). Os *smartwatches*, conforme Chuah *et al.* (2016), representam o tipo mais popular de dispositivos vestíveis.

Pradhan, Bhattacharyya e Pal (2021) afirmam que, os sensores embutidos em *smartwatches* podem ser usados para coletar informações do corpo como temperatura, taxa de pressão, eletrocardiógrafo (ECG), eletroencefalógrafo (EEG) e assim por diante. Além disso, informações ambientais como temperatura, umidade, data e hora também podem ser gravadas. Esses dados ajudam a fazer inferências significativas e precisas sobre as condições de saúde dos pacientes. O compartilhamento destes dados com os prestadores de cuidados de saúde através de cloud/servidor permite um diagnóstico rápido dos doentes e intervenção médica se necessário. A cooperação entre os usuários, pacientes e módulo de comunicação é mantida para uma transmissão eficaz e segura.

2.5 ADAPTAÇÃO DINÂMICA, PERSONALIZAÇÃO E APRENDIZADO PROGRESSIVO DE SISTEMAS

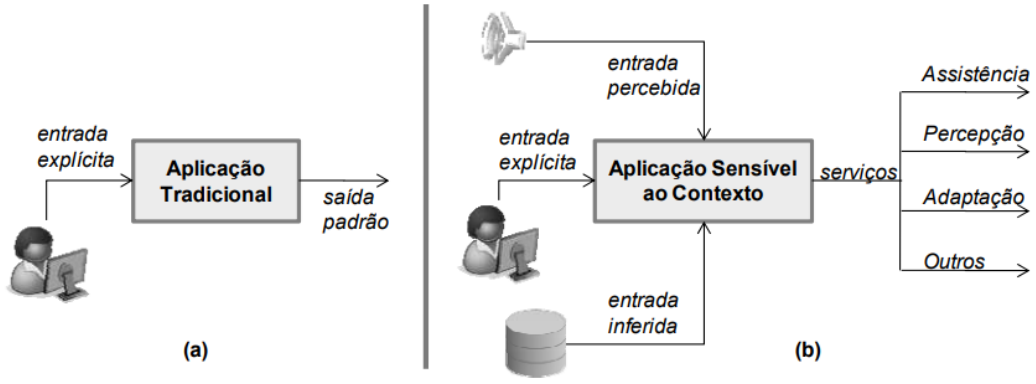
A habilidade adaptativa de um sistema se refere à sua capacidade de reconhecer as preferências ou características do usuário e, a partir desses dados, personalizar suas funções (SOFLANO; CONNOLLY; HAINEY, 2015).

Ligado a habilidade adaptativa de um sistema tem-se o conceito de Sistemas Sensíveis ao Contexto (CSS, do inglês *Context-Sensitive Systems*) que, de acordo com Vieira, Tedesco e Salgado (2009a), são sistemas computacionais que se adaptam e respondem de maneira inteligente às condições do ambiente em que estão inseridos. Eles utilizam elementos contextuais — detalhes relevantes sobre a localização, tempo, condições ambientais, estado do usuário, entre outros fatores — para fornecer serviços, informações ou ações que são pertinentes para o usuário em um dado momento. A relevância desses serviços ou informações é determinada pela tarefa específica do usuário, suas preferências ou necessidades emergentes.

Vieira, Tedesco e Salgado (2009b) fazem uma distinção clara entre dois conceitos: Contexto e Elemento Contextual. Um Elemento Contextual (do inglês *Contextual Element*) é qualquer dado, informação ou conhecimento que permite caracterizar uma entidade em um domínio. Já o Contexto da interação entre um agente e uma aplicação, para executar alguma tarefa, é o conjunto de elementos contextuais instanciados que são necessários para apoiar a tarefa atual.

A Figura 3 compara sistemas tradicionais e sensíveis ao contexto. Sistemas tradicionais (Figura 3a) operam com base apenas nas informações explicitamente fornecidas pelos usuários. Por outro lado, as aplicações sensíveis ao contexto (Figura 3b) utilizam não apenas os dados fornecidos explicitamente pelos usuários, mas também combinam dados contextuais obtidos de bases de conhecimento, inferências e monitoramento ambiental, permitindo respostas mais adaptativas às necessidades do usuário.

Figura 3 - Visão geral de uma aplicação tradicional (a) e de uma aplicação sensível ao contexto (b)



Fonte: Vieira, Tedesco e Salgado (2009b)

Percebe-se então que sistemas sensíveis ao contexto não apenas reconhecem e interpretam o contexto, mas também se ajustam dinamicamente a ele para melhorar a experiência do usuário ou eficácia da tarefa sendo executada. Ao fazer isso, os sistemas sensíveis ao contexto aumentam a percepção do usuário sobre a tarefa, facilitando sua execução e promovendo uma interação mais intuitiva e eficiente com o sistema.

Sistemas enativos, que adaptam continuamente suas ações com base nas interações com o ambiente, são intrinsecamente CSS. Eles coletam informações em tempo real sobre as condições ambientais e ajustam seus comportamentos para responder de forma adequada. Essa capacidade de percepção e resposta dinâmica os torna eficazes em ambientes variáveis e complexos (MÉNDEZ MENDOZ; BARANAUSKAS, 2023).

Diante da necessidade de desenvolver sistemas dinamicamente adaptáveis, a IAG pode ser uma aliada. No contexto da IAG, o modelo GPT (*Generative Pre-trained Transformer* - Transformador Pré-Treinado Generativo) é capaz de se adaptar e responder de modo inteligente a diversos cenários de aplicação. No contexto deste trabalho será utilizada uma API (*Application Programming Interface*) do ChatGPT para automatizar, personalizar e possibilitar a adaptação dinâmica do sistema enativo.

2.6 TEORIAS DE COGNIÇÃO ENATIVA E APLICAÇÃO DOS CONCEITOS ENATIVOS NA TECNOLOGIA

O avanço da tecnologia tem levado a uma crescente integração dela na vida cotidiana das pessoas, resultando na necessidade de aplicações que possam se adaptar dinamicamente a diferentes situações diárias. No entanto, projetar soluções tecnológicas para auxiliar ou controlar atividades humanas específicas (como aplicativos médicos, educacionais, esportivos, entre outros) é um desafio devido à sua complexidade, dinamicidade e aspectos subjetivos envolvidos.

Nesse contexto, abordar a modelagem de recursos tecnológicos de forma estática e com comportamento pré-definido pode não atender de forma ideal às diferentes pessoas que os utilizarão, uma vez que o comportamento e desempenho de cada indivíduo ou grupo são únicos. Em vez disso, é necessário considerar a singularidade de cada pessoa ao desenvolver essas aplicações, a fim de garantir uma experiência personalizada e mais eficiente para cada usuário.

A flexibilidade e adaptabilidade das aplicações tecnológicas são essenciais para atender às diversas necessidades e preferências dos usuários. Isso permite oferecer ao usuário experiencias mais personalizadas e eficazes com soluções que se ajustem às características de cada indivíduo e às diferentes situações do seu cotidiano.

O conceito de enação refere-se a um engajamento mais abrangente do que a interação. Conforme introduzido e discutido por Varela *et al.* (1991), os sistemas enativos propõem uma visão mais integrada da cognição, que leva em conta a ação, a percepção e o ambiente como elementos fundamentais da experiência cognitiva.

O termo "enação" indica que a perspectiva enativa se baseia em dois aspectos principais: em primeiro lugar, ela postula que a percepção é guiada pela ação, ou seja, as situações locais estão em constante mudança devido às atividades do agente perceptivo; em segundo lugar, ela argumenta que as estruturas cognitivas surgem a partir de padrões sensório-motores repetitivos, os quais permitem que a ação seja orientada pela percepção (VARELA, THOMPSON, ROSCH; 2016).

Entende-se por atividade sensório-motor a interação entre os sistemas sensoriais envolvendo os sentidos e os sistemas motores que controlam os movimentos e ações do corpo. Aqui, a percepção e a ação trabalham juntas e desempenham um papel muito importante na

formação de estruturas cognitivas e no processamento de informações. Essa abordagem destaca a ideia de que a mente humana que interage com o ambiente por meio dos sentidos e da motricidade como um sistema ativo e não apenas um receptor passivo de informações (VARELA, THOMPSON, ROSCH; 2016).

No contexto da enação, a cognição é um conceito essencial a ser compreendido. De acordo com a definição de Di Paolo e Thompson (2014), a cognição é a capacidade geral de dar significado às experiências. Para sua sobrevivência e bem-estar, um agente interage com o ambiente, regula e adapta seus estados mentais e interações com base nas consequências de suas experiencias. Sendo assim, pode-se dizer que a cognição é uma atividade que envolve a percepção, ação e o contexto situacional, não se limitando a um processo mental isolado. Ela é a forma pela qual os seres vivos interpretam o mundo à sua volta, agem em resposta a ele e ajustam suas ações para alcançar objetivos específicos. Essa perspectiva da cognição nos ajuda a entender como os seres vivos são capazes de agir de maneira inteligente e adaptativa em seus ambientes.

Sendo assim, ao pensar em um sistema enativo, deve se considerar que mudanças nas reações psicofisiológicas dos usuários, que supostamente representam reações implícitas e inconscientes da mente, determinam as mudanças feitas no sistema em tempo real (KAIPAINEN *et al.*, 2011).

Gallagher *et al.* (2013) sustenta que a perspectiva enativa exige uma abordagem diferenciada do cérebro em comparação aos modelos computacionais convencionais. De acordo com essa visão, o cérebro não deve ser considerado como um mero processador de informações, mas sim como um participante ativo na ação, envolvido na percepção e na ação no mundo.

Do ponto de vista da ciência da computação, os sistemas enativos envolvem uma relação ativa e bidirecional entre o usuário e o sistema. Isso significa que ambos estão constantemente influenciando um ao outro de maneira interativa e adaptativa (HAYASHI; BARANAUSKAS, 2017). Nesse contexto, a interação entre o usuário e o sistema ocorre de forma mais fluida e orgânica, onde o sistema responde às ações e intenções do usuário de maneira mais integrada e intuitiva, adaptando-se em tempo real e permitindo uma experiência mais completa e natural.

Kaipainen *et al.* (2011) explicam que um sistema com características enativas é composto por processos que envolvem tanto o comportamento das pessoas quanto a tecnologia, que estão de forma dinâmica conectados e influenciam um ao outro. Portanto, o sistema enativo

busca criar interfaces que se adaptem e respondam ao contexto e às necessidades dos usuários, levando em consideração o papel ativo do corpo e da percepção espacial na interação. O autor ainda afirma que os sistemas enativos são caracterizados como arranjos computacionais que integram de maneira dinâmica processos humanos e tecnológicos, formando ciclos de retroalimentação por meio de sensores e avaliação de informações, o que viabiliza uma interação contínua entre indivíduos e máquinas.

A abordagem enativa permite grandes avanços tecnológicos, possibilitado pela substituição do *design* orientado por tarefas pela modelagem cognitiva. Brooks *apud* Varela, Thompson e Rosch (2016) afirma que a abordagem mencionada abre oportunidades para desenvolver robôs totalmente autônomos, agentes móveis que coexistem no mundo com seres humanos e são vistos por esses seres humanos como entidades inteligentes por mérito próprio.

Na área da saúde há inúmeras possibilidades de aplicação de sistemas enativos em diversas áreas ligadas à figura humana. Ainda neste contexto, exemplos de aplicação vão desde o diagnóstico e monitoramento de doenças até a reabilitação e apoio à decisão médica. Eles podem fornecer informações mais precisas e adaptáveis do que sistemas tradicionais, melhorando a qualidade do cuidado às pessoas. Baseado neste contexto, esse trabalho explora o uso de sistemas enativos para o monitoramento e *feedback* em tempo real sobre a execução da atividade física para pessoas que, devido a condições específicas, necessitam de acompanhamento mais próximo dos exercícios que estão realizando.

Segundo Kroeff, Gavilon e Maraschin (2016), os desafios para o tema de sistemas enativos se dão pelo fato da abordagem enativa ser constituída a partir de uma proposta tradicionalmente transdisciplinar e que combina conhecimentos de diferentes áreas, como neurociência, biologia, filosofia, ciência da computação, entre outras. É importante entender que a construção de um sistema enativo não é um processo linear, mas sim iterativo, que envolve a experimentação e a adaptação constante do sistema ao ambiente.

Para Moore (2016) a perspectiva enativa é destacada como uma abordagem relevante para entender processos cognitivos complexos, mas os pesquisadores enfrentam desafios para seu desenvolvimento devido à falta de uma metodologia unificadora e à complexidade das entidades estudadas.

Ao se tratar de um sistema enativo existem alguns aspectos que não podem ser ignorados. Neste contexto, Di Paolo *et al.* (2010) apresenta cinco elementos essenciais que

devem ser considerados: i) *autonomy* (autonomia); ii) *sense-making* (fazer-sentido); iii) *emergence* (emergência); iv) *embodiment* (corporificação); e v) *experience* (experiência), Tabela 5.

Tabela 5 - Cinco elementos essenciais a se considerar em sistemas enativos.

Elemento	Descrição
Autonomy (autonomia)	O sistema enativo funciona de forma autônoma, o que significa que é capaz de operar por conta própria, sem depender de controle externo constante. No entanto, ao mesmo tempo, deve interagir ativamente com seu entorno. Essas interações permitem que o sistema se adapte e responda às mudanças e estímulos do ambiente, mantendo seu funcionamento independente e coexistindo harmoniosamente com as influências externas.
Sense-making (fazer-sentido)	A noção de autonomia interativa enfatiza que os organismos geram significado regulando suas interações com o ambiente, mantendo identidades autogeradas e dando ao mundo uma perspectiva normativa única. Essa abordagem enativa enfatiza a participação ativa dos sistemas cognitivos na criação do significado, em contraste com as visões tradicionais de representação passiva. O enativismo desafia noções convencionais, enfatizando a natureza ativa e formativa da descoberta de significados, sugerindo que o significado é construído na interação dinâmica entre agentes e ambiente. Isso remodela fundamentalmente nossa compreensão da cognição, destacando a complexidade envolvida na criação de sentido e a interação contínua entre os agentes e o mundo ao seu redor.
Emergence (emergência)	A abordagem enativa na ciência cognitiva enfatiza a autonomia interativa dos organismos na criação de significado em seu ambiente, resultando em uma perspectiva normativa única. A autonomia não se limita aos componentes, mas emerge da interação dinâmica. O significado não reside apenas no ambiente ou na dinâmica interna, mas resulta das relações entre ambos. A emergência, discutida em relação à auto-organização, é crucial na enativa, caracterizando a formação de novas propriedades a partir da interação de processos existentes. No entanto, a emergência requer que o processo emergente tenha uma identidade autônoma e influencie os níveis subjacentes. Esse conceito é exemplificado pela autopoiese, essencial na vida, onde os processos de nível superior influenciam os níveis inferiores. A abordagem enativa desafia a localização de funções em níveis inferiores, questiona a rotulagem de componentes e exige uma análise detalhada de emergência. Embora opaco, o conceito é central para a compreensão de fenômenos complexos emergentes.
Embodiment-corporificação	O enativismo sustenta que a cognição é uma ação incorporada, destacando a interação do corpo com o ambiente como parte integrante do processo cognitivo. Isso contrasta com a visão computacionalista que enfatiza cálculos internos. Incorporação significa que a mente está intrinsecamente ligada ao corpo ativo e ao mundo, indo além da mera presença física. Exemplos concretos, como os estudos sobre aprimoramento perceptivo, demonstram como a coordenação do corpo em interação com o mundo influencia a percepção, destacando a importância das possibilidades e habilidades de organização corporal na criação de sentido. A relação entre o corpo, a autonomia reflexiva e o surgimento de novas identidades, enfatiza a influência da mediação social e da ordem simbólica na interação entre corpo, mente e mundo, o que contribui para a criação de narrativas e sociolinguística das identidades.
Experience (experiência)	A abordagem enativa valoriza a experiência como norteadora e constrói um diálogo entre fenomenologia e ciência, buscando uma interação contínua e esclarecedora entre ambas. Aqui, a "experiência" não é simplesmente um fenômeno interno ou subjetivo, mas sim o resultado da interação entre um sistema cognitivo (ou agente) e seu ambiente circundante. A experiência é moldada pela "história de interação" do sistema com o mundo, ou seja, as experiências de um sistema são cumulativas e são o resultado de interações anteriores com o ambiente.

Fonte: Di Paolo *et al.* (2010).

Para Kaipainen *et al.* (2011), para desenvolver um sistema enativo, é necessário adotar uma abordagem interdisciplinar e utilizar tecnologias e sensores, que permitam a coleta de dados do ambiente e do usuário, a implementação de algoritmos de aprendizado e adaptação, e a experimentação constante do sistema. Esse trabalho faz uso de IAG e RAG no desenvolvimento de sistemas enativos, permitindo uma construção mais flexível do conhecimento e ações do sistema, considerando o ambiente e o usuário.

2.7 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: ANÁLISE, INTERPRETAÇÃO E ADAPTAÇÃO

Ao tratar do conceito de inteligência, entende-se que ele está ligado à formação das estruturas cognitivas humanas, que são responsáveis pelo desenvolvimento da capacidade de raciocinar, uma característica única entre os seres vivos. Como o ser humano é dotado de racionalidade, afirma-se que ele é também considerado inteligente (ROAZZI; SOUZA, 2002).

Já ao considerar a IA, tem-se um conceito que permite que um computador demonstre um comportamento considerado inteligente, realizando atividades que, normalmente, apenas um ser humano seria capaz de executar.

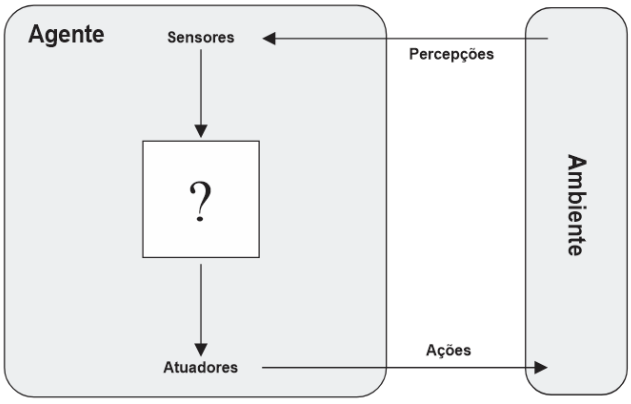
Segundo Lobo (2017), os primórdios da IA datam de 1950, quando Alan Turing propôs um teste que compara a performance de um computador e de uma pessoa na solução de um problema.

De acordo com Barbosa e Portes (2023), a IA visa criar máquinas que possam imitar e executar tarefas que, até então, exigiriam inteligência humana. Isso inclui perceber variáveis, tomar decisões e resolver problemas, simulando o raciocínio humano. A IA se propõe a criar sistemas que imitem essa capacidade de raciocinar e tomar decisões. Os autores ainda afirmam que o conceito de IA pertence ao campo da computação e envolve a habilidade de máquinas, sejam dispositivos físicos, softwares ou outros sistemas, de interpretar dados externos, aprender com essa interpretação e utilizar esse conhecimento para executar tarefas específicas e alcançar objetivos.

Dentro do contexto de IA, para o desenvolvimento e a implantação de sistemas inteligentes, os agentes desempenham um papel importante ao executar tarefas de forma independente e eficiente. Agentes de IA são sistemas computacionais projetados para operar de

forma autônoma, percebendo seu ambiente por meio de sensores e agindo sobre esse ambiente por meio de atuadores, Figura 4. Eles são capazes de tomar decisões estratégicas baseadas em dados e experiências anteriores, com o objetivo de maximizar a eficiência e o sucesso na realização de suas tarefas (RUSSELL; NORVIG, 2021).

Figura 4 - Os agentes interagem com os ambientes por meio de sensores e atuadores.



Fonte: Russell e Norvig (2021)

Segundo Russell e Norvig (2021), esses agentes são programados para interpretar as informações recebidas do ambiente (sensores), tomar decisões inteligentes e executar ações (atuadores) que buscam alcançar objetivos específicos de forma otimizada. Para exemplificar o papel dos elementos que compõem e/ou interagem com um agente, considere que um agente recebe conteúdo de arquivo, pacotes de rede e entrada humana (teclado, mouse, tela sensível ao toque, voz) como entradas sensoriais e atua no ambiente escrevendo arquivos, enviando pacotes de rede e exibindo informações ou gerando sons. O ambiente pode ser tudo — o universo inteiro! Na prática, porém, é apenas aquela parte do universo cujo estado é relevante ao projetar esse agente — a parte que afeta o que o agente percebe e que é afetada pelas ações do agente.

Outra definição importante diz respeito aos diversos subáreas que a IA abrange, cada um focando em diferentes aspectos e técnicas para criar sistemas que possam executar tarefas que normalmente requerem inteligência. São eles:

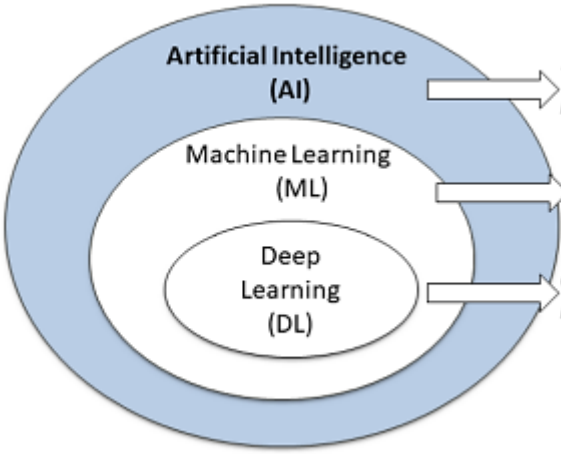
- Aprendizado de Máquina (*Machine Learning*): é, basicamente, o conceito de dispositivos com a capacidade de aprenderem sozinhas a partir de volumes de dados, reconhecendo padrões e criando relações entre estes. Um dos usos mais comuns para as técnicas de *machine learning* é utilizar os algoritmos de *Machine Learning* para, a partir

de situações já conhecidas, prever ou classificar novas situações dentro do mesmo contexto (TAVARES; MEIRA; DO AMARAL, 2020).

- Redes neurais em Aprendizagem Profunda (*Deep Learning*): Este é um tipo de *Machine Learning* que capacita a máquina a realizar tarefas mais complexas, como reconhecimento de fala, identificação de imagens e realizar previsões. Trata-se de imitar o aprendizado intuitivo humano onde, com a experiência, tem-se a capacitação de executar uma série de atividades. Dessa forma, interessa à máquina analisar os dados, dividindo em várias camadas e as analisando constantemente, tornando desnecessário a intervenção humana para fornecer explicitamente todo o conhecimento necessário para ela. (DAMACENO, 2018).
- Processamento de Linguagem Natural (PLN): permite que computadores entendam e processem linguagem humana para realizar tarefas como tradução e sumarização (BARBOSA; PORTES, 2023).
- Visão Computacional: foca em interpretar o mundo visual através de imagens e vídeos para reconhecer objetos e movimentos (BARBOSA; PORTES, 2023).
- Sistemas especialistas: emulam a tomada de decisão humana em áreas específicas, utilizando conhecimento especializado para resolver problemas complexos, aplicáveis em diversos setores, como o médico e o financeiro (BARBOSA; PORTES, 2023).

Tanto *Machine Learning* quanto *Deep Learning* podem ser considerados tecnologias essenciais de IA, bem como uma fronteira para IA que pode ser usada para desenvolver sistemas inteligentes e automatizar processos. Segundo Damaceno (2018), *Machine Learning* e *Deep Learning* estão interligadas e podem ser visualizadas como camadas concêntricas. No núcleo dessa estrutura, encontra-se o *Deep Learning*, que é circundado pela esfera maior do *Machine Learning*, e, por último, a mais abrangente, que é a da IA, (Figura 5).

Figura 5 - Posição do Machine Learning Deep Learning dentro do campo da inteligência artificial.



Inteligência artificial (IA): *Incorporar comportamento humano e inteligência a máquinas ou sistemas.*

Machine learning (ML): *Métodos para aprender com dados ou experiência passada, que automatiza a construção de modelos analíticos.*

Deep learning (DL): *Computação por meio de redes neurais multicamadas e processamento.*

Fonte: Sarker (2022)

2.7.1 Aprendizado de Máquina (*Machine Learning)*

Machine learning é um ramo da IA que trata do projeto e desenvolvimento de algoritmos que melhoram automaticamente com a experiência, imitando o comportamento de aprendizado de humanos. Tal comportamento pode ser obtido com ajustes de parâmetros com base nos dados de entrada que são apresentados e, em alguns casos, nas informações de saída desejadas. Um dos principais focos da pesquisa em *Machine Learning* s é aprender automaticamente a reconhecer padrões complexos e tomar decisões inteligentes com base em dados (BREVE *et al.*, 2010).

Para Quin e Chiang (2019) os métodos de *machine learning* podem ser divididos em duas categorias principais: aprendizado supervisionado e aprendizado não supervisionado. O aprendizado supervisionado usa situações conhecidas para predizer novas situações, enquanto no aprendizado não supervisionado os dados são analisados sem treinamento prévio, apenas buscando correlações no próprio conjunto de dados.

Já na visão de Sarker (2022) a definição de aprendizado supervisionado e não supervisionado é:

- Aprendizado supervisionado: Essa abordagem é adotada quando objetivos específicos são definidos para serem alcançados a partir de um conjunto de entradas. Trata-se de uma "estratégia orientada a tarefas" que utiliza dados rotulados para treinar algoritmos com o objetivo de classificar dados ou prever resultados. Um exemplo comum é a detecção de

e-mails do tipo spam. As duas principais tarefas de aprendizado supervisionado incluem a análise de classificação, que visa prever um rótulo, e a regressão, que foca na previsão de uma quantidade numérica.

- Aprendizado não supervisionado: é frequentemente descrito como um "método orientado a dados". Seu principal objetivo é identificar padrões, estruturas ou conhecimentos em conjuntos de dados que não estão rotulados. Algumas das tarefas mais comuns associadas a esse tipo de aprendizado incluem agrupamento, visualização, redução de dimensionalidade, descoberta de regras de associação e detecção de anomalias. Essas técnicas permitem extrair *insights* valiosos a partir de dados sem a necessidade de supervisão externa, o que é especialmente útil em contextos onde as categorizações prévias não estão disponíveis.

Além das tarefas supervisionadas e não supervisionadas, Sarker (2022) também descreve outras duas técnicas de aprendizado. A aprendizagem semissupervisionada, que pode ser vista como uma combinação das duas técnicas anteriores, utiliza tanto dados rotulados quanto não rotulados para treinar modelos. Essa abordagem é particularmente útil para melhorar o desempenho do modelo em situações em que os dados precisam ser rotulados automaticamente, sem intervenção humana, como, por exemplo, na classificação de conteúdo ou textos na Internet, modelos de aprendizagem semissupervisionada podem ser extremamente úteis. Outro método é a aprendizagem por reforço, uma estratégia de treinamento que recompensa comportamentos desejáveis e pune os indesejáveis. Um agente de aprendizagem por reforço geralmente é capaz de perceber e interpretar seu ambiente, tomar decisões, e aprender através de tentativa e erro.

> O uso de Aprendizado de Máquina para solucionar problemas nem sempre é fácil e precisa de alguns pré-requisitos. Precisa de um bom conjunto de exemplos. Muitas vezes a base de exemplos precisa ser construída e atualizada constantemente. Como os dados nem sempre são bons, faz-se necessário o uso de técnicas que melhorem a qualidade dos dados. Nem todo algoritmo de AM resolve todo tipo de problema, então é preciso fazer a seleção dos conjuntos de algoritmos apropriadas para o problema que se precisa resolver. Uma vez escolhidos os algoritmos, precisa-se definir os parâmetros dos algoritmos (por exemplo, o número de camadas de uma Rede Neural). Depois do treinamento precisa-se saber se o algoritmo está resolvendo o problema e com que precisão o problema está sendo resolvido. Por fim, o sistema precisa ser atualizado, porque mudanças nos dados podem fazer com que os sistemas deixem de funcionar. (LUDERMIR, 2021, p.89).

Para Breve *et al.* (2010), diversas aplicações de *machine learning* já foram desenvolvidas e são empregadas em variados campos, incluindo tomada de decisão, mineração

de dados, recuperação de documentos, segmentação de imagens e reconhecimento de padrões. Essas tecnologias são fundamentais para automatizar e otimizar processos em múltiplas áreas.

Segundo Devlin (2019), no campo do PLN, para agilizar o treinamento de algoritmos, foram criados sistemas que já vêm pré-treinados, como o Bert (Representações Codificadoras Bidirecionais de Transformadores) e o GPT (Transformador de Pré-Treinamento Generativo). Esses sistemas foram inicialmente treinados com vastos conjuntos de dados de linguagem comum[3], incluindo o Corpus da Wikipédia, e podem ser posteriormente adaptados para tarefas específicas de processamento de linguagem.

2.7.2 Inteligência Artificial Generativa (IAG) e Modelos de Linguagem de Grande Escala (LLMs)

A IAG é um ramo da inteligência artificial que se concentra em algoritmos capazes de criar conteúdos com base em padrões aprendidos a partir de grandes volumes de dados. Esses conteúdos podem incluir texto, código, áudio, imagens, vídeos, simulações e outros formatos (KALOTA, 2024). O termo "generativa" está relacionado à ideia de produção de dados originais, ainda que inspirados em dados preexistentes. A capacidade de geração de novos conteúdos é o que diferencia essa abordagem de outras formas de IA que apenas classificam, reconhecem ou predizem com base em entradas fixas.

Um dos principais avanços recentes em IAG é o desenvolvimento dos LLMs. Os LLMs são modelos baseados na arquitetura Transformer, capazes de processar grandes quantidades de dados textuais e realizar tarefas complexas de PLN, como geração de texto, tradução, sumarização e resposta a perguntas. Segundo Shen (2024), esses modelos tornaram-se uma parte indispensável da vida moderna, enriquecendo a interação humano-máquina com suas habilidades de compreensão e geração de linguagem.

---

[3] O termo "linguagem comum" refere-se ao uso de textos que são escritos em linguagem natural, como o que encontramos em artigos da Wikipédia ou outros textos de uso geral. Esses textos não são especializados ou restritos a jargões técnicos, o que os torna amplamente representativos da linguagem cotidiana.

De acordo com Wang *et al.*(2023), o ChatGPT exemplifica um LLM treinado com grandes volumes de dados textuais, sendo capaz de conduzir conversas complexas, mantendo o contexto e adaptando suas respostas em tempo real. Esses modelos funcionam com base em técnicas de pré-treinamento, permitindo que sejam aplicados em uma ampla gama de aplicações interativas, como assistentes virtuais, tutores educacionais, sistemas de apoio ao cliente, entre outros.

A comunicação com esses modelos ocorre por meio de instruções textuais conhecidas como prompts. Conforme descrito por Sun *et al.* (2019), a eficiência e a precisão das respostas fornecidas pelos LLMs dependem diretamente da qualidade dos prompts utilizados. Prompts bem formulados direcionam o modelo com clareza, resultando em respostas mais adequadas às intenções do usuário.

Entretanto, uma limitação significativa dos LLMs é sua dependência de dados vistos durante o treinamento, o que pode comprometer sua capacidade de fornecer informações atualizadas ou específicas sobre contextos novos ou dinâmicos. Como os LLMs são modelos probabilísticos, suas respostas podem conter alucinações, ou seja, informações factualmente incorretas ou inventadas (SHEN; 2024). Essas limitações motivaram a integração de mecanismos externos aos LLMs, como a tecnologia RAG, que busca reduzir essas imprecisões. Mais detalhes da tecnologia RAG são apresentados no subtópico subsequente (seção 2.7.3).

Assim, entende-se que os LLMs, ao serem integrados a tecnologias como o RAG, expandem significativamente seu potencial em sistemas enativos e interativos. Ao combinar a capacidade generativa dos modelos com fontes externas de informação, obtém-se um sistema mais robusto, preciso e personalizado.

2.7.3 Retrieval-Augmented Generation (RAG)

Conforme Zhao *et al.* (2024) os LLMs, como o GPT, LLAMA e Gemini, têm revolucionado a geração automática de conteúdo textual. Esses modelos são treinados com grandes quantidades de dados e possuem bilhões de parâmetros, o que lhes confere uma impressionante capacidade de produzir textos coerentes e contextualmente adequados.

Para Cheng *et al.* (2025) apesar de sua potência, os LLMs apresentam limitações importantes, especialmente em tarefas que exigem acesso a informações específicas,

atualizadas ou especializadas. Por armazenarem o conhecimento em seus parâmetros treinados, esses modelos não podem ser atualizados facilmente, sendo suscetíveis a desatualizações e à geração de respostas incorretas — fenômeno conhecido como alucinação. Esse fenômeno ocorre quando o conteúdo gerado não é consistente com os dados de entrada, pode conter informações inventadas, incorretas ou sem suporte factual.

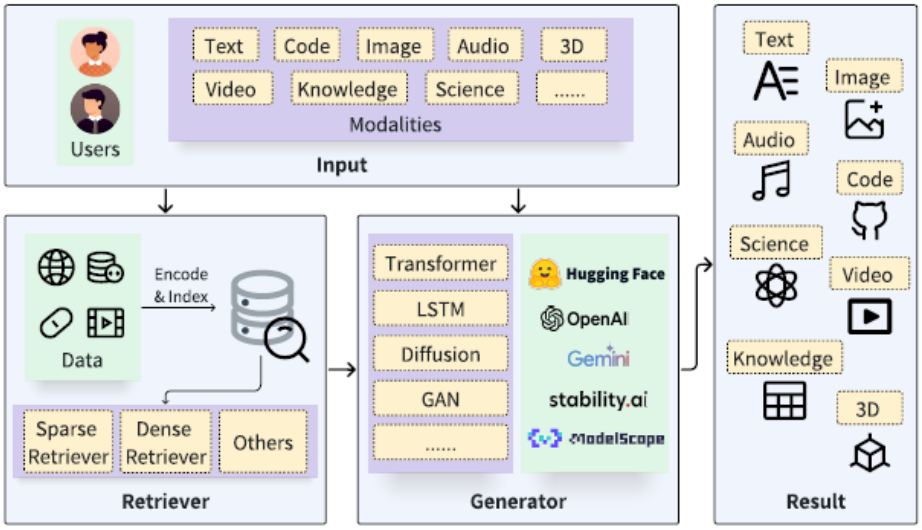
Para superar essas limitações, surge a abordagem de RAG, que combina a geração de linguagem com a recuperação de informações relevantes de uma base de conhecimento externa, utilizando para isso técnicas de similaridade semântica. Segundo Gao *et al.* (2024), essa abordagem aprimora os LLMs ao permitir que acessem fragmentos de documentos específicos antes de gerarem uma resposta, melhorando a precisão e reduzindo o risco de alucinações. A integração de RAG com LLMs tem sido amplamente adotada em aplicações que exigem maior precisão, como assistentes personalizados e sistemas educacionais adaptativos.

O RAG permite a consulta a bases de conhecimento vetorizadas antes da geração da resposta, ampliando o escopo informacional do modelo de linguagem e viabilizando personalizações mais precisas (GAO *et al.*, 2023; ZHAO *et al.*, 2024).

Entre suas vantagens, destacam-se: i) a possibilidade de acessar e utilizar dados atualizados e específicos sem necessidade de retreinar o modelo; ii) a redução significativa de alucinações, uma vez que as respostas se baseiam em fontes externas verificáveis e podem ser refinadas por mecanismos de verificação ou reordenação dos resultados (CHENG *et al.*, 2025); iii) a melhoria na personalização das respostas, permitindo a adaptação dos resultados ao contexto do usuário (GAO *et al.*, 2023).

O RAG pode ser entendido como uma arquitetura híbrida composta por dois módulos principais: o *Retriever* e o *Generator*. O primeiro é responsável por identificar, por meio de similaridade semântica, os fragmentos mais relevantes em uma base de conhecimento vetorial; o segundo utiliza essas informações para gerar uma resposta textual contextualizada (LEWIS *et al.*, 2020; ZHAO *et al.*, 2024). A Figura 6 ilustra uma arquitetura RAG genérica. As consultas do usuário, que podem abranger diferentes modalidades, servem como entrada tanto para o recuperador quanto para o gerador. São processadas simultaneamente pelo módulo de recuperação e pelo módulo de geração. O *Retriever* extrai informações pertinentes das fontes de dados disponíveis, enquanto o *Generator* interage com os resultados recuperados para, então, produzir respostas contextualizadas e multimodais.

Figura 6 - Arquitetura Genérica de um Sistema RAG.



Fonte: Zhao *et al.* (2024).

Segundo Gao *et al.* (2023) o módulo *Retriever* transforma a consulta em um vetor semântico por meio de *embeddings*[4] e a compara com os vetores da base utilizando técnicas de similaridade. Já o *Generator*, normalmente um modelo de linguagem baseado em Transformers, utiliza os documentos recuperados como entrada adicional para compor uma resposta mais informada.

Em relação às bases de conhecimento e vetorização, Zhao *et al.* (2024) explicam que o desempenho do RAG está diretamente relacionado à qualidade da base vetorial utilizada. Essa base é construída a partir de dados estruturados ou não estruturados, que são segmentados, vetorizados e indexados para consulta posterior. A vetorização se dá por meio de modelos de *embeddings*, que codificam semanticamente os conteúdos em representações densas. Com isso, é possível calcular a similaridade entre a consulta do usuário e os dados armazenados, garantindo a recuperação de informações altamente relevantes.

No caso desta pesquisa, utiliza-se uma base vetorial implementada no Supabase (Supabase, 2023a), onde estão armazenadas as anamneses, preferências, restrições e históricos

[4] Modelos de embeddings são técnicas que transformam palavras, frases ou documentos em vetores numéricos que capturam seu significado semântico, permitindo comparações por similaridade.

de treino das alunas. A partir dessas informações, o sistema enativo realiza a recuperação dos dados mais relevantes para então gerar, com auxílio do ChatGPT, sugestões personalizadas de treinos.

2.8. TECNOLOGIAS DE DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento de aplicações web modernas exige o domínio de diversas tecnologias que, integradas, compõem a base funcional e estrutural de sistemas interativos, escaláveis e acessíveis. Cada camada da aplicação, da estrutura à interface, passando pelo comportamento dinâmico e pelo gerenciamento de dados, é atendida por linguagens e ferramentas específicas, cuja escolha impacta diretamente na performance, usabilidade e capacidade de manutenção do sistema (SERRANO; GARCÍA, 2016).

Dentre essas tecnologias, destacam-se as linguagens de marcação e programação utilizadas no desenvolvimento *frontend* e *backend*, como HTML, CSS, JavaScript e PHP, que formam a base da construção de páginas web, desde a estrutura visual até a lógica de negócios (FLANAGAN, 2020). Complementando esse ecossistema, surgem abordagens como a *Progressive Web Application* (PWA), que alia os benefícios da web com a experiência dos aplicativos nativos, viabilizando aplicações mais leves, responsivas e com suporte a funcionalidades *offline* (BEIGHLEY; MORRISON, 2018; SUPABASE, 2023a).

Além da camada de interface e interatividade, a gestão eficiente dos dados é componente essencial para aplicações que exigem atualizações em tempo real e acesso rápido a informações. Nesse contexto, bancos de dados modernos como o Supabase oferecem soluções robustas, escaláveis e integradas, além de compatibilidade com linguagens e frameworks contemporâneos (ZHOU *et al.*, 2021; SUPABASE, 2023b).

Um panorama introdutório das principais tecnologias adotadas no desenvolvimento da aplicação proposta neste trabalho, serão apresentadas a seguir.

2.8.1 Linguagens de Programação: HTML, CSS, JavaScript e PHP

Uma linguagem de programação é uma ferramenta para dar instruções aos computadores, semelhante à forma como nos comunicamos, permitindo a expressão de

conceitos de maneira criativa. Antigas interfaces de texto foram substituídas por interfaces visuais, mais fáceis de usar.

A construção de aplicações web envolve a integração de diferentes linguagens, cada uma com uma função específica no processo de estruturação, apresentação, comportamento e lógica de negócios. Embora compartilhem o mesmo ambiente de execução — o navegador e o servidor web —, essas linguagens possuem características distintas e complementares.

O ponto de partida da construção de páginas web é o HTML (*HyperText Markup Language*), uma linguagem de marcação responsável por definir a estrutura e o conteúdo de um documento web. Por não possuir comandos de lógica ou controle de fluxo, o HTML não é considerado uma linguagem de programação, mas sim uma linguagem de marcação que organiza elementos como títulos, parágrafos, listas e links em um formato compreensível para navegadores (ROBBINS, 2012, grifo nosso).

Segundo Castro e Hyslop (2016), o HTML constitui o esqueleto de toda aplicação web e é projetado para ser legível tanto por humanos quanto por máquinas, o que o torna central para acessibilidade e interoperabilidade.

A camada de apresentação do conteúdo estruturado em HTML é definida por meio da linguagem CSS (*Cascading Style Sheets*), que determina a aparência visual da estrutura definida pelo HTML. Com ele, é possível aplicar estilos como cores, fontes, espaçamentos, bordas, alinhamentos e efeitos visuais. O CSS permite separar o conteúdo da apresentação, facilitando a manutenção e possibilitando que a estrutura HTML seja exibida de formas diferentes em dispositivos distintos (ROBBINS, 2012, grifo nosso).

De acordo com Tittel e Holland (2015), o CSS permite separar forma de conteúdo, tornando o código mais limpo, reutilizável e de fácil manutenção. Além disso, conforme explica Freeman (2021) as folhas de estilo também são uma ótima ferramenta para automatizar a produção porque você pode alterar a aparência de um elemento em todas as páginas do seu site editando um único documento de folha de estilo.

Em um nível superior de interatividade, o JavaScript é responsável por adicionar comportamento dinâmico às páginas web. Trata-se de uma linguagem de programação interpretada, orientada a eventos e multiparadigma, com suporte a abordagens procedurais, funcionais e orientadas a objetos (CROCKFORD, 2008; FLANAGAN, 2020, grifo nosso). JavaScript permite manipular elementos da página em tempo real, validar formulários,

consumir APIs e responder a ações do usuário. De acordo com Flanagan (2011), trata-se da linguagem mais presente na web, sendo compatível com todos os navegadores modernos e parte fundamental da tríade tecnológica do desenvolvimento web: HTML, CSS e JavaScript.

Criada em 1995 por Brendan Eich, inicialmente sob o nome de *Mocha* e posteriormente *LiveScript*, a linguagem foi renomeada para JavaScript como uma estratégia de marketing para aproveitar a popularidade da linguagem Java na época (CROCKFORD, 2008). Sua versatilidade e integração nativa aos navegadores fizeram com que ela se tornasse uma das linguagens mais populares e indispensáveis no desenvolvimento web contemporâneo (HAVERBEKE, 2024).

Por fim, para a construção da lógica de negócio e o processamento de dados no lado do servidor, uma das linguagens amplamente utilizadas é o PHP (*Hypertext Preprocessor*). Trata-se de uma linguagem de script interpretada, de código aberto, originalmente estruturada, mas que, a partir da versão 5, incorporou com sucesso os conceitos de orientação a objetos (MINETTO, 2007, grifo nosso). O PHP é executado no servidor e é responsável por gerar dinamicamente conteúdo HTML, acessando bancos de dados, manipulando arquivos e controlando sessões.

A principal característica do PHP é que seu código é processado no servidor, sendo o cliente exposto apenas ao resultado em HTML. Isso garante maior segurança, já que o algoritmo não é visível pelo navegador do usuário (DALL'OGLIO, 2009). De forma prática, um mesmo documento PHP pode combinar códigos dinâmicos com marcação HTML estática, permitindo personalizações em tempo real na apresentação dos dados (BENTO, 2021).

Além disso, o PHP é uma linguagem portável, podendo ser executada em diferentes sistemas operacionais e servidores, e integra-se facilmente a uma ampla gama de bancos de dados por meio de módulos nativos ou conectores ODBC (DALL'OGLIO, 2009).

Em conjunto, HTML, CSS, JavaScript e PHP constituem um ecossistema fundamental no desenvolvimento de aplicações web modernas, permitindo desde a definição da estrutura e apresentação visual até a implementação da lógica de negócio e interatividade avançada. A correta combinação dessas tecnologias possibilita a construção de sistemas completos, escaláveis e adaptáveis aos mais diversos contextos de uso.

2.8.2 Progressive Web Application (PWA)

A crescente adoção de dispositivos móveis tem impulsionado a necessidade de soluções tecnológicas que operem de maneira integrada em diferentes plataformas. Nesse contexto, é cada vez mais comum que projetos de software contemplem tanto ambientes web quanto mobile, considerando as especificidades e potencialidades de cada um. As aplicações para a plataforma web são acessadas por navegadores (como Google Chrome ou Mozilla Firefox) e funcionam em qualquer dispositivo com acesso à internet. Já as soluções móveis referem-se a aplicativos executados diretamente no sistema operacional de dispositivos móveis, como Android ou iOS, com acesso nativo a recursos de hardware como GPS, câmera e sensores (ADETUNJI *et al.*, 2020).

Nesse cenário, surge a abordagem de desenvolvimento conhecida como PWA, a qual propõe uma solução híbrida entre as plataformas web e mobile. As PWAs consistem em aplicações web que não exigem instalação prévia e são distribuídas por meio de conexões seguras (HTTPS), proporcionando uma experiência semelhante à de aplicativos nativos. Uma vez adicionadas à tela inicial do dispositivo, essas aplicações podem ser executadas em tela cheia, sem exibição da interface do navegador (ADETUNJI *et al.*, 2020).

Conforme apontado por Mhaske *et al.,* (2018), PWAs são desenvolvidas com tecnologias web tradicionais como HTML, CSS e JavaScript, mas se comportam como aplicativos móveis instaláveis. Seus principais diferenciais incluem carregamento rápido, suporte a notificações *push* e funcionamento *offline*, características que contribuem para uma experiência de uso contínua e responsiva.

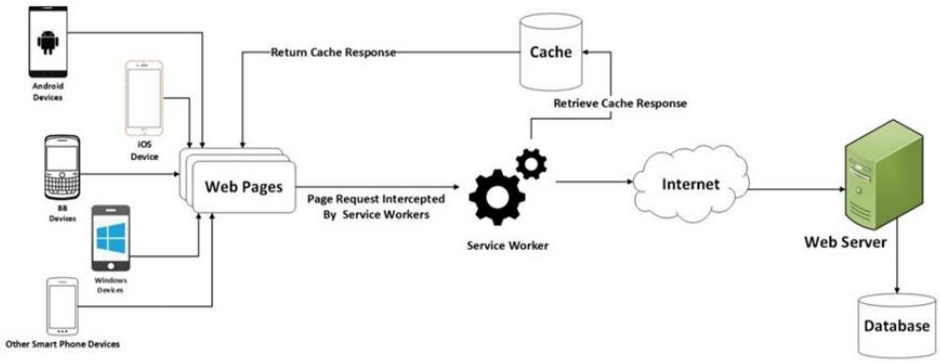
Do ponto de vista arquitetural, as PWAs apresentam uma estrutura composta por três elementos essenciais: a aplicação web, o manifesto da aplicação e os *service workers*[5]. A aplicação web constitui a interface interativa e funcional desenvolvida com tecnologias tradicionais da web. O manifesto da aplicação, definido no arquivo *manifest.json*, especifica os

[5] Service Workers: um script que roda em segundo plano e permite a implementação de funcionalidades que não necessitam de uma página web ou interação do usuário.

metadados do aplicativo, como nome, ícone, cor e comportamento, sendo o elemento responsável por permitir sua instalação na tela inicial do dispositivo. Por fim, os *service workers* atuam como scripts que interceptam requisições, podendo gerenciar conteúdos em cache, realizar sincronizações em segundo plano e manter o funcionamento da aplicação mesmo sem conexão com a internet (ADETUNJI *et al.*, 2020; MHASKE *et al.*, 2018).

A Figura 7 ilustra a arquitetura de funcionamento de uma aplicação PWA, destacando a forma como dispositivos móveis interagem com páginas web e como os *service workers* otimizam o desempenho da aplicação por meio da interceptação de requisições e do gerenciamento de cache.

Figura 7 - Arquitetura de funcionamento de uma aplicação PWA.



Fonte: Adetunji *et al.* (2020)

Outra característica distintiva das PWAs, em relação às aplicações tradicionais, é o fato de não requererem *download* a partir de lojas como Google Play ou App Store. Elas são executadas diretamente pelo navegador e podem ser instaladas de forma opcional, pelo próprio usuário, quando consideradas úteis (GÓMEZ-SIERRA, 2021).

Entre as principais funcionalidades que caracterizam uma PWA, destacam-se: i) progressividade, por funcionar em qualquer navegador; ii) responsividade, com adaptação a diferentes tamanhos de tela; iii) funcionamento *offline*, garantido por *service workers*; iv) semelhança com aplicativos nativos, por meio do modelo de *app shell*; v) atualização automática; vi) segurança via HTTPS; vii) detectabilidade por motores de busca; viii) reengajamento por notificações *push*; ix) instalação simplificada; e x) facilidade de compartilhamento via URL (MHASKE *et al.*, 2018).

Diante do contexto apresentado e de suas características optou-se pelo uso da PWA no o desenvolvimento deste trabalho, uma vez que as PWAs se apresentam como uma boa alternativa para ampliar o alcance de aplicações e garantir uma experiência de uso fluida e consistente, conciliando as vantagens do desenvolvimento web com os recursos avançados das plataformas mobile.

2.8.3 Banco de dados: Supabase

Os sistemas de informação contemporâneos dependem fortemente do armazenamento, organização e recuperação eficiente de dados. Para isso, utilizam-se os bancos de dados, que podem ser definidos como coleções organizadas de dados relacionados, projetadas para serem acessadas, gerenciadas e atualizadas de maneira eficiente por meio de Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBD). Segundo Coronel e Morris (2016), um banco de dados é essencial para garantir a integridade, a segurança e a acessibilidade dos dados, sendo peça central no desenvolvimento de aplicações computacionais.

Com a crescente demanda por sistemas dinâmicos e interativos, o acesso em tempo real aos dados tornou-se um requisito essencial. Em diversos contextos, como aplicações web, monitoramento remoto e sistemas distribuídos, a latência na obtenção de dados pode comprometer significativamente a experiência do usuário e a eficácia do sistema. A capacidade de capturar e disponibilizar dados em tempo real permite decisões mais rápidas e informadas, além de possibilitar interfaces mais responsivas e adaptativas (KUMAR, 2019).

Segundo Zhou *et al.* (2021) os bancos de dados que oferecem suporte ao acesso em tempo real geralmente se enquadram em duas categorias: os bancos relacionais modernos com suporte a conexões reativas (como PostgreSQL com LISTEN/NOTIFY[6]), e os bancos orientados a documentos e eventos, como Firebase ou RethinkDB. Esses sistemas utilizam

[6] O recurso LISTEN/NOTIFY do PostgreSQL permite que aplicações estabeleçam canais de comunicação assíncrona com o banco de dados, escutando eventos específicos. Quando uma notificação é enviada com NOTIFY, os clientes conectados com LISTEN recebem imediatamente o alerta. Essa funcionalidade é útil para sistemas que exigem reatividade em tempo real (ZHOU *et al.*, 2021).

tecnologias de *streaming*, *websockets* e *triggers*[7] para atualizar automaticamente os clientes sempre que há modificações no banco.

Dentre as soluções modernas que oferecem suporte nativo a acesso em tempo real, destaca-se o Supabase, uma plataforma de código aberto baseada em PostgreSQL, que busca oferecer uma alternativa moderna e escalável ao Firebase. O Supabase fornece um *backend* completo como serviço (*Backend-as-a-Service*), com autenticação, banco de dados, armazenamento de arquivos e funcionalidades em tempo real prontas para uso (Supabase, 2023a).

O diferencial do Supabase está na sua capacidade de oferecer funcionalidades reativas de forma nativa, sem exigir camadas adicionais de configuração. Isso é possível por meio do recurso de *realtime*, que utiliza PostgreSQL *logical replication* e *websockets* para escutar alterações nas tabelas e transmitir os dados atualizados aos clientes conectados (Supabase, 2023b). Tal abordagem simplifica o desenvolvimento de aplicações que requerem dados sincronizados em tempo real entre clientes e servidores.

Além disso, o Supabase é compatível com ferramentas e bibliotecas modernas de desenvolvimento *frontend* e *backend*, oferecendo SDKs (*Software Development Kit*)[8] atualizados e documentação extensa. Essa compatibilidade torna a ferramenta especialmente atrativa para equipes de desenvolvimento que buscam produtividade com tecnologias modernas e escaláveis (Supabase, 2023c).

Outro ponto relevante é que o Supabase é código aberto, o que proporciona maior flexibilidade de implantação e personalização, além de fomentar uma comunidade ativa de desenvolvedores. Ele pode ser hospedado na nuvem ou localmente, garantindo adaptabilidade a diferentes requisitos de privacidade, segurança e performance (Supabase, 2023d). Para esta

---

[7] O *streaming* envia fluxos de dados em tempo real, *websockets* mantêm conexões abertas bidirecionais, e *triggers* disparam ações no banco ao detectar alterações. Juntas, essas tecnologias viabilizam aplicações reativas e sincronizadas (ZHOU *et al.*, 2021).

[8] Um SDK é um conjunto de ferramentas, bibliotecas, exemplos de código e documentação que facilita o desenvolvimento de aplicações para uma determinada plataforma ou serviço. Ele permite que os desenvolvedores integrem funcionalidades específicas com mais rapidez e eficiência.

pesquisa, o Supabase foi adotado como solução de banco de dados por sua robustez, simplicidade de integração e suporte nativo a operações reativas, essenciais ao funcionamento dinâmico da aplicação desenvolvida.

2.8.4 Automação de fluxos de trabalho: n8n

O n8n é uma ferramenta de automação de fluxos de trabalho de código aberto que permite a criação de integrações entre sistemas e serviços por meio de uma interface gráfica baseada em nós. Seu principal objetivo é facilitar a construção de processos automatizados, conectando APIs, bancos de dados e outras fontes de informação de forma visual e modular (n8n, 2024).

Conforme Jeong (2025), o n8n se insere na categoria de ferramentas *low-code*, que são plataformas que minimizam a necessidade de escrita de código, permitindo que usuários construam soluções completas com o uso de blocos visuais e lógica configurável. Ferramentas *low-code* oferecem abstrações visuais que aceleram o desenvolvimento, sendo ideais para ambientes onde a produtividade e a rápida prototipagem são prioridades.

Entre as características que tornam a ferramenta n8n atrativa para diversos contextos, destacam-se várias vantagens, Tabela 6.

Tabela 6 - Vantagens da ferramenta n8n.

Vantagem	Explicação
Open-source	Por ter seu código aberto, o n8n permite personalizações profundas e adaptações às necessidades específicas de uma organização. Isso é especialmente relevante para instituições com políticas de privacidade e segurança de dados mais rígidas.
Auto-hospedagem	O n8n pode ser instalado em servidores próprios, o que confere maior controle sobre os dados processados. Em ambientes que demandam *compliance* com legislações de proteção de dados (como a LGPD ou GDPR), essa característica é fundamental.
Interface visual amigável	A criação de fluxos por meio de uma interface de arrastar e soltar reduz barreiras para usuários com pouca experiência em programação, democratizando o acesso à automação.
Extensível com código customizado	É possível criar nodes personalizados com JavaScript, além de integrar bibliotecas externas, ampliando a flexibilidade e a capacidade da ferramenta para cenários mais avançados.

Fonte: n8n, 2024.

As funcionalidades principais do n8n o qualificam como uma ferramenta versátil e poderosa para automação de processos. A construção de fluxos ocorre por meio de nós (*nodes*), em que cada um representa uma ação específica ou serviço, como o envio de e-mails, chamadas

HTTP, ou consultas a bancos de dados. Esses nós são interligados de forma sequencial ou condicional, permitindo que a lógica do processo seja representada visualmente. Além disso, a ferramenta oferece suporte a diversos protocolos, como chamadas HTTP (REST), Webhooks, manipulação de arquivos e acesso a bancos de dados relacionais (SQL) ou não relacionais (NoSQL), tornando-a altamente compatível com diferentes tipos de sistemas e arquiteturas (n8n, 2024).

Para Jeong (2025) outra funcionalidade essencial é a capacidade de integração com uma ampla variedade de serviços e APIs. O n8n permite a conexão com muitas de plataformas, como CRMs, serviços de armazenamento em nuvem, redes sociais e sistemas de envio de e-mail. Isso amplia significativamente o seu campo de aplicação em contextos corporativos e educacionais.

Por fim, destaca-se a capacidade de manipular dados ao longo dos fluxos. O n8n permite a aplicação de filtros, transformações e tomadas de decisão baseadas em lógica condicional, o que garante flexibilidade para lidar com diferentes cenários e necessidades de automação (JEONG *et al.*, 2025).

No contexto desta pesquisa, o uso do n8n se mostra estratégico para viabilizar a aplicação da abordagem RAG. A ferramenta atua como orquestradora dos fluxos que integram o banco de dados Supabase, onde estão armazenadas informações personalizadas das alunas, com a API do modelo ChatGPT. Com isso, o n8n automatiza a recuperação de dados relevantes, transforma as informações em prompts estruturados e envia-os ao modelo de linguagem, que por sua vez gera treinos personalizados com base no conteúdo contextualizado. Essa integração, construída com fluxos visuais e condicionalidades programáveis, garante uma operação eficiente, escalável e adaptável às necessidades dos usuários, consolidando o n8n como um componente essencial da arquitetura do sistema enativo proposto nesta tese.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo apresenta o processo de desenvolvimento proposto nesta tese como principal contribuição. Trata-se de um modelo metodológico estruturado em fases, voltado à concepção, modelagem, implementação e avaliação de sistemas enativos. A proposta visa atender à necessidade de um processo claro e replicável para construção de sistemas sensíveis ao contexto. A seguir, detalham-se os elementos que compõem esse processo e sua aplicação prática por meio do sistema GymGuardian.

O desenvolvimento de um sistema enativo, que se sustenta na ideia de que o conhecimento surge da interação entre o indivíduo e o ambiente, envolve diversos desafios tanto técnicos quanto conceituais. Para abordar esses desafios adequadamente, as seguintes características foram consideradas:

i. Modelagem de Interações: Um dos principais desafios é modelar adequadamente as interações complexas entre o usuário e o sistema, incluindo a captação eficiente de informações do ambiente. Isso envolve uma compreensão profunda dos processos cognitivos e comportamentais dos usuários, bem como dos contextos ambientais onde ocorrem essas interações.
ii. Desenvolvimento de Interfaces Intuitivas e com captação de dados eficientes: é necessário desenvolver interfaces que não apenas promovam uma interação natural e intuitiva, mas também integrem tecnologias para a captação de sinais ou dados dos usuários. Essas interfaces devem facilitar a interação fluida, aumentando a eficácia da comunicação entre o usuário e o sistema.
iii. Adaptação e Aprendizado Contínuo: O sistema precisa ser capaz de se ajustar e aprender com o uso contínuo dos usuários. É necessário ainda algoritmos que possam evoluir com base na experiência do usuário (tais como o aprendizado por reforço utilizada em LLM) sem comprometer a privacidade e a segurança dos dados.
iv. Integração Multidisciplinar: A construção de sistemas enativos exige conhecimentos de diversas áreas, incluindo psicologia cognitiva, ciência da computação, neurociência, *design* de interação e engenharia de *software*. Unir todas essas áreas para fazer um sistema que funcione adequadamente é um grande desafio.

Além disso, ao considerar sistemas enativos, é importante levar em conta seus cinco elementos essenciais: i) *autonomy* (autonomia); ii) *sense-making* (fazer-sentido); iii) *emergence* (emergência); iv) *embodiment* (corporificação); e v) *experience* (experiência). Esses elementos foram apresentados por Di Paolo *et al.,* (2010) e foram discutidos anteriormente.

As próximas seções relatam os materiais, métodos e procedimentos adotados para conduzir esta pesquisa, abordando as técnicas utilizadas para a coleta e análise de dados e descrevendo cada etapa do processo para garantir a precisão e a validade dos resultados obtidos.

3.1. METODOLOGIA DE PESQUISA

A fim de atingir o objetivo principal, foram identificadas algumas etapas a serem executadas:

- Inicialmente, foi realizado um levantamento bibliográfico para subsidiar a fundamentação teórica e a revisão integrativa. A fundamentação teórica foi essencial para apresentar um estudo aprofundado sobre a prática de atividade física na gestação, necessário para a definição dos parâmetros do sistema, bem como sobre os sistemas enativos e suas tecnologias, proporcionando uma melhor compreensão do projeto. Por sua vez, a revisão integrativa permitiu levantar trabalhos correlatos já desenvolvidos na área. Como resultado dessa etapa, foi publicado o artigo científico "*Uso de Sistemas Enativos na Prática de Atividade Física: uma revisão integrativa*", na Revista Científic@ Universitas, Itajubá, v.12, n.1, p. 37–48, 2025. ISSN Eletrônico: 2175-4020.
- Levantamento e análise das necessidades do sistema, definição da captação dos dados capazes de influenciar o sistema, e a representação esquemática do processo para seu funcionamento (seção 3.2.1).
- Adaptação e apresentação do sistema enativo de monitoramento de atividade física (seção 3.2.2).
- Para que seja possível testar o sistema, com coleta de dados e análise dos resultados, o projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Mogi das Cruzes, o qual foi aprovado sob o número CAAE: 79902824.1.0000.5497.
- Nesta pesquisa, os dados coletados das amostras serão analisados quantitativamente e apresentados por meio de tabelas e gráficos, acompanhados de análise descritiva. Já os

demais dados serão avaliados qualitativamente, baseando-se nas opiniões coletadas. Os critérios de comparação utilizados nas análises seguirão os parâmetros definidos e reconhecidos como seguros pela literatura sobre atividade física para gestantes.

- Finalmente, será apresentada a discussão e conclusão dos resultados obtidos.

A próxima seção apresenta a proposta de solução deste trabalho.

3.2. ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

A análise e o desenvolvimento da solução foram organizados de forma a refletir cada etapa do processo metodológico proposto. A primeira parte aborda a representação conceitual geral do processo, aplicável a múltiplos domínios. A segunda parte demonstra como esse processo pode ser aplicado em um sistema real, voltado ao monitoramento de atividade física em gestantes. A estrutura adotada permite evidenciar tanto a consistência do processo quanto sua aplicabilidade prática. A seguir, apresentam-se as duas fases distintas, que asseguram a robustez teórica e a viabilidade prática do modelo proposto:

- Representação esquemática do sistema enativo: descreve a estrutura abstrata do sistema, com foco na interação e no funcionamento dos principais componentes para o alcance dos objetivos. Detalhes dessa representação estão disponíveis na subseção 3.2.1.
- Implementação do processo em um cenário de teste define o ambiente de teste no qual o modelo será implementado, permitindo sua análise e avaliação. Os detalhes desse ambiente encontram-se descritos na subseção 3.2.2.

3.2.1. Representação esquemática de um sistema enativo

Esta etapa iniciou-se com o levantamento e análise das necessidades do sistema. A fase de análise de um sistema é crucial porque define os requisitos que o sistema deve atender. Compreender o problema que o sistema se propõe a resolver estabelece uma base sólida para o desenvolvimento subsequente. Esta fase inclui atividades como identificação de requisitos, análise das necessidades dos usuários e especificação de funcionalidades. Uma vez definidas as necessidades, é possível representar esquematicamente o comportamento do sistema para facilitar o entendimento geral da solução proposta.

A representação esquemática de um sistema é um diagrama que ilustra os componentes principais de um sistema e as suas interações. Essas representações são utilizadas para simplificar a compreensão dos componentes e fluxos dentro do sistema, oferecendo uma visão geral que facilita o entendimento de como o sistema funciona como um todo.

Um sistema enativo se baseia na ideia de que o conhecimento emerge da interação entre o usuário e o ambiente e desta forma, as ações do indivíduo influenciam no comportamento do sistema. Por meio desta representação, é estabelecido o processo de desenvolvimento de sistemas com essas características.

O esquema considera momentos antes, durante e após a execução de tarefas, esses modelos possuem componentes que influenciam o sistema, Tabela 7.

Tabela 7 - Elementos da representação esquemática.

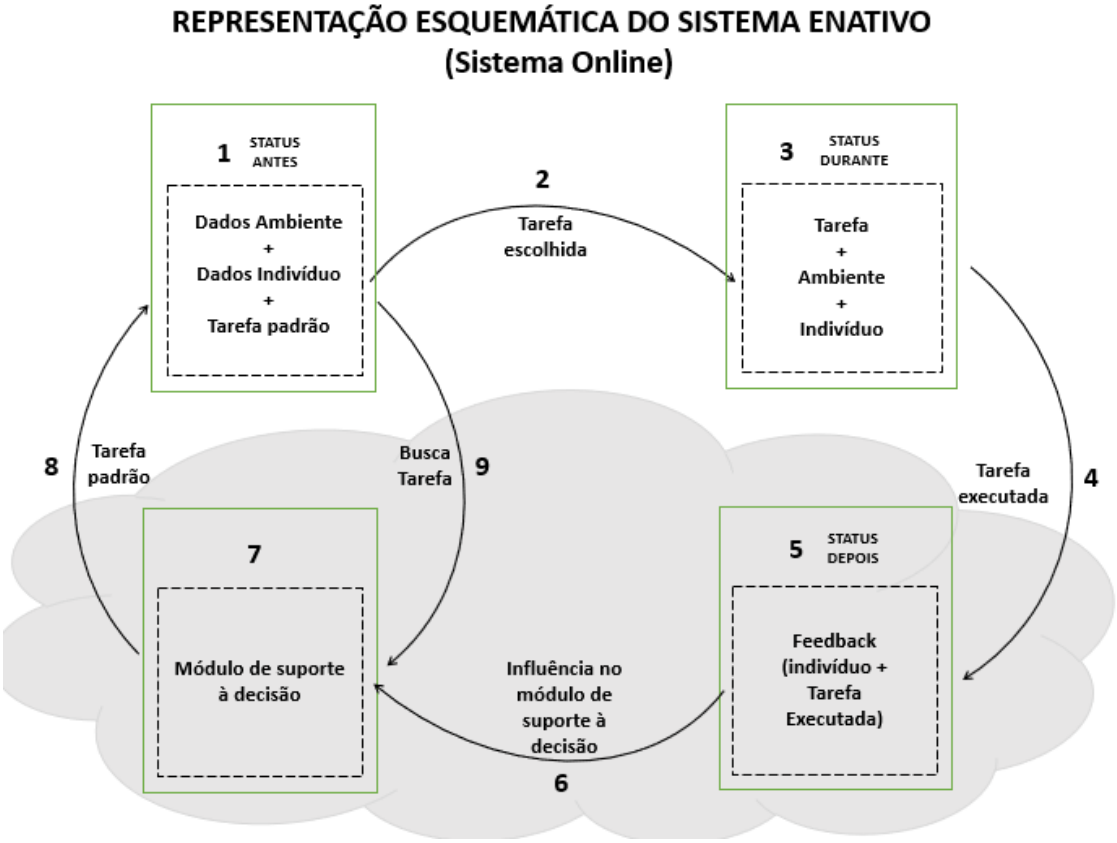
Item	Elemento	Descrição
1	**Status Antes da Tarefa**	No status inicial, o sistema recebe uma tarefa padrão baseada no módulo de suporte à decisão. Essa tarefa é sugerida levando em consideração quem é o usuário, a qual grupo pertence e experiências anteriores de outros usuários para aprimorar a sugestão. Antes da execução, a tarefa padrão é ajustada aos dados do ambiente e do indivíduo para verificar se deve ser executada conforme sugerido.
2	**Tarefa Escolhida**	A tarefa escolhida é aquela que será efetivamente executada pelo usuário, considerando a análise prévia da tarefa padrão, os dados do ambiente e do indivíduo.
3	**Status Durante a Tarefa**	Durante a execução, a tarefa escolhida é continuamente avaliada com base nos dados do ambiente e do indivíduo. Se as condições são favoráveis, a tarefa prossegue até o final. Caso contrário, ajustes ou interrupções podem ser necessários se os dados sugerirem que as condições não são adequadas para a continuação.
4	**Tarefa Executada**	Este elemento descreve a tarefa conforme foi realizada, incluindo possíveis alterações ou interrupções que ocorreram durante sua execução.
5	**Status Depois da Tarefa**	Este status envolve o feedback completo sobre a execução da tarefa. Inclui avaliações sobre a tarefa executada e a percepção do indivíduo quanto ao processo e resultado.
6	**Influência no Domínio de Conhecimento**	Corresponde aos dados com potencial para influenciar ou alterar o domínio de conhecimento.
7	**Domínio de Conhecimento**	Refere-se à área específica de interesse ou estudo que o domínio pretende representar. O domínio de conhecimento determina quais conceitos, relações e regras são relevantes e devem ser considerados.
8	**Tarefa Padrão**	Refere-se à tarefa sugerida pelo domínio de conhecimento, levando em consideração as características do usuário.
9	**Busca Tarefa**	Refere-se a solicitação de uma nova tarefa padrão para atender as necessidades ou preferências do usuário ao realizar a tarefa.

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

A representação esquemática do sistema enativo para monitoramento de atividade física proposto neste trabalho estabelece a organização do sistema, especifica seus componentes principais e as relações entre eles. A representação esquemática foi pensada para permitir que o sistema funcione tanto com quanto sem acesso à Internet. Essa característica assegura flexibilidade e maior acessibilidade, permitindo o monitoramento contínuo de atividades físicas em diferentes contextos e situações, independente da disponibilidade de conexão de rede.

A Figura 8 ilustra a representação esquemática proposta. Na figura vê-se os oito componentes envolvidos no processo que constituem a representação do sistema proposto. De maneira geral, espera-se que a partir do esquema apresentado, seja possível projetar sistemas dinâmicos, responsivos e profundamente integrados às condições ambientais e às necessidades do usuário.

Figura 8 - Representação esquemática do sistema enativo conectado à Internet.



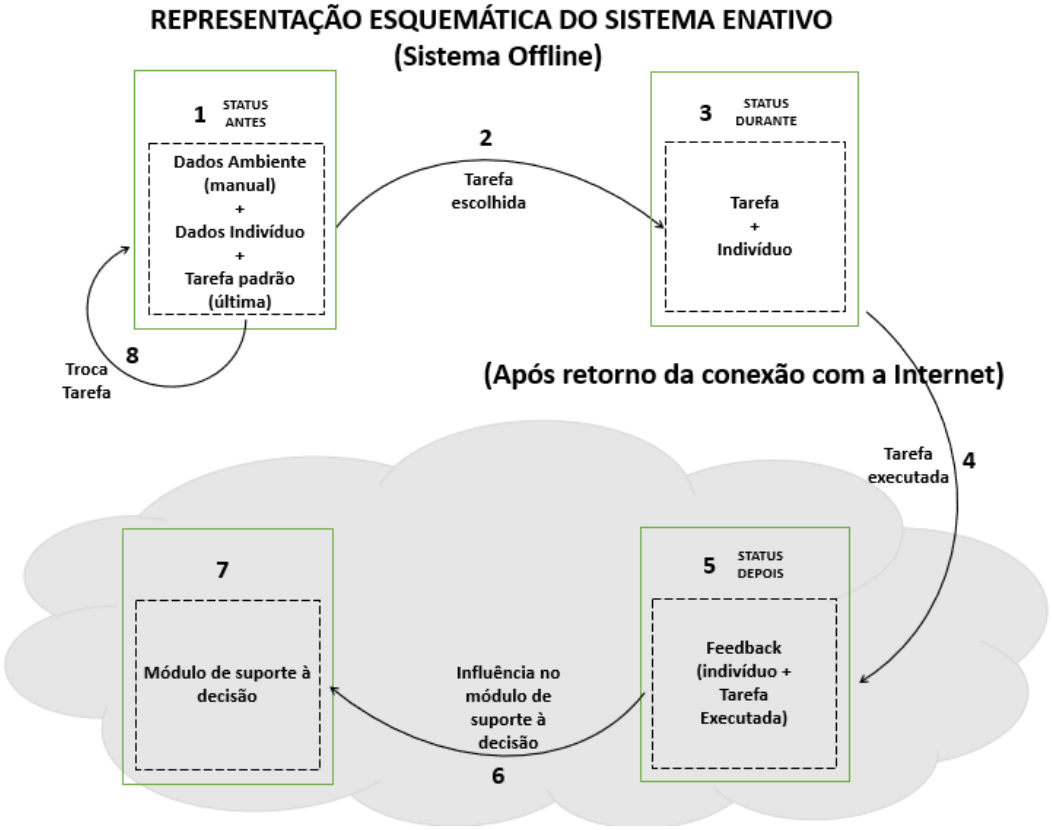
Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A Figura 8 descreve a representação esquemática. Essa descrição leva em consideração o uso do sistema enativo online, ou seja, por dispositivos que tenham acesso à internet:

- Considere um usuário que precisa executar uma ação. Antes de realizá-la (Status Antes, item 1), o sistema enativo seleciona a tarefa a ser executada (Tarefa Padrão, item 8), coleta dados do usuário e do ambiente onde essa tarefa será executada e avalia se a função da ação nessas condições é favorável. Caso seja considerado favorável, a tarefa padrão será executada (Tarefa Escolhida, item 2). Se a execução da tarefa não for considerada adequada, seja pela análise dos dados do usuário e do ambiente em relação à tarefa padrão ou para atender às preferências do usuário, o sistema enativo deve buscar uma nova tarefa padrão (Busca Tarefa, item 9) no módulo de suporte à decisão (item 7).
- No caso da solicitação de uma nova tarefa, ao receber a sugestão da nova tarefa padrão, o item 1 (Status Antes), processo de avaliação da coerência da tarefa sugerida em relação às características do usuário e do ambiente, será executado novamente.
- Uma vez definida qual ação será executada (Tarefa Escolhida, item 2), o sistema enativo fará o monitoramento de sua execução (Status Durante, item 3). Para tanto, deve colher dados em tempo real do usuário e do ambiente em que a tarefa é executada e analisar continuamente se é viável continuar sua execução. Se as condições de execução da tarefa permanecerem adequadas, a execução da ação prosseguirá até o final. Caso o sistema identifique aspectos inadequados para a continuidade da execução da ação, ele deve intervir.
- As informações da ação executada (Tarefa Executada, item 4), finalizada ou não, serão posteriormente avaliadas pelo sistema enativo (Status Depois, item 5). Nessa avaliação, serão consideradas as informações da tarefa executada e a satisfação do usuário em relação à execução dela. No caso de um resultado de avaliação positivo, a tarefa sugerida influenciará positivamente no módulo de suporte à decisão (Influência no módulo de suporte à decisão, item 6), aumentando a probabilidade de aquele tipo de ação ser sugerido novamente. Caso o resultado da avaliação seja negativo, isso influenciará negativamente o módulo de suporte à decisão (Influência no módulo de suporte à decisão, item 6), ou seja, diminuirá a probabilidade de aquele tipo de ação ser sugerido novamente.
- Dessa forma, ao iniciar novamente o processo de execução de outra ação (Status Antes, item 1), o sistema enativo receberá uma tarefa padrão que considera o resultado da avaliação feita anteriormente (Influência no módulo de suporte à decisão, item 6).

Na representação esquemática proposta, o processo que permite o uso do sistema *offline* foi organizado em 8 elementos e é ilustrado na Figura 9.

Figura 9 - Representação esquemática do sistema enativo não conectado à Internet.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Na Figura 9 é possível considerar a utilização do sistema enativo em modo *offline*, isto é, por dispositivos que não estão conectados à Internet:

- Considere a execução de uma ação por meio de um sistema enativo quando não há conexão com a internet. A modelagem do processo de execução (Figura 9) inicia-se considerando a última tarefa padrão executada, a inserção manual dos dados do ambiente e a captação dos dados do usuário (Status Antes, item 1). Caso a última tarefa executada não seja considerada adequada pelo sistema, levando em conta os dados do ambiente e do usuário, ou caso o usuário tenha preferência por outro tipo de tarefa, será feita a alteração da tarefa padrão por outra previamente definida no sistema (Troca Tarefa, item 8). No caso de solicitação de uma nova tarefa, ao receber a sugestão da nova tarefa padrão, o item 1 (Status Antes), processo de avaliação da

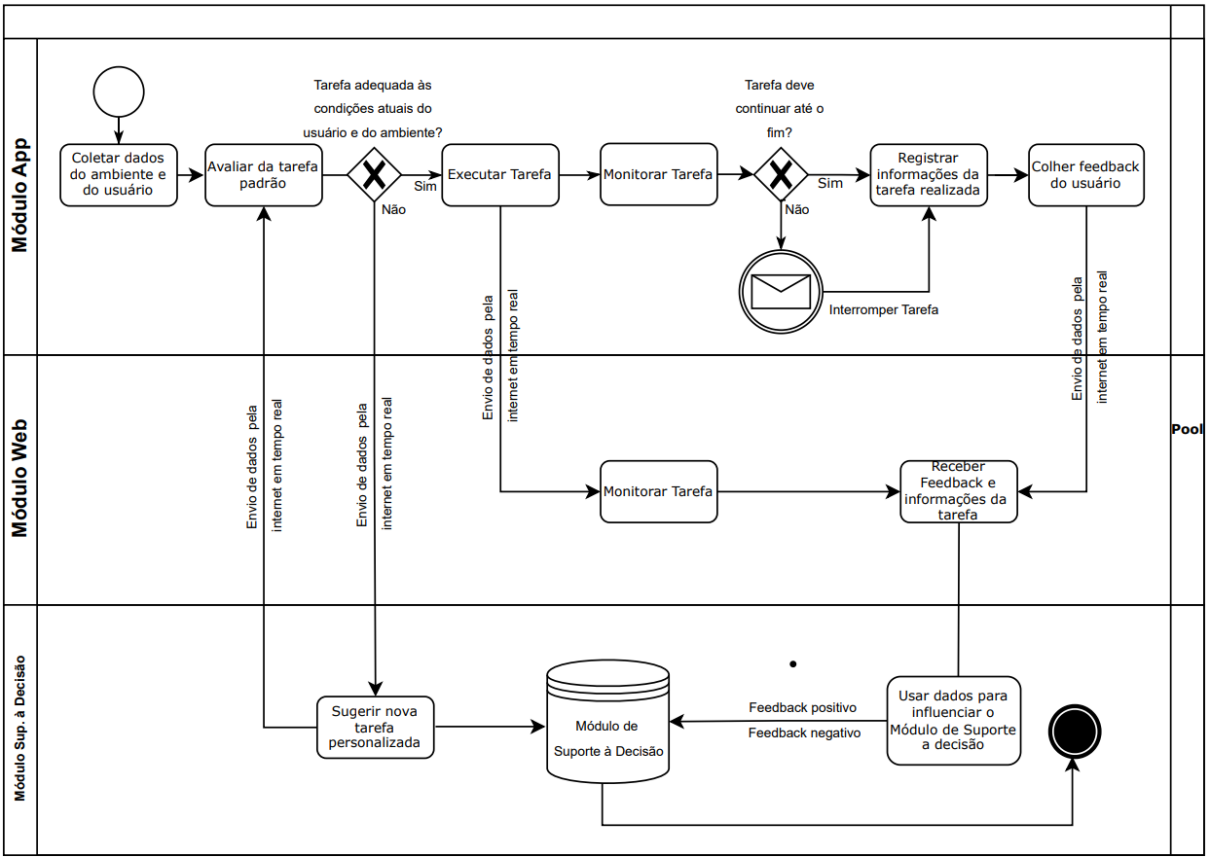
coerência da tarefa sugerida em relação às características do usuário e do ambiente, será executado novamente.

- Uma vez definida qual ação será executada (Tarefa Escolhida, item 2), o sistema enativo fará o monitoramento de sua execução (Status Durante, item 3). Para tanto, o sistema deve coletar dados do usuário em tempo real, utilizando dispositivos vestíveis ou sensores, por exemplo, e analisar continuamente se é viável prosseguir com a execução da tarefa. Se as condições se mantiverem adequadas, a ação continuará até sua conclusão. Caso o sistema identifique fatores que inviabilizem a continuidade da tarefa, deverá intervir.
- As informações da ação executada (Tarefa Executada, item 4), finalizada ou não, ficarão armazenadas localmente no sistema enativo *offline*. Posteriormente, quando o sistema estiver online, as informações armazenadas (Tarefa Executada, item 4) devem ser enviadas ao módulo de avaliação do sistema enativo (Status Depois, item 5). Neste processo de avaliação, serão levadas em conta as informações da tarefa realizada e o grau de satisfação do usuário com relação a essa execução. Se o resultado da avaliação for positivo, a tarefa recomendada terá um impacto positivo no módulo de suporte à decisão (Influência no módulo de suporte à decisão, item 6), aumentando a chance de essa ação ser recomendada no futuro. Por outro lado, se o resultado da avaliação for negativo, isso terá um impacto negativo no módulo de suporte à decisão (Influência no módulo de suporte à decisão, item 6), reduzindo a probabilidade de essa ação ser sugerida novamente.
- Dessa forma, ao reiniciar o processo de execução de outra ação (Status Antes, item 1), quando o dispositivo estiver online, o sistema enativo receberá uma tarefa padrão do Módulo de suporte à decisão (item 7) que leva em conta o resultado da avaliação anterior (Influência no módulo de suporte à decisão, item 6). Caso o sistema esteja *offline* novamente, o processo descrito anteriormente (Figura 9) se repetirá.

A fim de representar formalmente o processo proposto usando um padrão de notação, optou-se pela descrição e detalhamento da representação esquemática na notação BPMN, desenvolvido pelo *Object Management Group* (OMG). A *Business Process Model and Notation* (BPMN) é uma das principais notações empregadas para representar graficamente processos de negócio. Essa notação foi criada com o objetivo de estabelecer um padrão visual

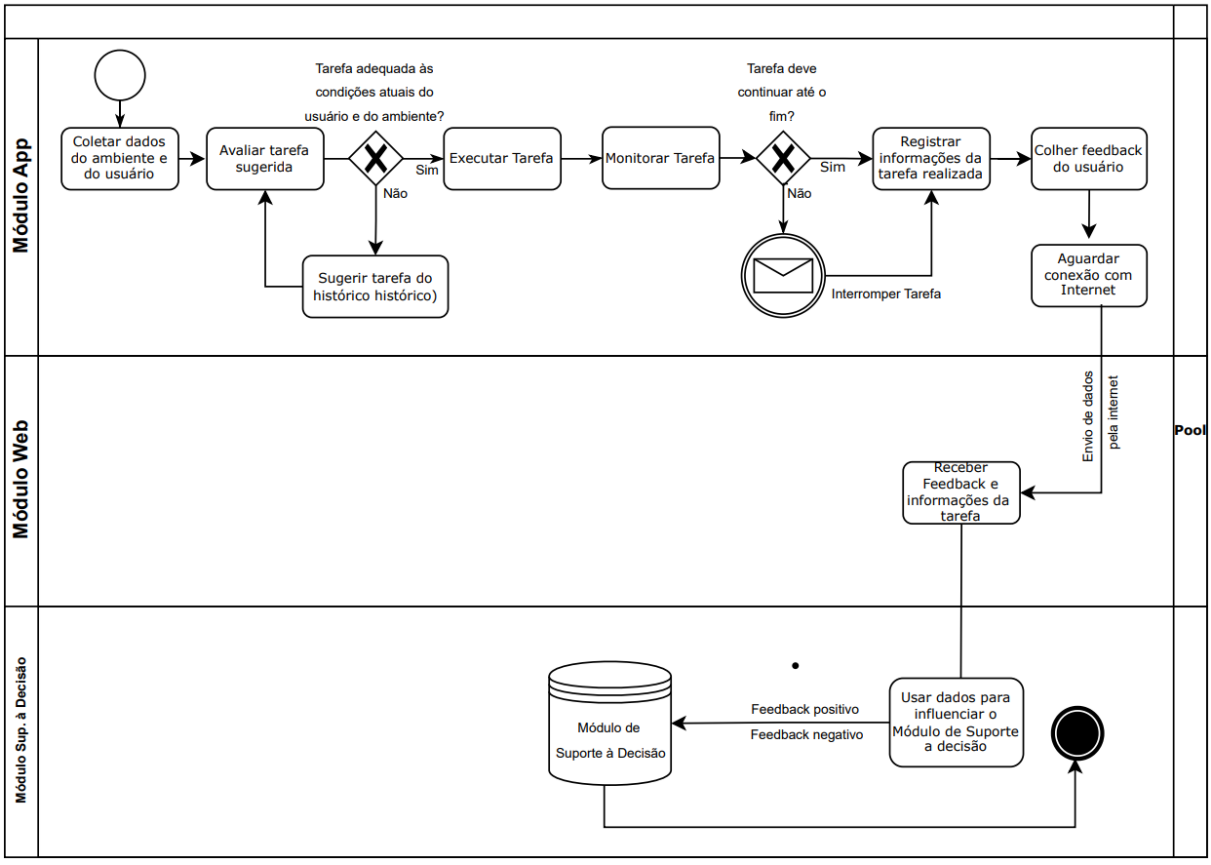
claro e acessível para a modelagem de processos, permitindo que tanto profissionais da área técnica quanto usuários de negócios compreendam facilmente o funcionamento das atividades envolvidas. Ao descrever as operações por meio de símbolos padronizados e intuitivos, o BPMN contribui para uma comunicação mais eficaz entre diferentes setores da organização, promovendo alinhamento, clareza e maior controle na gestão dos processos (OMG, 2025). A Figura 10 ilustra Diagrama BPMN do processo online proposto. Já a Figura 11 mostra o Diagrama BPMN do processo offline.

Figura 10 - Diagrama BPMN do processo online implementado pelo sistema enativo.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura 11 - Diagrama BPMN do processo offline implementado pelo sistema enativo.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

O diagrama representa o fluxo de execução de tarefas físicas implementadas pelo sistema enativo, desde a coleta de dados iniciais do ambiente e do usuário até o *feedback* final. Destaca-se o papel do módulo de suporte à decisão na sugestão e ajuste das tarefas, bem como o monitoramento contínuo e a retroalimentação do sistema com base nas respostas do usuário. A notação BPMN facilita a compreensão visual detalhada da lógica adaptativa e enativa que orienta o funcionamento do sistema.

O processo proposto foi pensado de maneira ampla e contempla diversas situações que exigem análise de comportamento de usuários e tomadas de decisão personalizadas.

3.2.2. Instanciação do processo no desenvolvimento de um sistema enativo para monitoramento de atividade física em gestantes

Para viabilizar a construção de sistemas enativos, este trabalho propõe um modelo que incorpora vários elementos chave: captação de dados da aluna e do ambiente para influenciar o sistema de maneira efetiva, uso do modelo GPT e a técnica de RAG para recuperação dinâmica de informações relevantes de uma base de conhecimento externa. Isso permite que o sistema adapte suas respostas e ações com base em dados contextuais em tempo real, garantindo uma operação flexível e altamente adaptativa.

No setor de saúde, existem várias aplicações que auxiliam pessoas interessadas em aprimorar sua condição física. Essas aplicações geralmente dependem de dados obtidos de bancos de dados externos ou inseridos manualmente por profissionais de educação física (*Personal trainer*) para recomendar exercícios. Tipicamente, um *personal trainer* avalia a anamnese e os objetivos do cliente e, com base em seu conhecimento, recomenda um programa de exercícios que adere às práticas estabelecidas na literatura de educação física, escolhendo exercícios e repetições que se ajustam ao tipo físico do cliente. Já a execução e o monitoramento da atividade física tradicionalmente ocorrem por meio da coleta de sinais, seja manualmente ou através de dispositivos, e pela análise visual das condições do indivíduo realizada pelo profissional de educação física. As informações coletadas e observadas sobre o indivíduo são avaliadas pelo *personal trainer*, que decide sobre a continuação ou interrupção da atividade física baseado nesses dados.

O método tradicional de monitoramento da atividade física descrito apresenta algumas dificuldades que podem impactar a eficácia e segurança do treinamento, como: i) caso a coleta do sinais vitais seja manual, pode ser sujeita a erros e inconsistências, dependendo da precisão e da atenção do profissional que os registra; ii) a avaliação baseada apenas na observação visual por parte do educador físico pode não ser totalmente confiável, pois alguns sinais de estresse físico ou desconforto podem não ser visíveis externamente; iii) a decisão de continuar ou interromper uma atividade pelo *personal trainer*, baseada na interpretação instantânea dos dados, pode causar atrasos nas respostas necessárias para ajustes imediatos em treinos intensos; e, em muitos casos, iv) a falta de integração eficaz dos dados coletados em sessões de treino

impede análises de longo prazo, comprometendo o desenvolvimento de planos de treino progressivos e personalizados.

No contexto de sistemas e tecnologias enativas, será apresentado um protótipo de sistema chamado *GymGuardian*, que propõe monitorar e ajustar automaticamente a atividade física de suas alunas, adequando-se às características e necessidades específicas de cada um. Este protótipo será avaliado para testar a eficácia do modelo proposto. A Tabela 8 detalha e relaciona os elementos da representação esquemática com os do modelo de avaliação usado. O acesso ao GymGuardian e código-fonte do projeto está disponível publicamente na página web deste trabalho, através do endereço https://tecguardian.com.br/.

Tabela 8 **-** Associação entre os modelos conceitual e de teste.

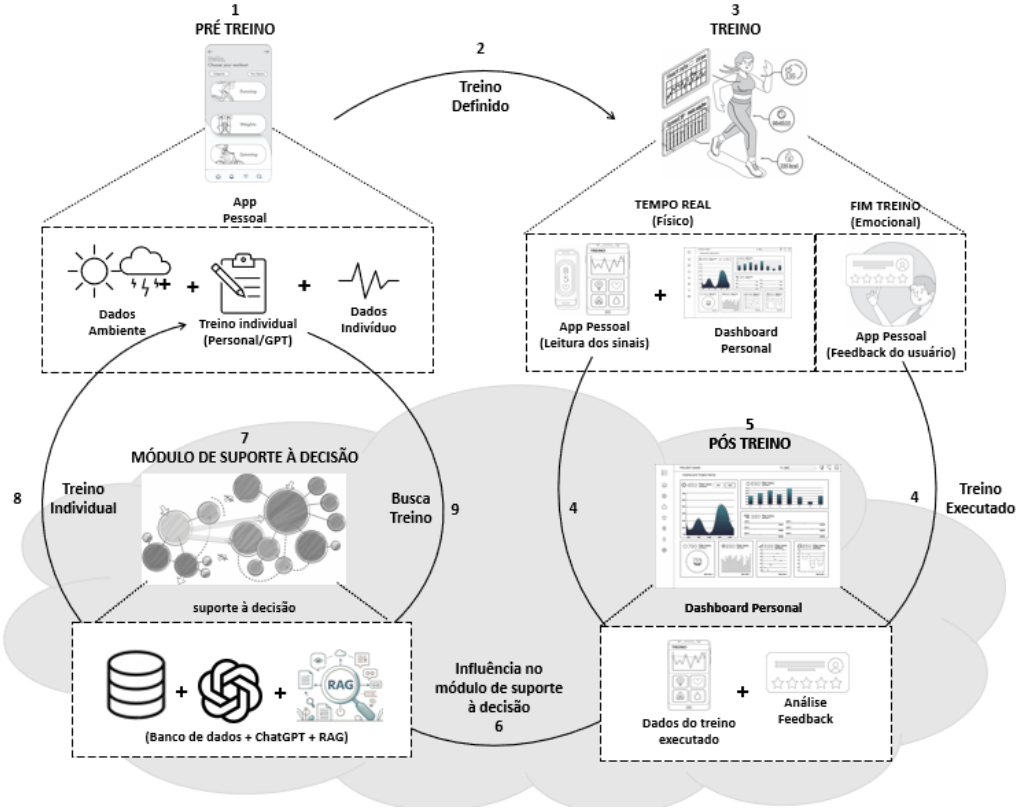
Item	Elemento no modelo conceitual	Elemento no cenário de avaliação	Descrição
1	**Status Antes da Tarefa**	**Pré-Treino**	No Pré-treino, o sistema recebe um treino individual baseado no módulo de suporte à decisão. Esse treino é sugerido levando em consideração quem é a aluna, a qual grupo pertence e experiências anteriores de outras alunas para aprimorar a sugestão. Antes da execução, o treino individual é analisado junto aos dados do ambiente e do indivíduo para verificar se deve ser executado conforme sugerido.
2	**Tarefa Escolhida**	**Treino Escolhido**	O treino escolhido é aquele que será efetivamente executado pela aluna, considerando a análise prévia do treino individual, os dados do ambiente e do indivíduo.
3	**Status Durante a Tarefa**	**Treino**	Durante a execução, o treino escolhido é continuamente avaliado com base nos dados do ambiente e do indivíduo. Se as condições são favoráveis, o treino prossegue até o final. Caso contrário, ajustes ou interrupções podem ser necessários se os dados sugerirem que as condições não são adequadas para a continuação.
4	**Tarefa Executada**	**Treino Executado**	Este elemento descreve o treino conforme foi realizado, incluindo possíveis alterações ou interrupções que ocorreram durante sua execução.
5	**Status Depois da Tarefa**	**Pós-Treino**	Este status envolve o feedback completo sobre a execução do treino. Inclui avaliações sobre o treino executado e a percepção e satisfação do indivíduo quanto ao processo e resultado.
6	**Influência no Domínio de Conhecimento**	**Influência no Domínio de Conhecimento**	Corresponde aos dados com potencial para influenciar ou alterar o domínio de conhecimento.
7	**Domínio de Conhecimento**	**Domínio de Conhecimento**	Refere-se à representação do conhecimento da área de treinamento físico que alimentará o sistema enativo. O domínio de conhecimento determina quais conceitos, relações e regras são relevantes e devem ser considerados.

Item	Elemento no modelo conceitual	Elemento no cenário de avaliação	Descrição
8	**Tarefa Padrão**	**Treino Individual**	Refere-se ao treino sugerido pelo domínio de conhecimento, levando em consideração as características da aluna.
9	**Busca Tarefa**	**Busca Treino**	Refere-se à solicitação de um novo treino individual para atender as necessidades ou preferências da aluna ao realizar a treino.

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

No cenário de teste põe-se a possibilidade de fazer com que uma aplicação, capaz de analisar a base de conhecimento com treinos de atividade física, condições climáticas, características físicas e preferências das alunas, faça a avaliação inteligente e o monitoramento da atividade física de suas alunas. Com base em características desejáveis de sistemas enativos e sociais, as sugestões do sistema devem ser influenciadas tanto pelas escolhas da aluna, bem como por treinos anteriores. A Figura 12 ilustra a representação esquemática do protótipo de sistema *GymGuardian*.

Figura 12 - Representação esquemática do sistema enativo de treino – Processo online.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A Figura 12 ilustra a compreensão do modelo, considerando o cenário onde um *personal trainer* faz o acompanhamento da prática de atividade física para diversas alunas. Cada aluna tipicamente fornece as informações de sua anamnese. Para tanto, deve-se informar as características pessoais e objetivos com o treino. Essas informações dão origem ao perfil dos alunas e são fundamentais para selecionar o grupo de pessoas, com características e objetivos próximos, que influenciarão um treino sugerido.

A solução proposta neste trabalho possui 3 elementos principais:

i) App Pessoal: O aplicativo pessoal para celular será usado pelas alunas, antes durante e depois do treino. A partir dele será possível conectar-se com uma smartband, modelo Xiomi Mi Band 6, que será usada para a captação dos sinais antes e durante o treino. Ao finalizar seu treino, a aluna deve dar um feedback da experiencia que teve ao realizar a atividade física.

ii) *Dashboard Personal*: o *dashboard* estará disponível para que o *personal trainer* possa acompanhar de forma síncrona ou assíncrona a execução dos treinos por suas alunas.

iii) Módulo de suporte à decisão: corresponde à base de dados que alimenta o App pessoal e o *dashboard* do *personal*. Esta base de conhecimento é utilizada para aprimorar os *prompts* e será acessível via RAG.

Considerando que o monitoramento do treino é feito de maneira ativa por meio do sistema enativo, o acompanhamento da execução da atividade física não precisa ser feito no mesmo ambiente físico e nem de maneira síncrona. O sistema deve ser capaz de detectar situações adversas que necessitem de intervenções e tomar decisões coerentes. A descrição apresentada a seguir leva em consideração o uso do sistema enativo online, ou seja, por dispositivos que estejam conectados à Internet:

- Considere uma aluna que precisa fazer atividade física monitorada. Ao abrir um novo treino, o app recebe a sugestão de treino (Treino Individual, item 8) do módulo de suporte à decisão.
- As alunas, ao receberem um treino novo, terão a possibilidade de aceitar ou alterar (Busca Treino, item 9) as sugestões de exercícios propostos. Como consequência, o grau de seletividade de cada atividade deve ser recalculado,

aumentando (caso a aluna aceite) ou diminuindo (caso a aluna recuse), para o grupo ao qual aquela aluna pertence. Essas informações serão enviadas para a base de conhecimento.

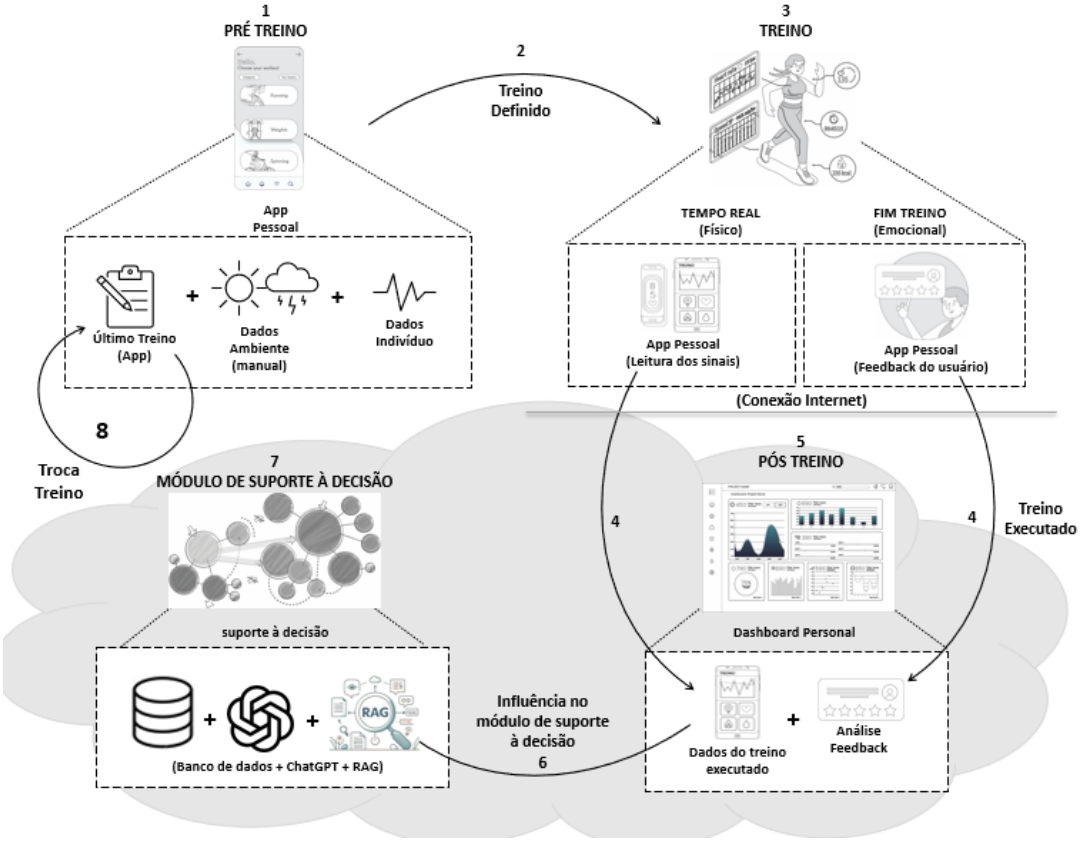
- Ainda antes de iniciar a atividade física (Pré-treino, item 1), o sistema enativo recebe do banco de dados a tarefa a ser executada (Treino Individual, item 8), coleta dados da aluna e do ambiente onde o treino será executado e o sistema avalia automaticamente se a execução da atividade física nessas condições é favorável. Essa decisão é tomada com base no tipo de exercício que deve ser realizado e condições climáticas ou de acordo com os limites estabelecidos na literatura como "seguros" para gestantes. Caso seja considerado favorável, a tarefa padrão será executada (Treino Escolhido, item 2). Se a realização da atividade não for considerada adequada, seja pela análise dos dados da aluna e do ambiente em relação ao treino selecionado ou para atender às preferências da aluna, o sistema enativo deve buscar um novo Treino Individual (Busca Treino, item 9) no módulo de suporte à decisão (item 7).
- No caso da solicitação de um novo treino, ao receber a sugestão do novo treino individual, o item 1 (Pré-Treino), o processo de avaliação da coerência da atividade física sugerida, em relação às características da aluna e do ambiente, será executado novamente.
- Uma vez definida qual atividade física será executada (Treino Escolhido, item 2), o sistema enativo fará o monitoramento de sua execução (Treino, item 3). Para tanto, deve colher dados em tempo real da aluna e do ambiente em que a tarefa é executada e analisar continuamente se é viável continuar sua execução. Se as condições de execução da tarefa permanecerem adequadas, a execução da atividade física prosseguirá até o final. Caso o sistema identifique aspectos inadequados para a continuidade da execução do treino, ele deve intervir.
- As informações do treino executado (Treino Executado, item 4), finalizada ou não, serão posteriormente avaliadas pelo sistema enativo (Pós-Treino, item 5). Nessa avaliação, serão consideradas as informações da atividade física executada e a satisfação da aluna em relação à execução dela. No caso de um resultado de avaliação positivo, a atividade sugerida influenciará positivamente

no módulo de suporte à decisão (Influência no domínio de conhecimento, item 6), aumentando a probabilidade de aquele tipo de exercício ser sugerido novamente. Caso o resultado da avaliação seja negativo, isso influenciará negativamente o domínio de conhecimento (Influência no domínio de conhecimento, item 6), ou seja, diminuirá a probabilidade de aquele tipo de exercício ser sugerido novamente.

- Dessa forma, ao iniciar novamente o processo de execução de outro treino (Pré-Treino, item 1), o sistema enativo receberá uma sugestão de Treino Individual que considera o resultado da avaliação feita anteriormente (Influência no módulo de suporte à decisão, item 6).

No processo proposto, deve ser possível usar o sistema enativo de monitoramento de atividade física mesmo que o sistema não esteja conectado à Internet. A Figura 13 ilustra o processo que permite o uso do sistema *offline*, organizado em 8 elementos.

Figura 13 - Representação esquemática do sistema enativo de treino – Processo *offline*.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A Figura 13 descreve a utilização do sistema enativo em modo *offline*, isto é, por dispositivos que não estão conectados à Internet no momento da execução da atividade física:

- Considere o monitoramento da atividade física, por meio do sistema enativo, quando não há conexão com a internet. O processo de execução (Figura 13) inicia-se considerando o último treino individual executado, a inserção manual dos dados do ambiente e a captação dos dados da aluna (Pré-treino, item 1). Caso o último treino executado não seja considerado adequado pelo sistema, levando em conta os dados do ambiente e da aluna, ou caso a aluna tenha preferência por outro tipo de atividade física, será feita a alteração dou treino individual por outro previamente definido no sistema (Troca Treino, item 8). No caso de solicitação de um novo treino, ao receber a sugestão do novo Treino Individual, o item 1 (Pré-Treino), o processo de avaliação da coerência da atividade física sugerida, em relação às características da aluna e do ambiente, será executado novamente.
- Uma vez definido qual treino será executado (Treino Escolhido, item 2), o sistema enativo fará o monitoramento de sua execução (Treino, item 3). O sistema deve coletar dados em tempo real da aluna e analisar continuamente se é viável prosseguir com a atividade física. Se as condições forem adequadas, a atividade continua até o fim. Caso contrário, se identificar condições inadequadas, o sistema deve intervir, alertando a aluna sobre a necessidade de modificar ou interromper a atividade para garantir segurança no exercício.
- As informações da atividade física executada (Treino Executado, item 4), finalizada ou não, ficarão armazenadas localmente no sistema enativo *offline*. Posteriormente, quando o sistema estiver online, as informações armazenadas (Treino Executado, item 4) devem ser enviadas ao módulo de avaliação do sistema enativo (Pós-treino, item 5). Neste processo de avaliação, serão levadas em conta as informações da atividade física realizada e o grau de satisfação da aluna com relação a sua execução. Se o resultado da avaliação for positivo, o treino recomendado terá um impacto positivo no módulo de suporte à decisão (Influência no módulo de suporte à decisão, item 6), aumentando a chance desse tipo de atividade ser recomendada no futuro. Por outro lado, se o resultado da

avaliação for negativo, isso terá um impacto negativo no módulo de suporte à decisão (Influência no módulo de suporte à decisão, item 6), reduzindo a probabilidade desse exercício ser sugerido novamente.

- Dessa forma, ao reiniciar o processo de execução de outra atividade física (Pré-treino, item 1), quando o dispositivo estiver online, o sistema enativo receberá uma sugestão de treino individual do Módulo de suporte à decisão (item 7) que leva em conta o resultado da avaliação anterior (Influência no módulo de suporte à decisão, item 6). Caso o sistema esteja *offline* novamente, o processo descrito anteriormente (Figura 13) se repetirá.

No tópico a seguir serão apresentados os métodos e materiais usados para o desenvolvimento do protótipo de teste GymGuardian, que foi desenvolvido considerando a representação proposta neste tópico e que será usado para a coleta de dados deste trabalho.

3.2.3 Desenvolvimento do Sistema GymGuardian

A fim de avaliar a solução proposta neste trabalho, foi construído um protótipo para um cenário simplificado de sistema de sugestão e monitoramento de atividade física. Este protótipo, denominado GymGuardian, contou com a colaboração técnica de um *personal trainer* especializado na criação de treinos individuais.

Como o sistema funciona: a participante acessa um aplicativo em seu smartphone e, durante suas sessões regulares de atividade física com seu *personal trainer*, utiliza uma *smartband* para monitorar e coletar dados. Durante as aulas, os dados capturados pela *smartband* são enviados em tempo real, via internet, para a plataforma do sistema enativo. Após a coleta, os dados são analisados pela plataforma para avaliar o *feedback* do sistema em relação ao comportamento da participante durante a atividade física.

3.2.3.1 Modelagem de Requisitos do Sistema GymGuardian

A modelagem de sistema envolve a criação de representações abstratas de um sistema, onde cada modelo oferece uma visão ou perspectiva distinta. Geralmente, essa modelagem é

feita por meio de notações gráficas, com a UML (Linguagem de Modelagem Unificada) sendo amplamente utilizada nos dias de hoje (SOMMERVILLE, 2011).

Antes de começar o desenvolvimento do aplicativo, foi realizada a fase de levantamento e análise dos requisitos de software. Conforme Sommerville (2011), os requisitos de um sistema descrevem suas funções, os serviços oferecidos e as limitações em seu funcionamento, baseando-se nas necessidades dos clientes para atingir um objetivo específico. A engenharia de requisitos envolve identificar, analisar, registrar e validar essas funções e restrições. Os requisitos de um sistema podem ser classificados em Requisitos Funcionais e Requisitos não Funcionais:

- Requisitos Funcionais: os requisitos funcionais descrevem os serviços que o sistema deve oferecer, como ele deve responder a entradas específicas e seu comportamento em diferentes situações. Em algumas circunstâncias, esses requisitos também podem indicar ações que o sistema não deve realizar (SOMMERVILLE (2011).
- Requisitos Não Funcionais: os requisitos não funcionais referem-se a características ou qualidades que o produto precisa apresentar para ser considerado aceitável pelo seu proprietário e operador. Muitas vezes, esses requisitos, que incluem aspectos como desempenho, estética, usabilidade, segurança e conformidade legal, são essenciais para o êxito do produto (ROBERTSON; ROBERTSON, 2013).

Para atender às necessidades do modelo e cenário de teste proposto neste trabalho, foram levantados requisitos do sistema enativo de monitoramento de atividade física. Esses requisitos podem ser divididos em requisitos funcionais e não funcionais (Tabela 9). As fichas de requisitos funcionais e não funcionais estão disponíveis para eventuais consultas no Apêndice B.

Tabela 9 - Tabela de identificação dos requisitos funcionais e não funcionais do sistema GymGuardian.

Id. do Requisito	Tipo de Requisito	Caso de Uso Vinculado	Descrição
RF001	Funcional	DCU01	Requisito Cadastrar Aluna.
RF002	Funcional	DCU02	Requisito Treino
RF003	Funcional	DCU03	Requisito Execução do Treino.

RF004	Funcional	DCU03	Requisito Detalhes da Atividade.
RF005	Funcional	DCU04	Requisito Histórico de Treinos.
RF006	Funcional	DCU04	Requisito Finalizando Treinos.
RF007	Funcional	DCU04	Requisito Avaliando Treinos.
RNF001	Não Funcional	DCU01	Requisito Login.
RNF002	Não Funcional	Não se aplica	Requisito Banco de Dados.
RNF003	Não Funcional	Não se aplica	Requisito API Temperatura.
RNF004	Não Funcional	Não se aplica	Requisito API Relógio.

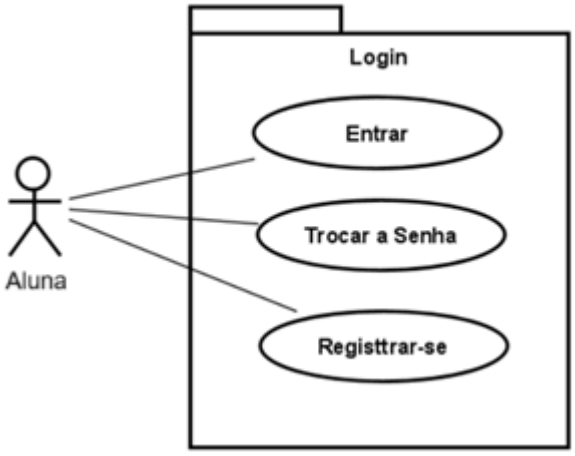
Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Além da definição dos requisitos, para demonstrar como o sistema interage com o usuário, foram criados diagramas de caso de uso e diagramas de classe.

O diagrama de caso de uso tem como objetivo fornecer uma visão geral externa das funcionalidades que o sistema oferecerá aos usuários, sem se aprofundar em como essas funcionalidades serão implementadas. Este diagrama utiliza uma linguagem simples e clara para que os usuários possam entender como o sistema funcionará. Ele visa identificar os atores, como usuários, outros sistemas ou até mesmo dispositivos especiais, que interagirão com o software ou se beneficiarão de seus serviços (GUEDES, 2018). A seguir podem ser vistos os diagramas de casos de uso do aplicativo proposto. Cada diagrama de caso de uso se refere a praticamente uma interface do aplicativo.

A Figura 14 ilustra o diagrama de caso de uso da interface de *login* do aplicativo. Na interface de *login*, o ator que interage como o sistema é a aluna. Ele pode acessar as funcionalidades que permitem entrar no aplicativo, trocar sua senha ou registrar-se, caso não esteja cadastrado.

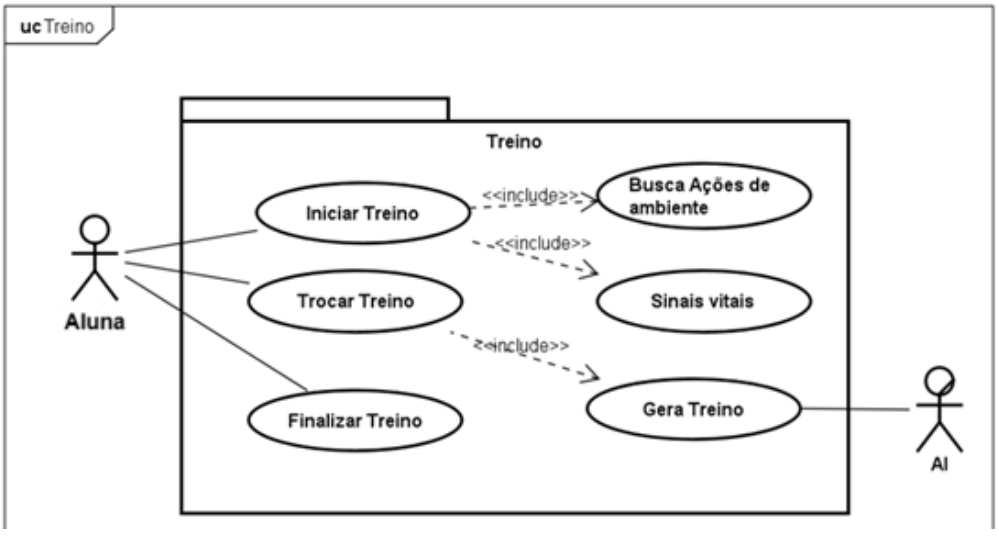
Figura 14 - Diagrama de Caso de uso da interface de *login* do aplicativo.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Já a Figura 15 mostra o diagrama de caso de uso da interface de pré-treino do aplicativo. Nesta interface tem-se dois atores que podem interagir com o sistema. O ator aluna pode acessar as funcionalidades que permitem iniciar, trocar ou finalizar um treino. A opção iniciar o treino aciona a interface de execução de treino. A opção de trocar treino aciona a rotina de gerar um treino novo pela inteligência artificial, o segundo ator que atua nessa interface. E a opção de finalizar aciona a interface de avaliação do treino. Para que o treino seja iniciado, obrigatoriamente é necessário fornecer, manualmente ou automaticamente, as informações do ambiente e os sinais vitais da aluna.

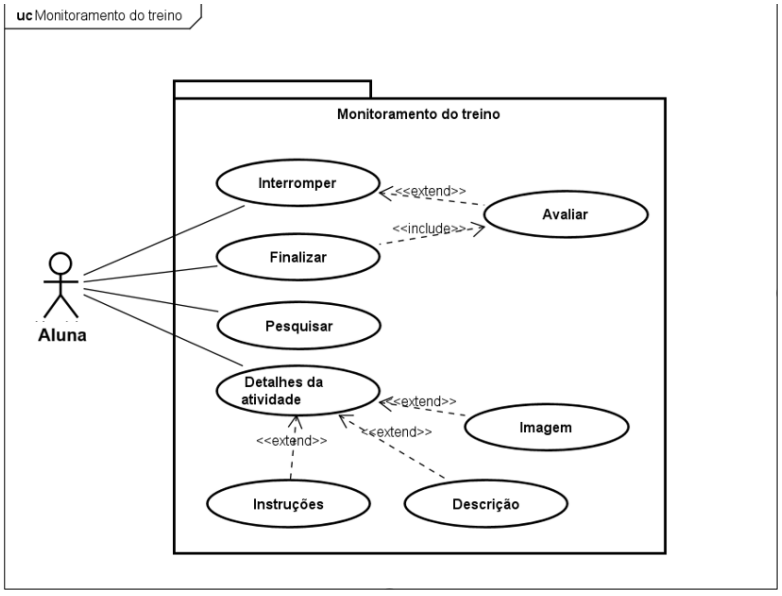
Figura 15 - Diagrama de Caso de uso da interface de Pré-treino.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Por fim, na Figura 16 tem-se o diagrama de caso de uso da interface de monitoramento do treino. Nesta interface o ator Aluna pode interagir com o sistema acessando as funcionalidades que permitem interromper ou finalizar uma atividade, pesquisar exercícios ou ver detalhes da atividade física selecionada. Caso a aluna interrompa a execução de uma atividade física, opcionalmente, pode avaliar seu treino. Caso finalize o treino, obrigatoriamente deverá avaliá-lo. Os itens pesquisar atividade física e detalhes da atividade física também são acionados opcionalmente.

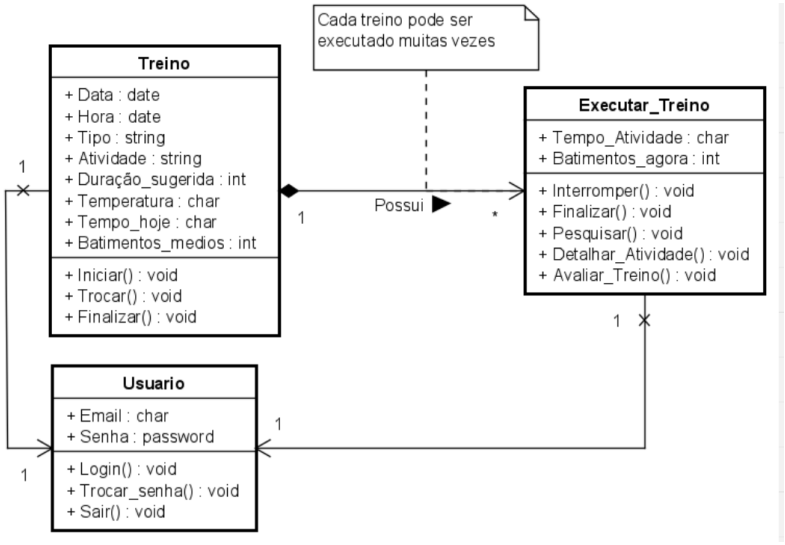
Figura 16 - Diagrama de Caso de uso da interface de treino.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

De acordo com Guedes (2018), o diagrama de classes permite a visualização das classes que irão compor o sistema com seus respectivos atributos e métodos, bem como em demonstrar como as classes do diagrama se relacionam, complementam e transmitem informações entre si. Esse diagrama apresenta uma visão estática de como as classes estão organizadas, preocupando-se em como definir a estrutura lógica delas. A Figura 17 ilustra o diagrama de classes do aplicativo usado na coleta de dados.

Figura 17 - Diagrama de classes do Aplicativo.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

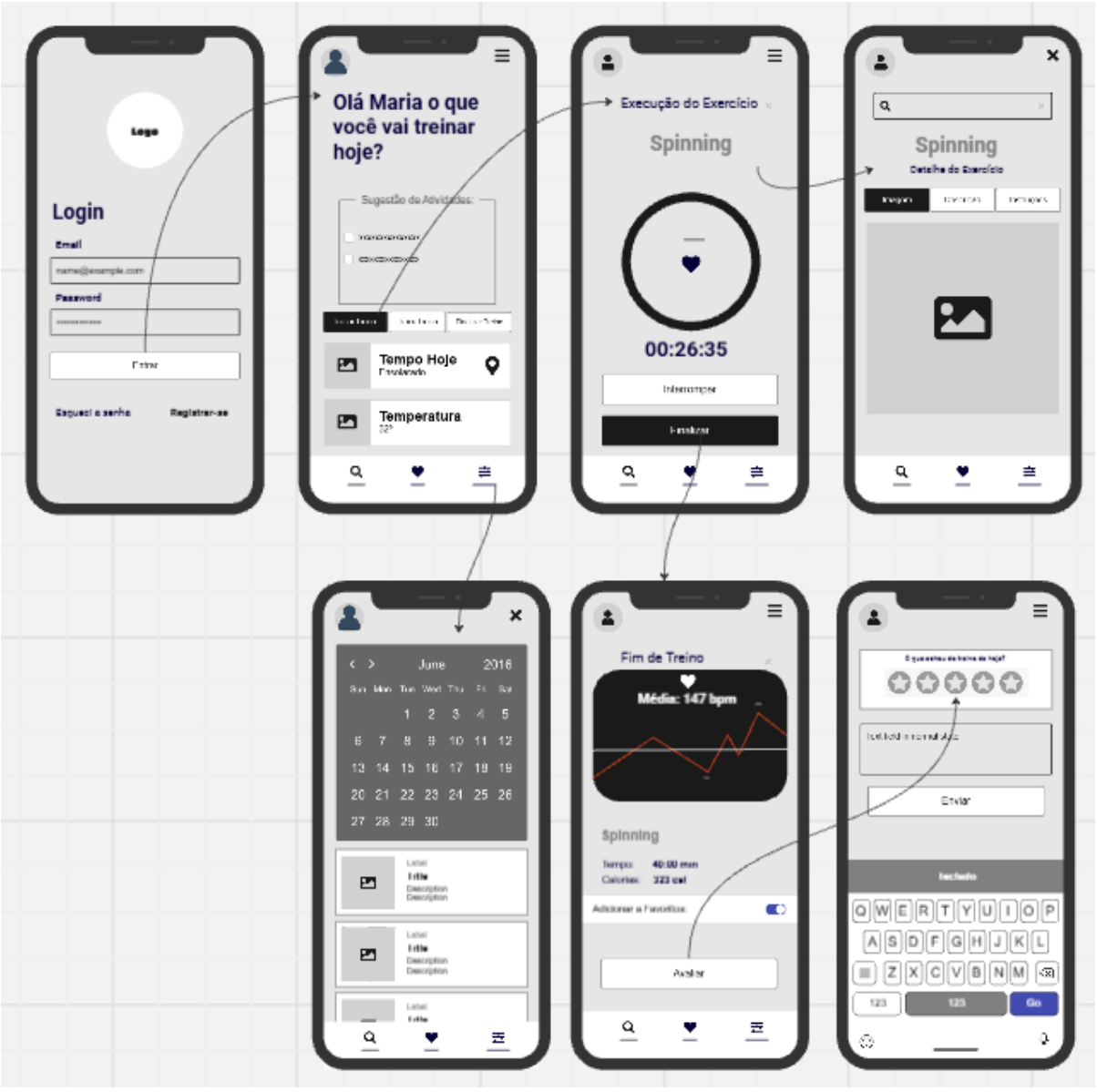
3.2.3.2 Design de protótipos de baixa fidelidade do GymGuardian

A fim de testar os conceitos e validar as ideias iniciais de desenvolvimento, primeiramente, optou-se pelo desenvolvimento do protótipo de baixa fidelidade do sistema enativo, que estão ilustradas nas Figuras 18 a 24.

Os protótipos de baixa fidelidade deste trabalho foram construídos com o auxílio da ferramenta Miro. O Miro é uma ferramenta online que oferece várias funcionalidades úteis para a execução de atividades como *brainstorming*, planejamento de projetos, criação de organogramas, e mapeamento de informações e protótipos de baixa fidelidade. Em relação ao desenvolvimento de protótipos de baixa fidelidade, o Miro permite criar *wireframes* que combinam *layouts* de múltiplas telas com fluxogramas, ajudando a visualizar como os usuários interagem com o produto (MIRO, 2024).

Na Figura 18 tem-se uma visão geral das principais telas do aplicativo, sequência de ações e a relação entre elas.

Figura 18 - Wireframe das principais interfaces do App.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

A Figura 19 ilustra a interface de *login* do aplicativo. A partir desta interface, o usuário aluna pode registrar-se, recadastrar sua senha ou entrar no aplicativo e acessar as funcionalidades de treino.

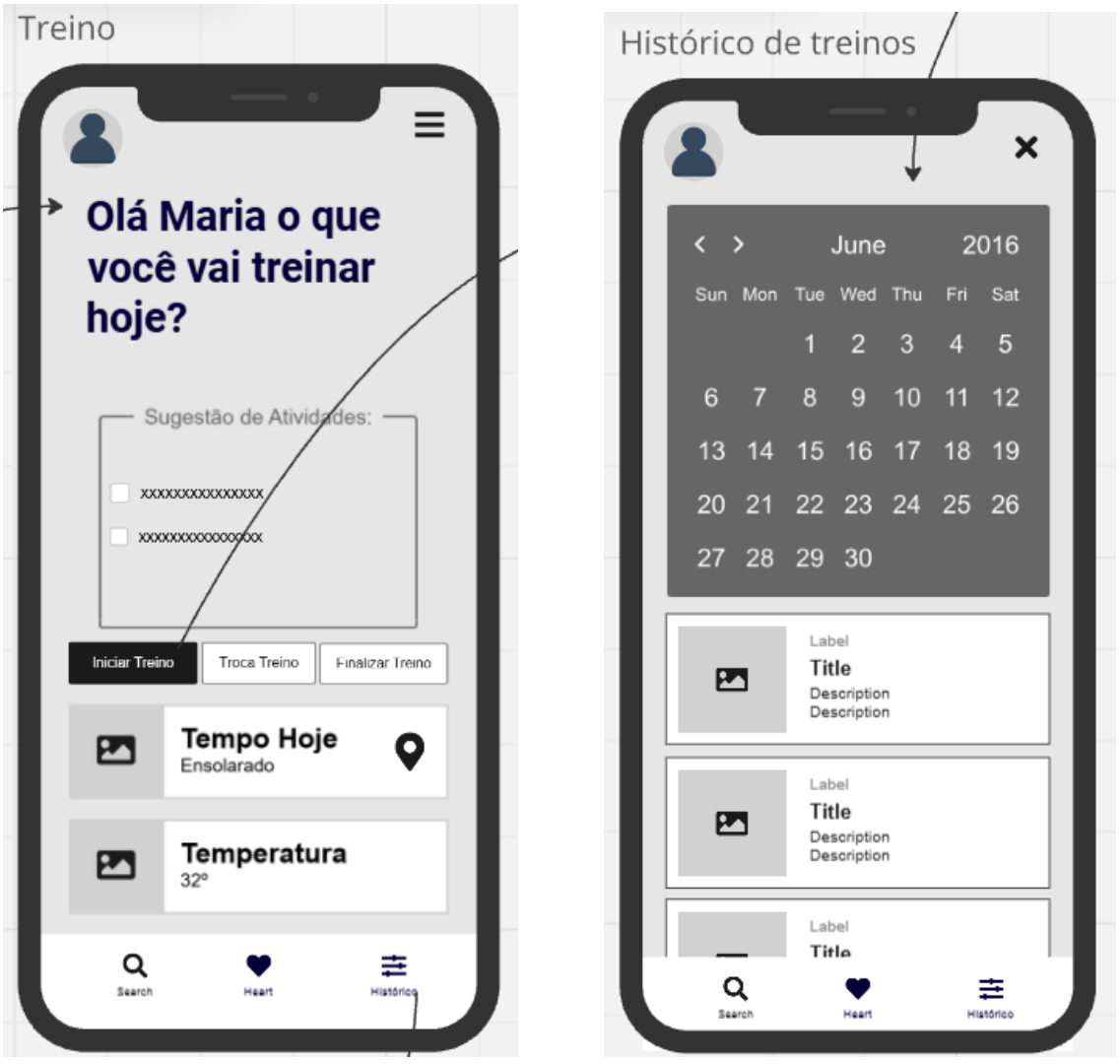
Figura 19 - Protótipo de baixa fidelidade da tela de *login*.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Assim que efetuar *login* no aplicativo, a aluna tem acesso à interface de configuração do pré-treino, conforme a Figura 20(a). Se o app estiver *offline*, a sugestão de atividade corresponde ao último treino realizado. Caso o aplicativo esteja conectado à internet, a sugestão de atividade é feita pelo sistema enativo, levando em consideração as preferências, características e treinos anteriores da aluna. Esta interface se conecta à *smartband*, colhe os sinais da aluna e exibe também informações sobre o tempo na localidade em que o usuário se encontra. Se a sugestão de atividade não for considerada adequada às condições da aluna ou do tempo, o aplicativo sugere a troca da atividade. A nova sugestão de atividade física é gerada pela IA, de acordo com as características e necessidades da aluna. Ainda na interface de pré-treino, Figura 20(a), encontra-se um ícone para acessar a interface de histórico de treinos da aluna logado no sistema, Figura 20(b). No histórico é possível localizar os treinos por dias específicos, através do calendário ou da lista de últimos treinos disponível nesta interface.

Figura 20 - Protótipo de baixa fidelidade das interfaces de pré-treino (A - esquerda) e Histórico de treinos (B - direita).



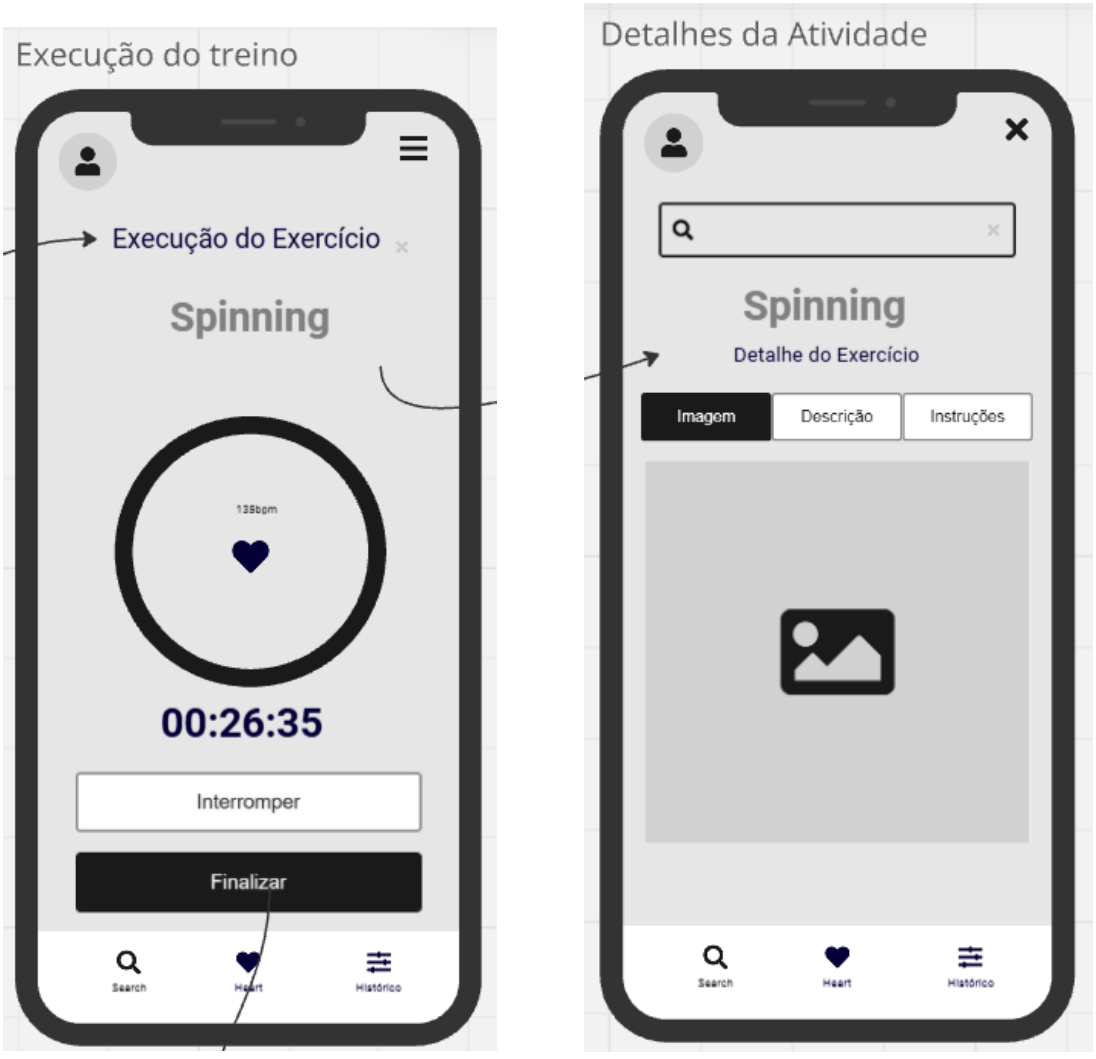
(A) **(B)**

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Uma vez definido o treino que será executado, para iniciar o monitoramento da atividade física, a aluna deve clicar no botão "Iniciar Treino" na interface de pré-treino, conforme ilustrado na Figura 20(a). Em seguida, a interface de execução do treino será carregada, Figura 21(a). Na interface de monitoramento, Figura 21(b), é possível visualizar qual exercício está sendo monitorado, a frequência cardíaca durante a atividade física e o tempo de execução. Nesta interface, a aluna pode acessar os detalhes do exercício, conforme Figura 21(b). Caso não se

sinta bem ou motivado para continuar a atividade física, ele pode interromper a execução do exercício ou, caso já tenha terminado a atividade proposta, clicar em "Finalizar".

Figura 21 - Protótipo de baixa fidelidade das interfaces Monitoramento do exercício (esquerda) e Detalhes do exercício (direita).



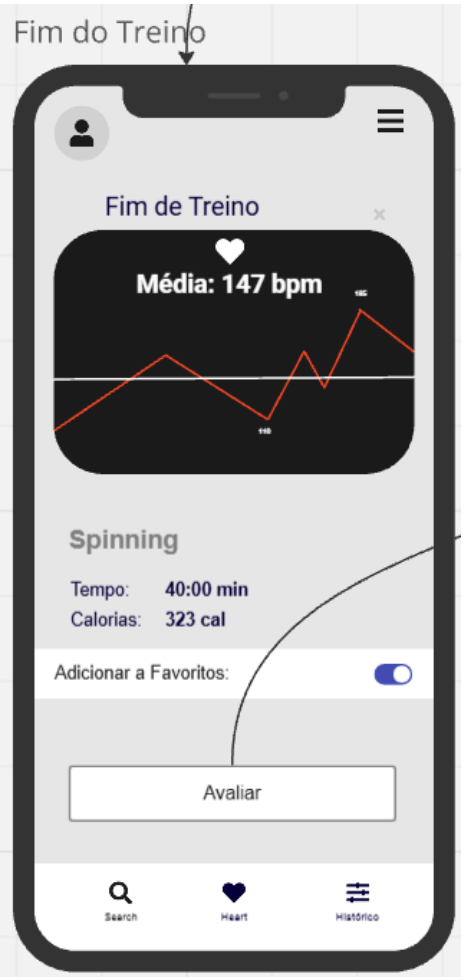
(A) **(B)**

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Depois de executar todas as atividades propostas em seu treino, a aluna deve finalizar o treino clicando no botão "Finalizar", conforme mostrado na Figura 20(a). Ao finalizar o treino, a interface de fim de treino, Figura 22, será carregada. Nesta interface, é possível visualizar informações gerais do treino realizado, favoritar as atividades que foram executadas caso deseje que esses exercícios entrem na sua lista de preferências para influenciar o sistema enativo. Além

disso, ao clicar no botão "Avaliar", é acionada a função de avaliação do treino, permitindo fornecer *feedback* ao *personal* e ao sistema sobre a atividade física realizada.

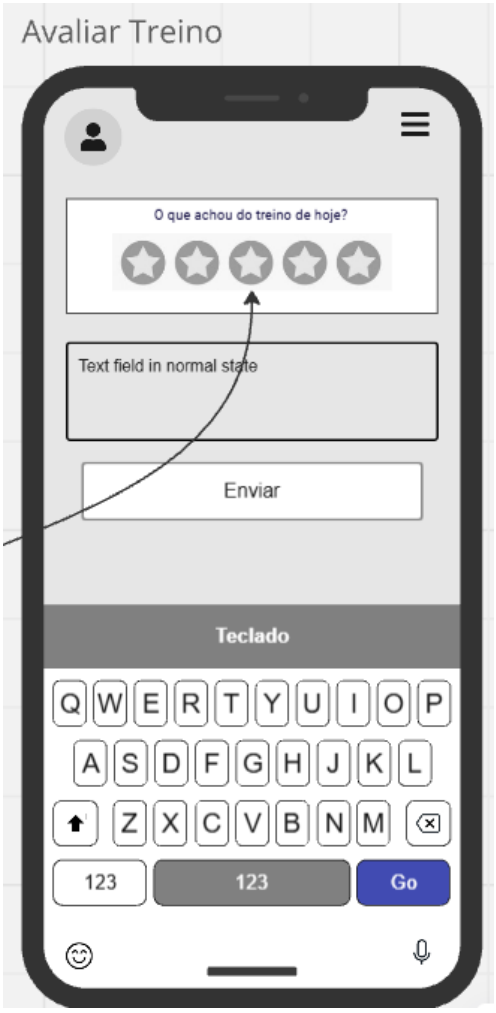
Figura 22 - Protótipo de baixa fidelidade da interface de informações treino realizado.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Na interface de avaliação do treino, Figura 23, a aluna avalia a execução, física e/ou motivacional, de seu treino usando uma escala Likert de 5 pontos. Na escala Likert, as notas 1 e 2 são consideradas negativas, 4 e 5 são positivas, e 3 é neutra. Além disso, a aluna tem à disposição uma caixa de texto para fornecer detalhes adicionais que justifiquem sua avaliação do treino.

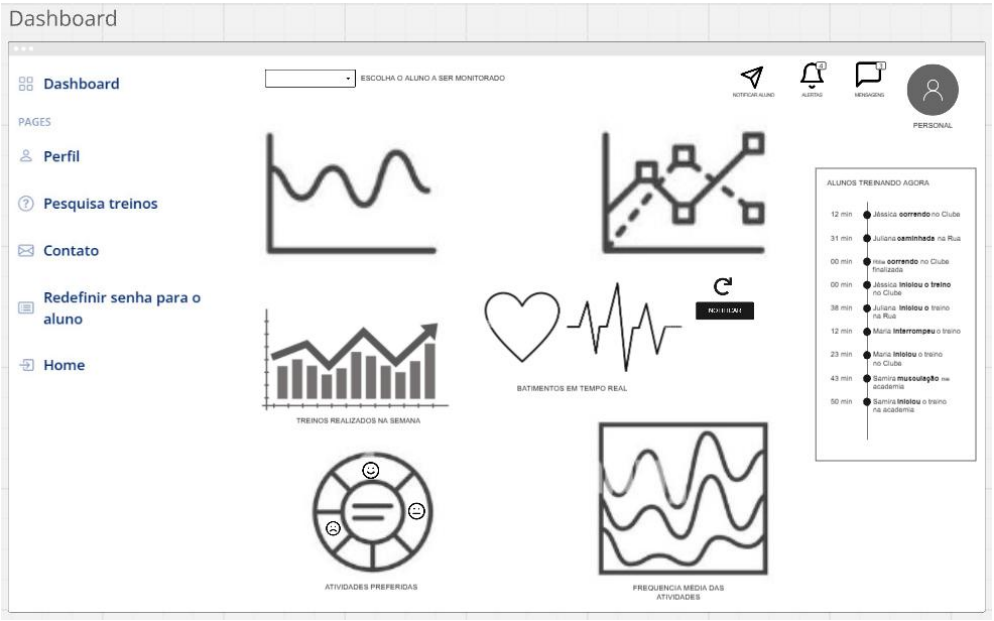
Figura 23 - Protótipo de baixa fidelidade da interface de avaliação do treino.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Todas as informações dos treinos em execução, treinos finalizados e *feedbacks* das alunas são enviadas ao *dashboard* do sistema enativo, representado pela Figura 24. Isso permite que o *personal trainer* acompanhe de forma síncrona ou assíncrona a execução dos treinos por suas alunas.

Figura 24 - Protótipo de baixa fidelidade da interface do *dashboard* do Personal.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

3.2.3.3 Desenvolvimento do Protótipo GymGuardian

Para a implementação do protótipo, optou-se por tecnologias voltadas para a plataforma web. Considerando que a solução necessita de módulos para uso em dispositivos móveis — no caso da aplicação usada pela aluna que pratica atividade física — e na web — no caso do *dashboard* utilizado pelo profissional responsável pelo acompanhamento dos treinos realizados, optou-se pela tecnologia PWA. Essa abordagem permite que o módulo da aluna se comporte como um aplicativo nativo, podendo ser acessado diretamente pelo navegador ou instalado na tela inicial do dispositivo. Além disso, oferece funcionalidades como suporte a notificações, operação em modo *offline*, carregamento otimizado e execução em tela cheia, sem necessidade de instalação via loja de aplicativos.

Para o desenvolvimento do módulo voltado à aluna, a interface foi construída com base nas tecnologias HTML, CSS e JavaScript, permitindo a criação de uma aplicação web responsiva, leve e adaptável a diferentes dispositivos. O HTML foi utilizado para estruturar o conteúdo da aplicação, organizando os elementos fundamentais da interface. O CSS foi responsável por definir a camada visual da aplicação, garantindo a personalização estética por

meio do controle de cores, tipografias, espaçamentos e *layout*. Já o JavaScript conferiu à aplicação o comportamento dinâmico necessário, com suporte à interação em tempo real, manipulação de eventos e consumo de APIs externas, fundamentais para a experiência personalizada durante a execução dos treinos. O aplicativo desenvolvido consumirá dados de três fontes distintas: i) Supabase, um banco de dados hospedado na nuvem; ii) Weather API: API de geolocalização e clima, que fornece dados de previsão do tempo e condições climáticas atuais para uma localização; e iii) API SmartBand (miband-6-heart-rate-monitor): usada para conectar à SmartBand e colher os sinais do indivíduo durante o treino.

O desenvolvimento da lógica de negócio no lado do servidor foi realizado com o uso da linguagem PHP, amplamente adotada em projetos web por sua flexibilidade, desempenho e fácil integração com bancos de dados. O PHP foi utilizado para tratar requisições dinâmicas, processar os dados recebidos pela aplicação, realizar a comunicação com o banco de dados e retornar respostas em formato estruturado. A escolha dessa linguagem também considerou sua portabilidade, suporte a múltiplos ambientes de hospedagem e compatibilidade com a arquitetura do projeto, além da facilidade de integração com o banco de dados Supabase.

Para o desenvolvimento da solução utilizada pelo *personal trainer* para monitorar as atividades das alunas, foi desenvolvido um *dashboard* web interativo, com base nas mesmas tecnologias: HTML para a estrutura, CSS para a estilização, JavaScript para a interatividade e PHP no backend para consulta e manipulação dos dados. O *dashboard* permite visualizar gráficos, listas de treinos e indicadores de desempenho em tempo real, com atualização automática de dados por meio da integração com o banco de dados.

Por fim, o backend da solução desenvolvida nesta pesquisa foi estruturado com base na integração de três ferramentas principais: i) Supabase, ii) n8n e iii) ChatGPT (OpenAI). Cada uma dessas tecnologias desempenha um papel específico e complementar na arquitetura da aplicação, permitindo a implementação de uma camada de suporte à decisão robusta, dinâmica e adaptada às necessidades de personalização do sistema.

i) O Supabase foi adotado como sistema de gerenciamento de banco de dados relacional, por ser uma plataforma com suporte nativo a operações em tempo real (*realtime*). Além de armazenar os dados cadastrais dos usuários, anamneses, preferências, restrições e registros históricos de atividades físicas, o Supabase também foi utilizado como base vetorial. Por meio da técnica de RAG, os dados

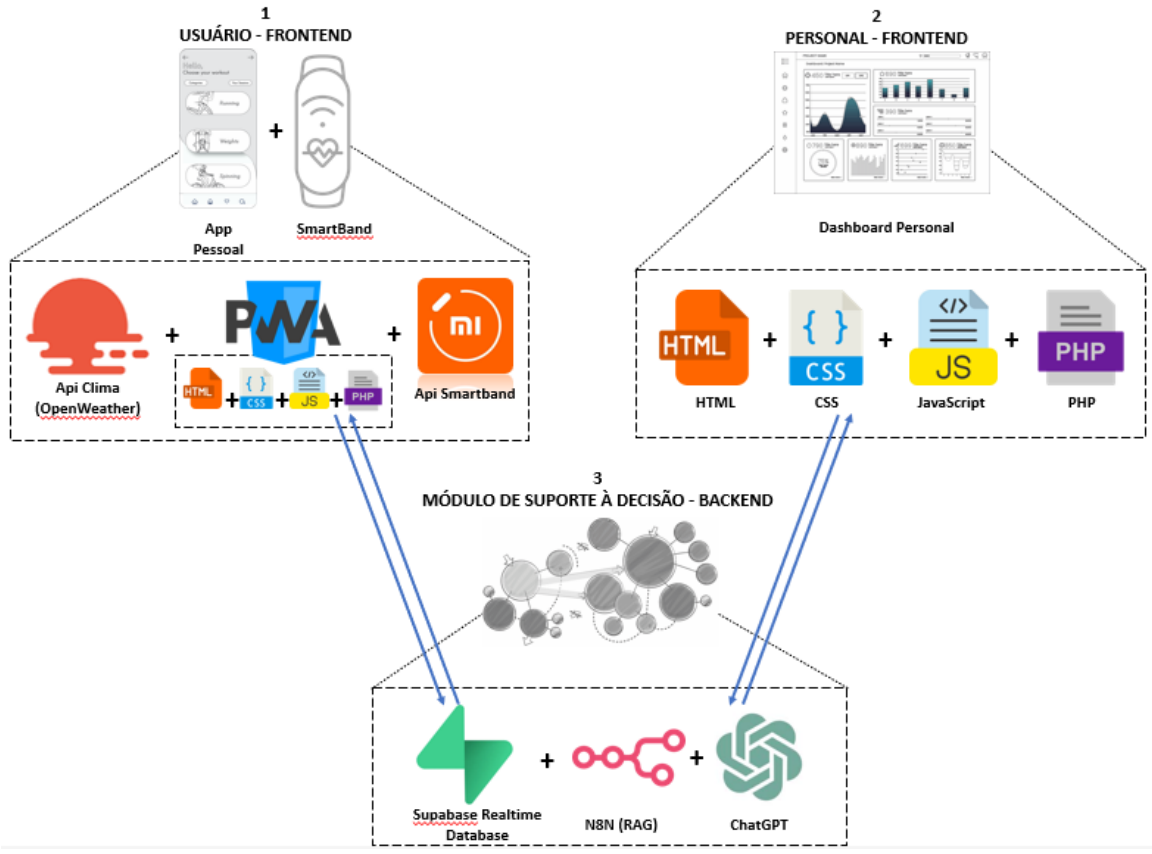
textuais armazenados foram transformados em *embeddings* semânticos, possibilitando consultas por similaridade durante a geração de respostas personalizadas. Esse processo tornou as interações com o modelo de linguagem mais contextualizadas, relevantes e ajustadas às características individuais das alunas.

ii) Complementando essa estrutura, o n8n foi empregado como ferramenta de automação de fluxos, atuando como orquestrador da lógica entre as diferentes etapas do sistema. Ele foi responsável por coletar os dados das alunas em tempo real a partir do Supabase, organizar essas informações, gerar e armazenar os vetores semânticos, consultar o *vetor store* com base em *prompts* dinâmicos e encaminhar os resultados ao modelo de linguagem. Sua interface visual e capacidade de integrar múltiplos serviços permitiram o desenvolvimento de uma solução escalável e de fácil manutenção, facilitando inclusive eventuais expansões do sistema.

iii) Por fim, o ChatGPT, modelo de linguagem de grande escala desenvolvido pela OpenAI, foi integrado ao fluxo por meio de sua API oficial. Ele foi acionado dentro do fluxo automatizado para processar os dados recuperados e gerar os treinos personalizados com base no contexto do usuário.

A Figura 25 ilustra a representação esquemática das tecnologias utilizadas no desenvolvimento da solução GymGuardian, destacando a integração entre *frontend*, *backend* e os principais serviços adotados.

Figura 25 - Representação esquemática das tecnologias usadas para o desenvolvimento da solução.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A integração entre Supabase, n8n e ChatGPT, estruturada sob o paradigma RAG, permitiu que a geração textual ocorresse de forma precisa, responsiva e adequada às necessidades individuais, consolidando o sistema GymGuardian como uma solução inteligente e centrada no usuário. Essa arquitetura foi complementada por interfaces frontend interativas, desenvolvidas com HTML, CSS e JavaScript, que possibilitam tanto à aluna quanto ao *personal trainer* uma experiência fluida, acessível e adaptada a múltiplos dispositivos.

4. RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO PROCESSO NO DESENVOLVIMENTO DO GYMGUARDIAN

Este capítulo apresenta os principais resultados obtidos a partir da aplicação prática do processo de desenvolvimento proposto nesta tese. Como objeto de validação, foi construído o sistema GymGuardian, uma solução enativa voltada ao monitoramento de atividade física em gestantes. A implementação do sistema envolveu a orquestração de componentes tecnológicos, o desenvolvimento de interfaces adaptadas a diferentes perfis de usuário e a automatização de fluxos inteligentes de geração de conteúdo.

Inicialmente, é descrito o fluxo de automação desenvolvido na ferramenta n8n, responsável por coordenar as interações entre o banco de dados Supabase, o modelo de linguagem ChatGPT e os mecanismos de vetorização semântica adotados na arquitetura RAG. Em seguida, são apresentados os módulos que compõem o sistema GymGuardian: o módulo da aluna, que oferece uma interface responsiva para acesso a treinos personalizados e acompanhamento da rotina, e o módulo do *personal trainer*, que permite o monitoramento, visualização de indicadores e adaptação das atividades conforme o desempenho e condições da aluna.

Por fim, são destacados os artigos científicos elaborados no decorrer da pesquisa de doutorado, tanto os que já foram publicados quanto os que se encontram em fase de submissão, evidenciando o esforço de disseminação e validação científica da proposta.

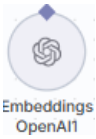
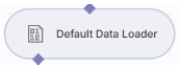
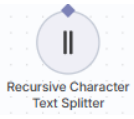
4.1 APRESENTAÇÃO DO FLUXO DE AUTOMAÇÃO NO N8N

De acordo com n8n (2024), a ferramenta conta atualmente com mais de 400 nós (nodes) disponíveis para a construção de fluxos de automação. Esses nós incluem integrações com serviços populares (como Google Sheets, Discord, Slack, GitHub), operações com bancos de dados (PostgreSQL, MySQL, Supabase), funções internas (como *loops*, *merges*, *waits*, códigos

JavaScript), além de recursos para trabalhar com APIs, manipulação de arquivos, inteligência artificial, automações em nuvem e muito mais.

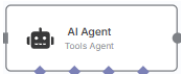
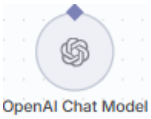
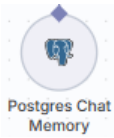
Para a construção do fluxo de automação da solução proposta nesta tese, foram utilizados 14 tipos diferentes de nós da ferramenta n8n. A Tabela 9 apresenta os componentes empregados na construção do fluxo de automação que implementa a abordagem RAG no sistema proposto. As definições dos nós foram extraídas da documentação oficial da ferramenta.

Tabela 10 – Componentes do Fluxo de Automação no n8n Utilizados na Tese.

Componente	Ícone	Descrição
Webhook		É um gatilho que permite iniciar um fluxo no n8n a partir de uma requisição HTTP externa, geralmente do tipo POST ou GET. Expõe uma URL pública ou local que pode ser acessada para acionar o fluxo.
Edit Filds		Permite interações diretas com bancos de dados hospedados no Supabase, realizando operações como inserção, consulta, atualização e exclusão em tabelas PostgreSQL integradas.
Supabase Vector Store		Estrutura vetorial armazenada no Supabase, utilizada para guardar embeddings e realizar consultas semânticas. No n8n, é implementada via API ou subfluxos integrados com LangChain[9].
Embeddings OpenAI		Serviço da OpenAI que transforma texto em representações vetoriais numéricas (embeddings), utilizadas para buscas semânticas por similaridade.
Default Data Loader		Componente interno em fluxos baseados na arquitetura LangChain que carrega documentos para o processo de vetorização. Utilizado como ponto de entrada para manipulação de dados textuais.
Recursive Character Text Splitter		Splitador[10] que divide textos em segmentos menores, garantindo que não excedam os limites de tokens durante o processamento por modelos de linguagem ou para vetorização. Usado em conjunto com embeddings.
Remove Duplicates		Filtra os resultados para remover duplicatas, garantindo que os dados repetidos não afetem a geração do treino, otimizando a resposta.

[9] O LangChain é um framework que integra modelos de linguagem a dados externos, ferramentas e memórias. Ele permite criar fluxos mais avançados, nos quais o modelo pode acessar bancos de dados, APIs e manter histórico da conversa. No n8n, é usado para implementar agentes de IA e fluxos RAG com vetorização e recuperação semântica.

[10] Um Splitador é uma ferramenta ou função que divide textos longos em partes menores (segmentos), geralmente com base em número de caracteres, palavras ou sentenças, para facilitar o processamento por modelos de linguagem que possuem limite de tokens por entrada.

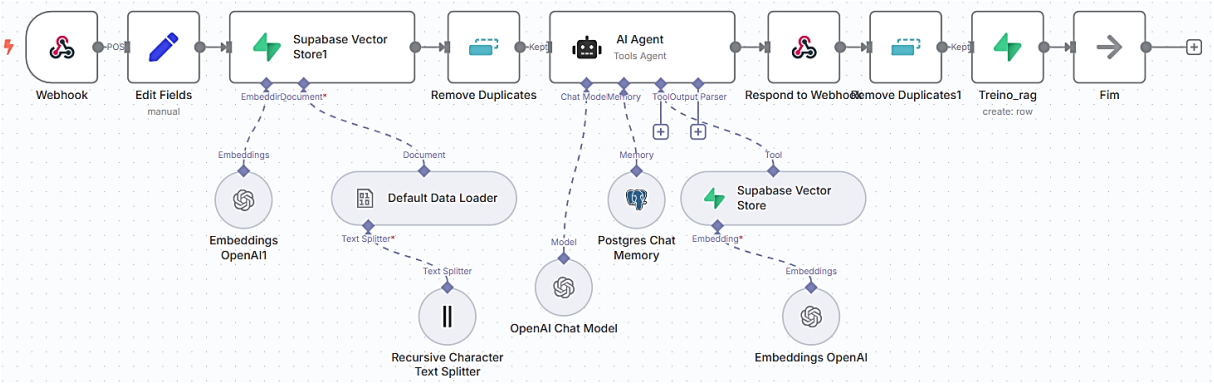
Componente	Ícone	Descrição
AI Agent Node		Permite o uso de um modelo de linguagem como agente interativo com memória e ferramentas. Gerencia a lógica da conversa e opera sobre os dados recebidos.
OpenAI Chat Model		Componente responsável por realizar a geração de linguagem com o modelo ChatGPT da OpenAI, podendo incorporar histórico da conversa e contexto de ferramentas externas.
Postgres Chat Memory		Armazena o histórico conversacional do agente em um banco PostgreSQL, garantindo persistência de contexto entre sessões.
Respond to Webhook		Finaliza o fluxo, retornando uma resposta à requisição que o iniciou via Webhook. Essencial para aplicações em que o fluxo precisa retornar dados a sistemas externos.
Supabase Node		Permite interações diretas com bancos de dados hospedados no Supabase, realizando operações como inserção, consulta, atualização e exclusão em tabelas PostgreSQL integradas.
No Operation, do nothing		Nó utilizado quando é necessário encerrar ou dividir um fluxo sem executar nenhuma ação.

Fonte: n8n (2024).

O fluxo desenvolvido para a implementação da RAG foi projetado com o objetivo de automatizar a geração de treinos personalizados com base em dados específicos das alunas, como informações de anamnese, preferências, restrições de atividades e condições do tempo. A estrutura modular e visual do n8n permite uma integração eficiente entre as etapas de extração, transformação, vetorização e geração de linguagem natural.

A Figura 26 ilustra o fluxo de automação desenvolvido na ferramenta n8n, responsável por operacionalizar a abordagem RAG no sistema GymGuardian. Esse fluxo coordena a coleta de dados do usuário, a recuperação semântica de informações armazenadas e a geração personalizada de treinos, integrando diferentes serviços e componentes de maneira automatizada.

Figura 26 - Fluxo de automação n8n para o sistema GymGuardian com RAG



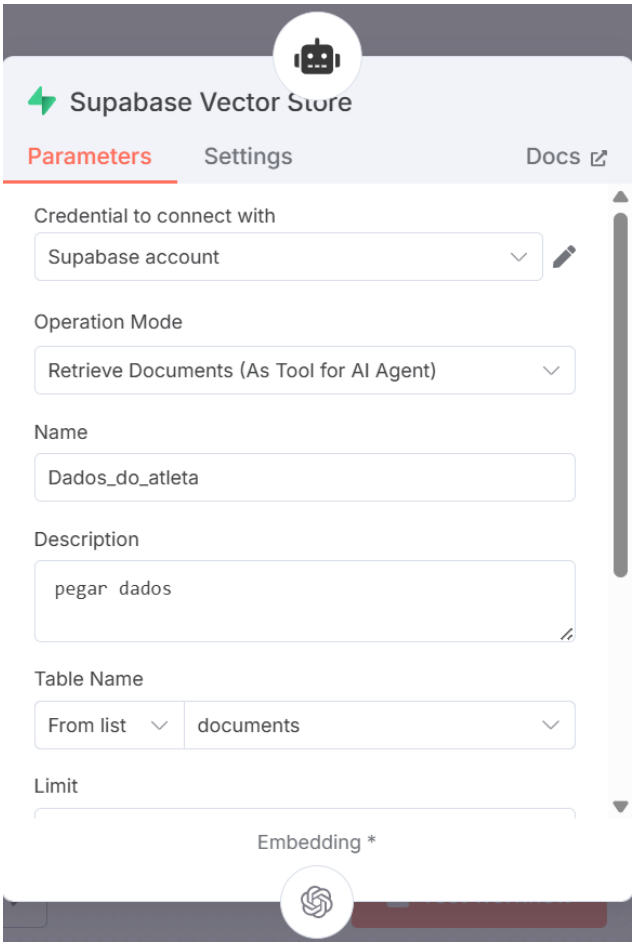
Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Quando uma aluna solicita a troca do treino, o processo no n8n tem início com o *Webhook*, que recebe uma requisição HTTP externa contendo os dados da usuária. Esses dados são tratados no nó *Edit Fields*, onde são organizados e formatados para as etapas seguintes. Em seguida, o fluxo realiza a vetorização semântica da descrição do perfil da usuária — incluindo dados como anamnese, restrições, preferências, idade, altura, peso e condições climáticas — utilizando o componente *Embeddings OpenAI*, que transforma o texto em representações vetoriais.

Esses vetores são comparados com os armazenados no *Supabase Vector Store*, uma base de dados vetorial previamente alimentada com treinos validados. O sistema recupera, com base em similaridade semântica, os trechos mais relevantes para o perfil informado. Esses documentos são carregados pelo *Default Data Loader* e divididos em segmentos compatíveis com os limites de tokens por meio do *Recursive Character Text Splitter*. O nó *Remove Duplicates* é então acionado para garantir que apenas dados únicos e relevantes sejam considerados, evitando repetições que comprometam a qualidade da resposta.

A Figura 27 mostra a configuração do nó *Supabase Vector Store,* responsável pela busca de documentos relevantes no banco vetorial Supabase, utilizando a entrada fornecida como parâmetro de similaridade semântica. Esse processo corresponde à etapa de recuperação de informações (Retrieve) na arquitetura RAG.

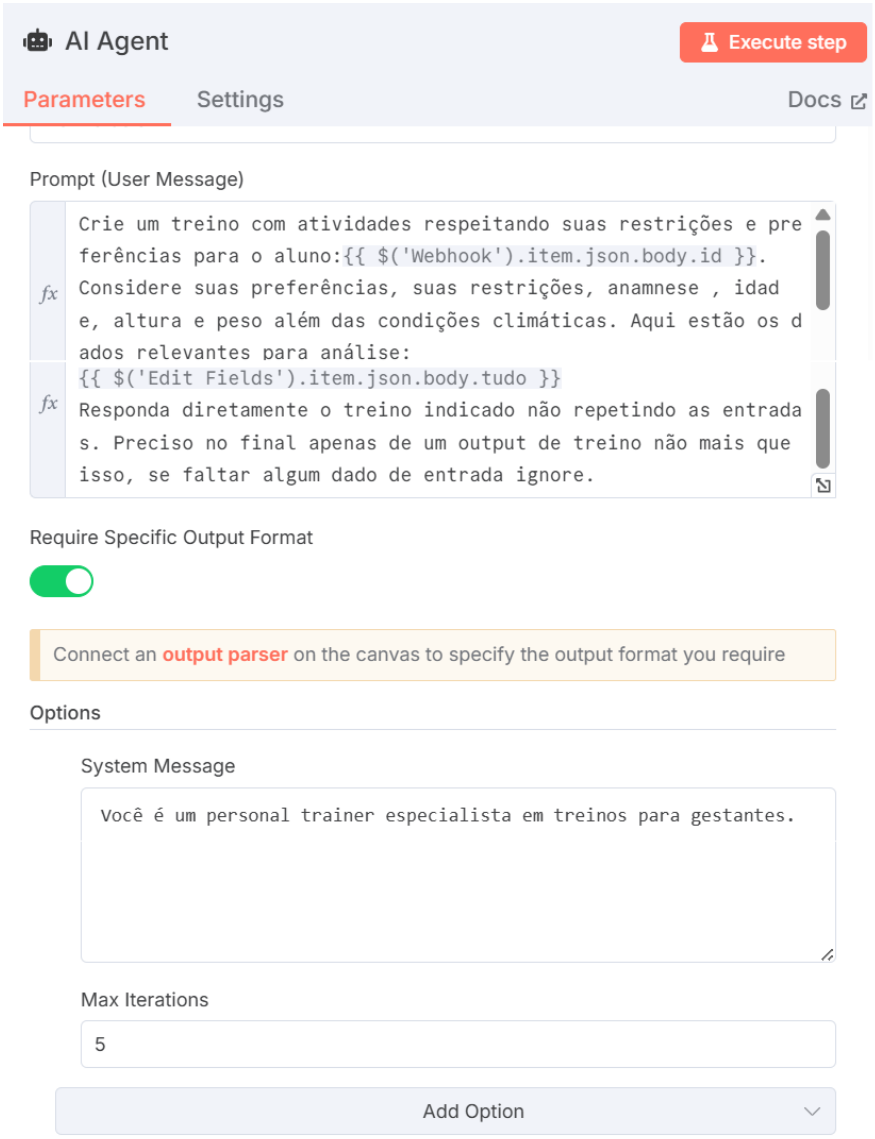
Figura 27 - Consulta ao Supabase Vector Store com base em similaridade semântica dos dados vetorizados.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A etapa central do fluxo ocorre no nó *AI Agent*, conforme ilustrado na Figura 28, que atua como coordenador entre a recuperação e a geração textual. Esse agente recebe como entrada os dados contextuais da usuária, os trechos recuperados do *Vector Store* e o histórico da conversa armazenado no *Postgres Chat Memory*. Com essas informações, o agente compõe um prompt dinâmico, enviado ao modelo de linguagem *OpenAI Chat Model*, com a instrução para criar uma sugestão de treino respeitando as características da usuária. O nó *OpenAI Chat Model* representa a fase de geração (*Generation*) da arquitetura RAG.

Figura 28 - Composição do *prompt* dinâmico no AI Agent.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Como mostrado na Figura 28, o *prompt* instrui explicitamente o modelo a “criar um treino respeitando as restrições e preferências da usuária”, fornecendo os dados individuais formatados e os documentos recuperados pelo RAG como base para a geração.

A saída do modelo GPT é uma resposta textual objetiva e personalizada, contendo uma sugestão de treino coerente com o histórico, restrições e preferências da usuária. O conteúdo é

então retornado ao sistema solicitante por meio do *Respond to Webhook*, e posteriormente registrado no banco de dados utilizando o *Supabase Node*. Por fim, o fluxo é encerrado com o nó *No Operation do nothing*, que marca a conclusão da execução sem a realização de novas ações.

Esse fluxo, que implementa a arquitetura RAG no sistema GymGuardian, integra dados contextuais da usuária, vetorização semântica e geração de linguagem natural, viabilizando sugestões de treino altamente personalizadas e mais seguras. A combinação entre o modelo RAG e o ambiente de automação do n8n permite gerar respostas adaptadas às condições reais da usuária, reduzindo o risco de alucinação e garantindo alinhamento com seu histórico e perfil individual. Esse arranjo técnico evidencia a robustez e o potencial do modelo proposto para aplicações interativas, dinamicamente adaptativas e centradas no usuário.

4.2 APRESENTAÇÃO DO PROTÓTIPO GYMGUARDIAN – ALUNO

A versão funcional do módulo aluno do sistema GymGuardian foi desenvolvida com interface responsiva voltada para dispositivos móveis, conforme ilustrado pelas Figuras 29 a 36. O objetivo deste módulo é proporcionar uma experiência personalizada e centrada no usuário, promovendo autonomia na execução das atividades físicas e permitindo o acompanhamento contínuo por parte do sistema enativo.

O acesso inicial ao sistema ocorre por meio da tela de *login*, Figura 29, onde a aluna insere suas credenciais para autenticação. Em seguida, é direcionado à tela inicial, Figura 30, que apresenta informações relevantes como as condições climáticas da localidade, obtidas por meio de uma API meteorológica, e a possibilidade de conexão com dispositivos externos, como smartbands, para coleta em tempo real de dados fisiológicos, como frequência cardíaca.

Figura 29 - Tela de *login* do módulo Aluno.



Figura 30 - Tela inicial do módulo Aluno.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Após a conexão com o dispositivo, Figura 31, a aluna tem acesso ao treino recomendado para o dia, com instruções sobre a atividade física deve realizada, Figura 32.

Figura 31 - Treino recomendado para o dia.



Figura 32 - Calendário com histórico dos treinos.



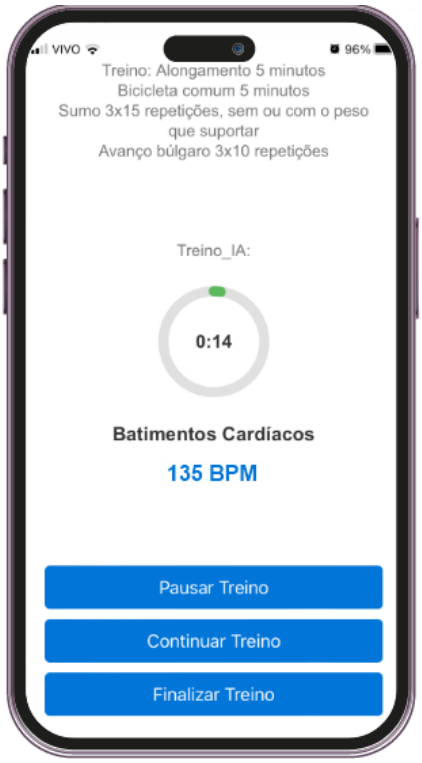
Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Ainda na tela de treino recomendado para o dia, Figura 31, ao clicar no botão “Histórico de treino”, é possível consultar treinos anteriores por meio de um calendário interativo, Figura 33, visualizar os detalhes de execução dos exercícios, Figura 32, através do botão “Iniciar Treino”, e solicitar a troca do treino sugerido no botão “Trocar Treino”, caso não o considere adequado. O botão “Trocar Treino” envia uma requisição HTTP ao n8n, iniciando o fluxo de automação do RAG, conforme explicado na Seção 4.1.

Figura 33 - Calendário com histórico dos treinos.



Figura 34 - Treino recomendado para o dia.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Durante a realização do treino, Figura 34, o sistema exibe em tempo real a lista de atividades em execução, o tempo decorrido e a frequência cardíaca atual. A aluna pode pausar, retomar ou finalizar o treino conforme sua condição física e preferências. Caso a aluna esteja realizando atividades que elevem significativamente sua frequência cardíaca por mais de dois minutos consecutivos, o sistema, por segurança, emitirá uma notificação sugerindo a interrupção do treino.

Visualmente, a aluna também pode perceber que sua frequência cardíaca ultrapassou o limite seguro, pois, ao exceder o valor previamente definido, a informação que inicialmente é exibida na cor azul passa a ser apresentada em vermelho. Para a definição desses parâmetros, foi seguida a recomendação de Artal *et al.* (2020), sendo considerados os seguintes limites: i) 169 BPM para alunas com até 29 anos e ii) 161 BPM para alunas com 30 anos ou mais.

Ao finalizar um treino, a interface de confirmação de encerramento, Figura 35, apresenta uma mensagem de finalização das atividades. Após o fechamento dessa tela, o sistema direciona

a aluna para a interface de avaliação, Figura 36, na qual ele pode indicar quais exercícios foram executados integralmente e avaliar subjetivamente sua experiência. Essas informações são fundamentais para o aprimoramento contínuo do sistema, contribuindo para a personalização das sugestões em treinos futuros.

Figura 35 - Mensagem de finalização de treino.



Figura 36 - Interface de *feedback* do treino.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

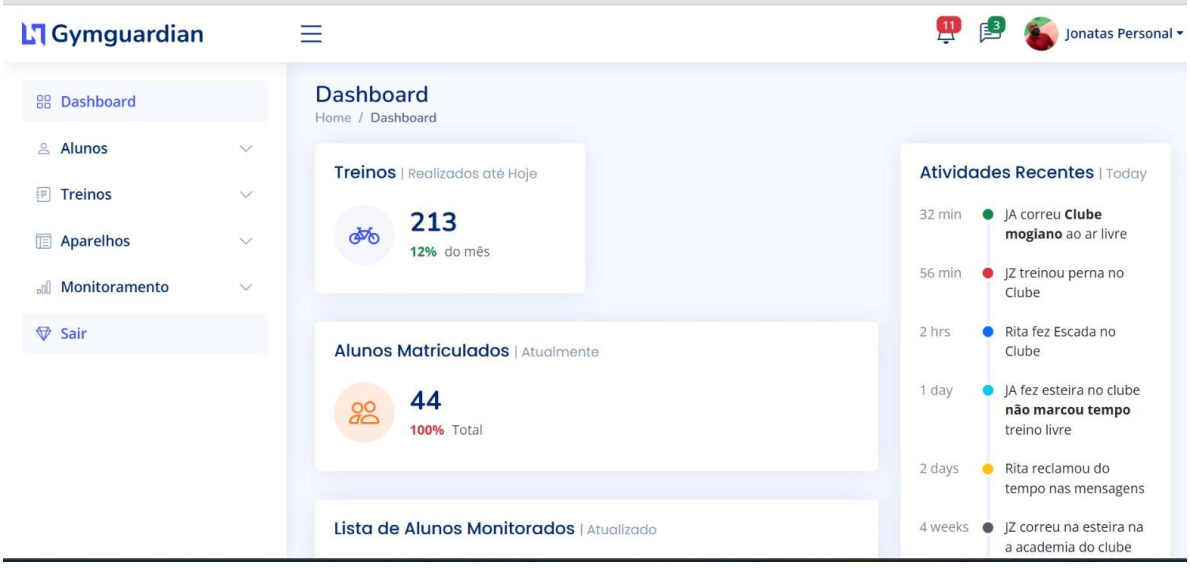
Esse fluxo de interação está alinhado aos princípios da modelagem enativa proposta, integrando dados sensoriais, *feedback* contínuo e personalização para proporcionar uma experiência significativa e adaptativa, tanto no acompanhamento quanto na execução das atividades físicas orientadas.

4.3. APRESENTAÇÃO DO PROTÓTIPO GYMGUARDIAN – PERSONAL

A versão desenvolvida do protótipo para o *personal trainer*, Figuras de 37 a 44, foi idealizada como um sistema web interativo, com funcionalidades orientadas ao monitoramento contínuo das atividades das alunas. O *dashboard* oferece uma visão geral do desempenho dos usuários, bem como ferramentas específicas para acompanhar, cadastrar, consultar e analisar dados dos treinos realizados.

A Figura 37 apresenta a tela principal do sistema, exibindo um painel geral com a quantidade de treinos realizados, o total de alunas matriculadas e um resumo das atividades mais recentes. Esse painel tem como objetivo fornecer, de forma rápida e visual, os principais indicadores operacionais do sistema, com destaque para a integração em tempo real com o banco de dados.

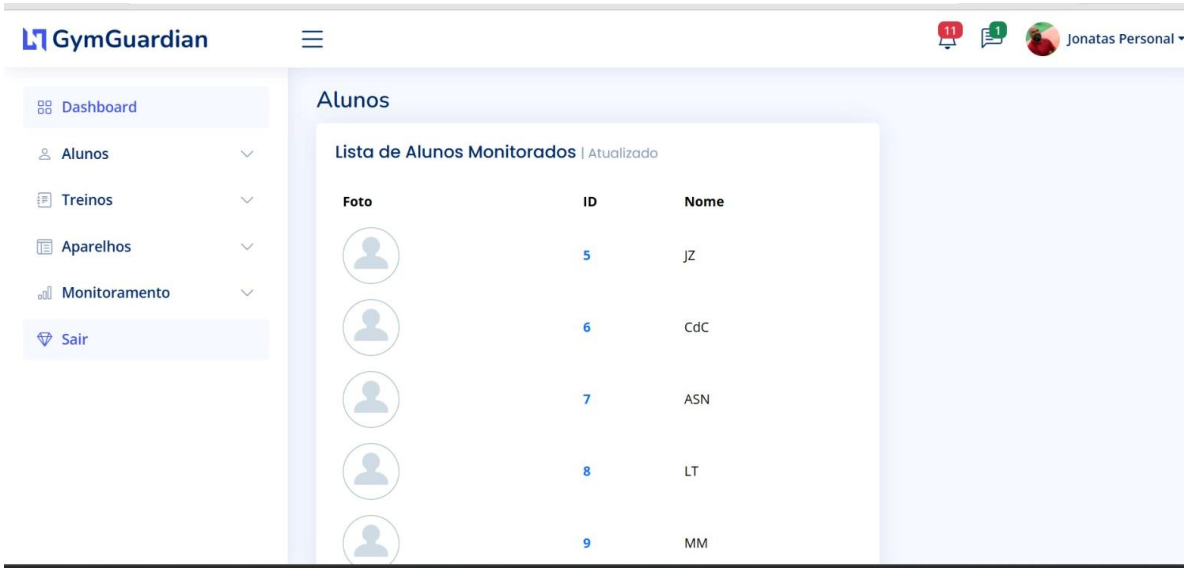
Figura 37 - tela principal do sistema GymGuardian - módulo Personal.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Na Figura 38, observa-se a tela “Alunos”, onde é possível visualizar a lista das alunas monitorados, com seus respectivos identificadores. Essa interface é atualizada automaticamente conforme novas alunas são inseridas, sendo o ponto de partida para a consulta individual de dados e treinos.

Figura 38 - Interface de alunas monitorados.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A tela representada na Figura 39 refere-se à seção “Atividades”, onde o *personal trainer* pode consultar a lista completa de exercícios disponíveis no sistema. Cada entrada contém o nome do exercício, sua categoria e uma descrição detalhada da execução.

Figura 39 - Interface das atividades cadastradas no sistema.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Na Figura 40, temos a tela referente aos aparelhos disponíveis. A listagem dos equipamentos disponíveis (como bicicleta, esteira, transport, entre outros) serve como referência para a montagem dos treinos e também para o cruzamento com os dados coletados durante a execução das atividades físicas.

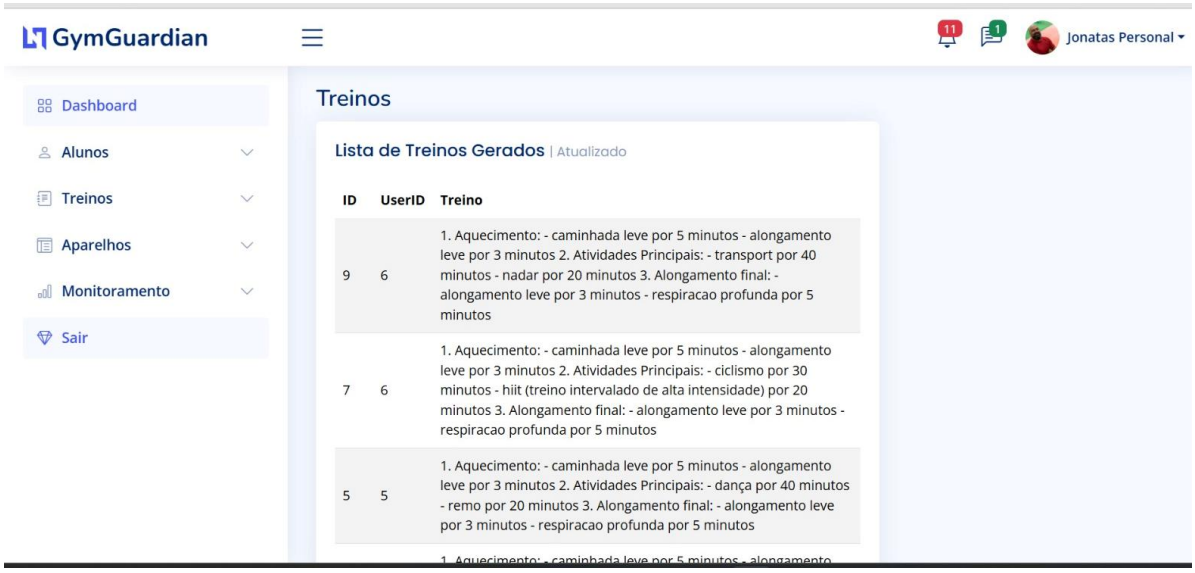
Figura 40 - Interface de aparelhos disponíveis para atividades físicas.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A Figura 41 apresenta a tela com a lista de treinos gerados automaticamente pelo sistema. Cada treino é associado a um identificador de usuário e detalhado com base nas três fases: aquecimento, atividade principal e alongamento. Essa organização permite ao personal visualizar, revisar e aplicar os treinos com base nas necessidades individuais de cada aluna.

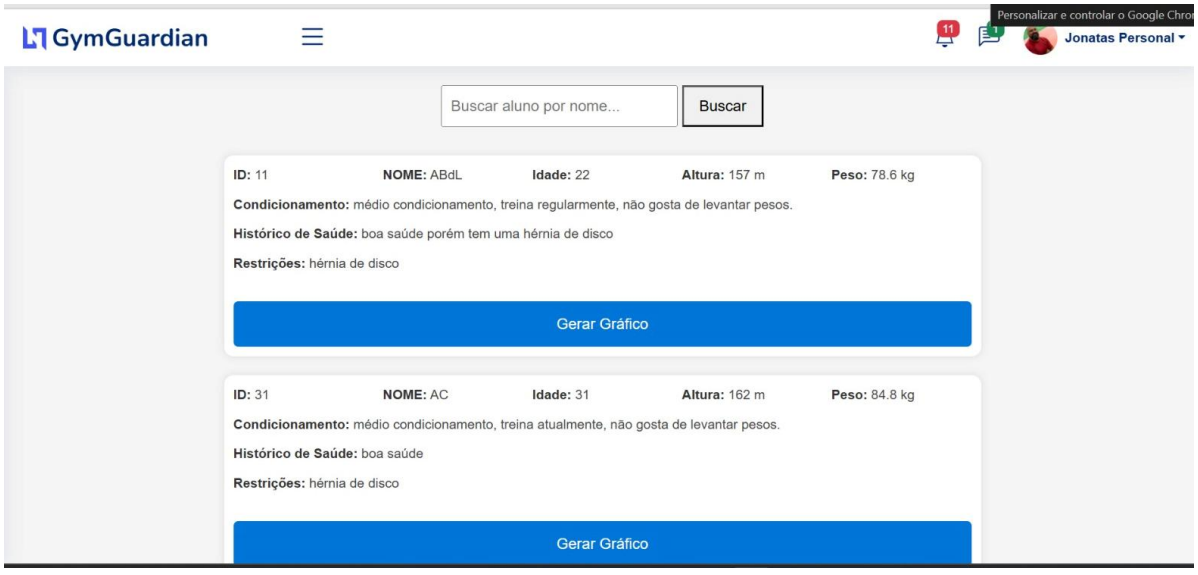
Figura 41 - Interface dos treinos gerados automaticamente pelo sistema.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A interface mostrada na Figura 42 permite o acesso aos dados pessoais e históricos da aluna, incluindo informações sobre condicionamento físico, saúde, e restrições identificadas durante o processo de anamnese. A partir desta tela, é possível gerar gráficos personalizados com base nos dados coletados ao longo do tempo e treinos realizados.

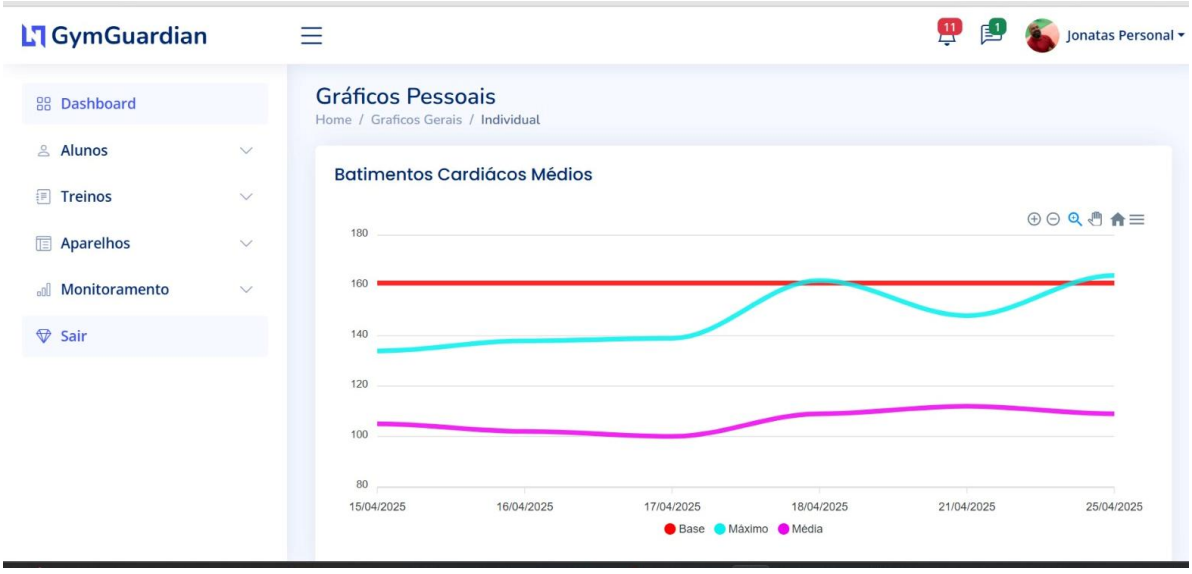
Figura 42 - Interface com dados da anamnese das alunas.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Na Figura 43, visualiza-se a tela de gráficos individuais, com ênfase nos batimentos cardíacos médios. O gráfico permite comparar valores médios, máximos e a base de referência ao longo dos dias, oferecendo um recurso essencial para o acompanhamento da evolução física das alunas.

Figura 43 - Interface de acompanhamento individual das alunas.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Por fim, a Figura 44 exibe a funcionalidade de monitoramento em tempo real. Essa interface permite ao *personal trainer* acompanhar, durante a execução do treino, os sinais fisiológicos das alunas (como batimentos cardíacos), favorecendo intervenções imediatas e decisões mais seguras no decorrer das atividades.

Figura 44 - Interface de monitoramento em tempo real



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Em síntese, o *dashboard* desenvolvido para o *personal trainer* representa uma ferramenta central no ecossistema do sistema GymGuardian, oferecendo uma interface intuitiva e funcional para o acompanhamento individualizado das alunas. As funcionalidades disponibilizadas permitem não apenas a visualização de treinos, atividades e dados fisiológicos em tempo real, mas também o acesso a históricos e indicadores que subsidiam decisões mais precisas e personalizadas. Ao integrar diferentes fontes de dados com uma camada de análise visual, o sistema fortalece a atuação do profissional na gestão do desempenho físico e no suporte à saúde das gestantes acompanhadas.

4.4. PUBLICAÇÕES, SUBMISSÕES E REGISTROS

Em relação à produção acadêmica, como resultado desta pesquisa de doutorado tem-se 4 artigos e 2 registros de software:

i) Artigo título: Ontologia computacional – um modelo de dados para representação do conhecimento.

Revista: REVISTA UNIVERSITAS - ISSN Eletrônico: 2318-5589

Qualis 2017-2020: B4

Status: Publicado

Artigo completo disponível em:
https://revistauniversitas.inf.br/index.php/revistauniversitas/article/view/55/53

ii) **Artigo título: Uso de Sistemas Enativos na Prática de Atividade Física: Uma Revisão Integrativa.**

Revista: Revista Científic@ Universitas - ISSN Eletrônico: 2175-4020

Qualis 2017-2020: A3

Status: Aceito

Detalhes: Este artigo foi resultado de uma pesquisa para levantamento dos trabalhos relacionados ao tema desenvolvido nesta Tese. Para tanto realizou-se uma revisão integrativa, um método de pesquisa que permite a busca, a avaliação crítica e a síntese das evidências disponíveis do tema investigado. Para a realização da revisão integrativa adotou-se o protocolo proposto por Souza, Silva e Carvalho (2010), que organiza a revisão integrativa em seis fases: i- planejamento inicial da pesquisa; ii- busca e seleção de Estudos; iii- coleta de dados; iv- análise crítica dos estudos incluídos; v- discussão dos resultados; e vi- apresentação da revisão integrativa. O artigo foi submetido e aprovado pela Revista Científic@ Universitas."

iii) **Artigo título: Saúde Digital na Gestação: Um Modelo Enativo com LLMs e RAG para Suporte à Prática de Exercícios.**

Revista: Cadernos de Saúde Pública - ISSN Eletrônico: 1678-4464

Qualis 2017-2020: A1

Status: Submetido

Detalhes: Este artigo foi elaborado como parte integrante do desenvolvimento da Tese, com o objetivo de descrever a criação e a validação funcional do sistema GymGuardian. O artigo apresenta a fundamentação teórica sobre cognição enativa e

inteligência artificial generativa, bem como a aplicação prática por meio da arquitetura RAG (Retrieval-Augmented Generation). Além disso, apresenta-se detalhes sobre a condução do estudo com mulheres não gestantes, a validação do sistema em ambiente real de treino e os resultados positivos da aceitação da proposta. O artigo foi submetido à Revista Cadernos de Saúde Pública em junho de 2025.

iv) **Submissão do artigo título: Inteligência Artificial Generativa e RAG: Caminhos para o Desenvolvimento de Sistemas Inteligentes para a Área da Saúde.**

Revista: Revista Ciência e Saúde Coletiva - ISSN Eletrônico: 1678-4561

Qualis 2017-2020: A1

Status: Submetido

Detalhes: Este artigo também foi elaborado como parte integrante da presente Tese, com foco em apresentar a aplicação da inteligência artificial generativa e RAG no sistema GymGuardian. O artigo apresenta o fluxo completo de automação implementado, bem como considerações sobre o uso destas tecnologias no desenvolvimento de sistemas inteligentes para a área da saúde. O artigo foi submetido à Revista Ciência e Saúde Coletiva em junho de 2025.

v) **Registro do sistema: GymGuardian módulo aluno e GymGuardian módulo personal**

Como resultado prático da pesquisa, foram desenvolvidos e registrados dois sistemas complementares: o GymGuardian – Módulo Aluno e o GymGuardian – Módulo Personal. O primeiro foi projetado para ser utilizado diretamente pelas usuárias e o segundo módulo oferece a interface para monitoramento de treino. Ambos os sistemas operam de forma integrada, reforçando a proposta enativa de adaptação dinâmica e personalização contínua, e estão disponíveis no repositório do projeto para fins acadêmicos e de validação científica.

5. AVALIAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO

Este capítulo tem como objetivo de analisar e discutir os resultados obtidos com o desenvolvimento e a avaliação do sistema GymGuardian. A análise será conduzida a partir de três perspectivas complementares: a aderência do sistema à proposta de um sistema enativo, conforme discutido na literatura (Di Paolo *et al.*, 2010); a experiência e aceitação por parte das alunas que utilizaram o sistema em atividades práticas; e, por fim, a percepção de um profissional da área (*personal trainer*) envolvido na aplicação da ferramenta. Essa abordagem integrada permite refletir sobre a efetividade da solução proposta, suas potencialidades e os aspectos que ainda demandam aprimoramento, contribuindo, assim, para a validação da arquitetura enativa desenvolvida e para a compreensão de seu impacto no contexto da personalização e acompanhamento de atividades físicas e de saúde.

5.1. AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO

Como já observado anteriormente na sessão 2.6, do capítulo da revisão bibliográfica e metodológica, ao se tratar de um sistema enativo, existem alguns aspectos que não podem ser ignorados. A seguir, serão revisados de forma sucinta os cinco elementos essenciais que devem ser considerados, conforme apontados por Di Paolo *et al.* (2010):

i) *autonomy* (autonomia): capacidade do sistema de operar e se adaptar de forma independente, em constante interação com o ambiente;
ii) *sense-making* (fazer-sentido): criação ativa de significados com base nas interações ambientais, destacando a cognição como processo dinâmico;
iii) *emergence* (emergência): surgimento de propriedades e significados novos a partir das interações internas e externas do sistema;
iv) *embodiment* (corporificação): papel fundamental do corpo na cognição, onde a ação física influencia a percepção e identidade do agente;
v) *experience* (experiência): construída ao longo das interações do agente com o ambiente, moldando sua cognição de forma contextual e histórica.

O processo de desenvolvimento, apresentado no tópico *3.2.1. Representação esquemática de um sistema enativo*, ilustra como um sistema enativo deve operar, tanto *online* quanto

offline, refletindo os cinco elementos essenciais de sistemas enativos em sua funcionalidade. A Tabela 11 apresenta a análise dos elementos em relação ao modelo proposto neste trabalho:

Tabela 11 - Análise do modelo em relação aos elementos essenciais de sistemas enativos.

Elemento	Descrição
Autonomy (autonomia)	O sistema enativo demonstra autonomia ao decidir independentemente se uma tarefa padrão é adequada com base nos dados colhidos do usuário e do ambiente, ajustando-se automaticamente às condições presentes. Essa autonomia é evidente quando o sistema opta por alterar a tarefa padrão se as condições não forem favoráveis, ou quando seleciona uma tarefa alternativa se a anterior não atender às necessidades do usuário ou ao contexto.
Sense-making (fazer-sentido)	O processo de avaliação contínua das ações e a decisão subsequente sobre se continuar ou não a tarefa envolvem o fazer-sentido do contexto pelo sistema. Ele analisa os dados em tempo real para determinar a viabilidade de prosseguir com a ação, garantindo que as atividades realizadas façam sentido em relação às demandas do ambiente e às expectativas do usuário.
Emergence (emergência)	A emergência ocorre à medida que novas situações ou condições do ambiente influenciam a escolha das tarefas. O sistema enativo adapta-se a essas condições emergentes, seja modificando a ação em andamento ou selecionando uma nova tarefa com base na análise contínua do contexto e nas interações anteriores.
Embodiment (corporificação)	Embora o conceito de corporificação não seja diretamente mencionado, pode-se concluir que o sistema, ao interagir com dados reais do ambiente e do usuário, e ao adaptar suas ações com base nesses dados, manifesta uma forma de corporificação digital. Ele não apenas reage às entradas, mas suas ações são moldadas pela informação corporal (ou virtualmente corporal) que recebe, influenciando sua operação subsequente.
Experience (experiência)	O ciclo de feedback — coleta de dados, execução de tarefas, avaliação e ajuste baseado na satisfação do usuário — contribui para a experiência acumulada do sistema. Cada ciclo de tarefa e avaliação enriquece o domínio do conhecimento do sistema, permitindo que ele refine continuamente suas ações para melhor atender ao usuário, refletindo a experiência acumulada ao longo das interações.

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Este processo mostra como um sistema enativo pode integrar estes elementos essenciais, proporcionando uma operação adaptativa e sensível ao contexto que aprende e se ajusta com base nas interações contínuas com seu ambiente e seus usuários.

5.2. AVALIAÇÃO DA EXPERIÊNCIA DAS ALUNAS COM O SISTEMA GYMGUARDIAN

Com o objetivo de compreender a percepção dos usuários sobre o sistema GymGuardian e avaliar sua aceitação e usabilidade, foi aplicado um questionário estruturado com base no modelo *Technology Acceptance Model* (TAM). Na década de 80 esse modelo foi proposto por F. D. Davis, pesquisador da área de sistemas de informação, e objetiva auxiliar na compreensão e previsão do uso de sistemas tecnológicos. Amplamente utilizado na literatura, o TAM investiga a aceitação de tecnologias com base em dois construtos principais: a facilidade de uso percebida e a utilidade percebida, além de incluir questões relacionadas à intenção de uso futuro (Davis; Bagozzi; Warshaw, 1989).

A Tabela 12 apresenta questões aplicadas que compõem o Questionário de Avaliação da Experiência com o Sistema GymGuardian, elaboradas com base no modelo TAM e adaptadas para os fins desta pesquisa de doutorado. O questionário (disponível em: https://forms.gle/6566d56kSX3aAp8Q6) foi disponibilizado eletronicamente as alunas que utilizaram o sistema durante atividades práticas e monitoradas, possibilitando a coleta de dados quantitativos e qualitativos sobre a experiência de interação com a solução enativa desenvolvida.

Tabela 12 - Questionário de Avaliação da Experiência com o Sistema GymGuardian.

Parte do questionário	Perguntas
Parte 1 – Percepção de Facilidade de Uso (Perceived Ease of Use - PEOU)	1. O uso do sistema GymGuardian foi fácil de aprender. 2. Interagir com o sistema foi simples e intuitivo. 3. Eu consegui realizar as tarefas no sistema sem precisar de ajuda. 4. A interface do sistema é clara e bem-organizada. 5. Sinto-me confiante ao utilizar o sistema sozinha.

Parte 2 – Percepção de Utilidade (Perceived Usefulness - PU)	6. O sistema ajudou a personalizar meu treino de forma eficaz. 7. Usar o GymGuardian melhorou meu engajamento nas atividades físicas. 8. O sistema me ajudou a acompanhar meu progresso de forma mais prática. 9. Considero que o uso do sistema contribuiu positivamente para minha rotina de exercícios. 10. O sistema foi útil para adaptar os treinos às minhas necessidades pessoais.
Parte 3 – Intenção de Uso Futuro	11. Gostaria de continuar utilizando o sistema em futuras atividades. 12. Recomendaria o uso do GymGuardian para outros colegas. 13. Acredito que esse tipo de sistema pode melhorar o acompanhamento em outras áreas da saúde.
Parte 4 – Espaço para comentários abertos	14. Quais foram os aspectos mais positivos da sua experiência com o sistema e o que você acha que poderia ser melhorado?

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Para interpretar os resultados do questionário aplicado às alunas que utilizaram o sistema GymGuardian, foi adotado um critério baseado nos intervalos da escala Likert de cinco pontos, variando de 1 (discordo totalmente) a 5 (concordo totalmente). Essa classificação permite identificar, de forma objetiva, se as percepções dos usuários em relação ao sistema são predominantemente negativas, neutras ou positivas.

Os intervalos foram definidos de forma que médias indiquem i) avaliação negativa, revelando rejeição ou insatisfação com o sistema; ii) neutra, sugerindo uma percepção moderada ou indefinida; e iii) avaliação positiva, refletindo aceitação, satisfação e reconhecimento da utilidade da solução. A Tabela 13 mostra a classificação dos Intervalos da Escala Likert (1 a 5).

Tabela 13 - Classificação dos Intervalos da Escala Likert (1 a 5).

Intervalo de Média	Classificação	Interpretação
1,00 – 2,49	Negativa	Avaliação insatisfatória ou rejeição.
2,50 – 3,49	Neutra	Indiferença, dúvida ou percepção mediana.
3,50 – 5,00	Positiva	Aprovação, satisfação ou aceitação da solução.

Fonte: OLIVEIRA (2001).

Com o intuito de contextualizar a amostra utilizada na etapa de validação do sistema GymGuardian, a Tabela 14 apresenta um panorama dos principais dados demográficos das participantes do estudo. As variáveis consideradas incluem idade, altura, peso, e histórico gestacional, permitindo uma compreensão mais aprofundada do perfil do público envolvido. Esses dados são essenciais para interpretar a resposta ao sistema em função das especificidades das participantes.

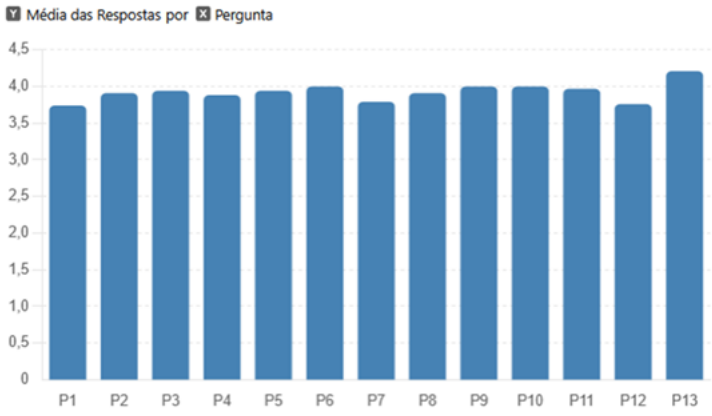
Tabela 14 – Tabela de dados demográficos das participantes do estudo.

Variável	**Valor**
Total de participantes	42 mulheres
Idade (média estimada)	33,2 anos
Idade (mín - máx)	19 – 45 anos
Altura (média estimada)	162,9 cm
Altura (mín - máx)	154 – 173 cm
Peso (média estimada)	70,2 kg
Peso (mín - máx)	54,4 – 87,3 kg
Participantes com histórico gestacional	26
Proporção com gestação (%)	61,9% (26 de 42)

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

São apresentados, na sequência, os resultados obtidos e a análise interpretativa geral das respostas, cujo objetivo é identificar os pontos fortes e as oportunidades de melhoria da solução, além de validar a proposta do sistema a partir da perspectiva dos usuários finais. A análise interpretativa de cada pergunta está disponível no Apêndice A para eventuais consultas. A Figura 45 mostra o gráfico comparativo de médias por pergunta (P1 a P13) e a Tabela 15 contém a média calculada para cada pergunta (P1 a P13).

Figura 45 – Gráfico comparativo de médias por pergunta.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Tabela 15 - Média calculada para cada pergunta (P1 a P13).

Pergunta	Enunciado	Média
P1	O uso do sistema GymGuardian foi fácil de aprender.	3.74
P2	Interagir com o sistema foi simples e intuitivo.	3.91
P3	Eu consegui realizar as tarefas no sistema sem precisar de ajuda.	3.94
P4	A interface do sistema é clara e bem-organizada.	3.88
P5	Sinto-me confiante ao utilizar o sistema sozinha.	3.94
P6	O sistema ajudou a personalizar meu treino de forma eficaz.	4.0
P7	Usar o GymGuardian melhorou meu engajamento nas atividades físicas.	3.79
P8	O sistema me ajudou a acompanhar meu progresso de forma mais prática.	3.91
P9	Considero que o uso do sistema contribuiu positivamente para minha rotina de exercícios.	4.0
P10	O sistema foi útil para adaptar os treinos às minhas necessidades pessoais.	4.0
P11	Gostaria de continuar utilizando o sistema em futuras atividades.	3.97
P12	Recomendaria o uso do GymGuardian para outros colegas.	3.76
P13	Acredito que esse tipo de sistema pode melhorar o acompanhamento em outras áreas da saúde.	4.21

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A análise quantitativa geral das respostas obtidas no questionário, baseado no modelo TAM, revelou um alto nível de aceitação da solução GymGuardian pelas alunas. Considerando as 13 perguntas em escala Likert (de 1 a 5), a média geral das respostas foi de 3,91, indicando uma percepção amplamente positiva em relação ao sistema.

As perguntas relacionadas à utilidade prática do sistema — como a personalização dos treinos, o impacto na rotina de exercícios e a adaptação às necessidades individuais — foram especialmente bem avaliadas, com médias iguais ou superiores a 4,0 nas questões 6, 9 e 10. A pergunta 13, que aborda a percepção de aplicabilidade do sistema em outros contextos da saúde, obteve a maior média registrada (4,21), demonstrando não apenas satisfação com a funcionalidade atual, mas também o reconhecimento do potencial de escalabilidade da proposta.

A intenção de uso futuro (pergunta 11) e a disposição para recomendar o sistema a outros colegas (pergunta 12) também apresentaram resultados positivos, evidenciando a confiança das usuárias na continuidade e disseminação da solução. Por outro lado, a pergunta 1, que avalia a facilidade inicial de aprendizado, obteve a menor média entre as treze (3,74), embora ainda dentro de uma faixa considerada favorável. Esse resultado sugere que ajustes na etapa de introdução ao sistema — como a inclusão de tutoriais ou a simplificação da interface — podem ser benéficos para melhorar a experiência de uso inicial.

A análise qualitativa das respostas abertas (pergunta 14) complementa os dados quantitativos e oferece uma visão mais aprofundada sobre a experiência das usuárias com o sistema GymGuardian. De modo geral, os comentários indicaram uma percepção positiva, com destaque para aspectos como praticidade, facilidade de uso, personalização dos treinos e uma interface considerada intuitiva e bem organizada. Termos como “gostei”, “legal”, “intuitivo”, “ajudou” e “monitorar” foram recorrentes nos relatos, refletindo satisfação com a funcionalidade e a usabilidade do sistema.

Essas observações qualitativas reforçam os altos índices obtidos nas perguntas que avaliaram a utilidade e a adaptação dos treinos (questões 6, 9 e 10), bem como naquelas que abordaram a clareza da interface e a facilidade de interação (questões 2 e 4). A percepção de que o sistema contribuiu para a organização da rotina de atividades físicas também foi mencionada

por algumas alunas, o que sustenta a média elevada das respostas relacionadas à utilidade prática do sistema.

Por outro lado, algumas alunas apontaram o tempo reduzido de uso como um fator limitante para uma avaliação mais completa. Esse aspecto ajuda a contextualizar as respostas neutras ou intermediárias observadas em determinadas perguntas, especialmente aquelas que tratam do engajamento e da intenção de uso futuro. Além disso, foi feita uma sugestão pontual em relação à forma como o sistema, eventualmente, interrompia o treino, indicando a necessidade de ajustes nos mecanismos de notificação.

Os dados qualitativos indicam que o sistema foi bem recebido e que a experiência de uso foi, em sua maioria, positiva e funcional. As sugestões levantadas oferecem oportunidades de refinamento, especialmente no que se refere à ampliação do tempo de uso antes da avaliação, à melhoria do processo de introdução ao sistema e ao aperfeiçoamento dos recursos de acompanhamento. Esses pontos podem contribuir para elevar ainda mais a percepção de valor e o engajamento das usuárias em versões futuras do sistema.

Sendo assim, de forma geral, os dados apontam que o sistema GymGuardian foi bem aceito pelas alunas, principalmente por sua funcionalidade, aplicabilidade e contribuição percebida para o acompanhamento da saúde. As médias obtidas reforçam o alinhamento entre os objetivos do sistema e a experiência efetivamente vivenciada pelas participantes, validando o uso da arquitetura enativa proposta nesta tese como suporte à personalização e à automação no contexto da saúde.

5.3. AVALIAÇÃO DA EXPERIÊNCIA DO PERSONAL COM O SISTEMA GYMGUARDIAN

Com o intuito de ampliar a análise da experiência de uso do sistema GymGuardian, além da perspectiva das usuárias finais, foi conduzida uma avaliação específica com um profissional da área de Educação Física. O objetivo foi compreender como o sistema é percebido por quem atua diretamente na prescrição, acompanhamento e monitoramento dos treinos, neste caso, um *personal trainer* que participou ativamente da fase de testes da solução enativa.

Para essa avaliação, optou-se pela aplicação de um questionário estruturado com base no modelo UTAUT2 (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology 2), considerado mais adequado para investigar a adoção de tecnologias no ambiente profissional, uma vez que incorpora dimensões como: i) Expectativa de Desempenho (*Performance Expectancy*): avalia se o sistema ajuda o *personal* a melhorar seus resultados e ser mais eficiente no trabalho; ii) Expectativa de Esforço (*Effort Expectancy*): verifica se o sistema é fácil de aprender e usar; iii) Influência Social (*Social Influence*): mede o quanto o uso do sistema é incentivado ou valorizado por outras pessoas no ambiente de trabalho; iv) Condições Facilitadoras (*Facilitating Conditions*): avalia se o personal tem os recursos e o suporte necessários para usar o sistema; v) Motivação Hedônica (*Hedonic Motivation*): investiga se o uso do sistema é agradável e envolvente; vi) Valor de Custo Percebido (*Price Value*): verifica se o tempo e o esforço investidos compensam os benefícios obtidos; e vii) Hábito de uso (*Habit*): Mede o quanto o uso do sistema já está incorporado à rotina do *personal trainer*. (Venkatesh; Thong; Xu, 2012).

O questionário aplicado ao *personal trainer* (disponível em: https://forms.gle/X1aLxxeX2eSeuFga6) contou com 22 afirmações avaliadas em escala Likert de 1 (discordo totalmente) a 5 (concordo totalmente), organizadas de acordo com as dimensões do modelo e uma questão aberta para comentários sobre sua experiência com o sistema. A Tabela 16 exibe a avaliação feita pelo personal.

Tabela 16 - Avaliação feita pelo personal.

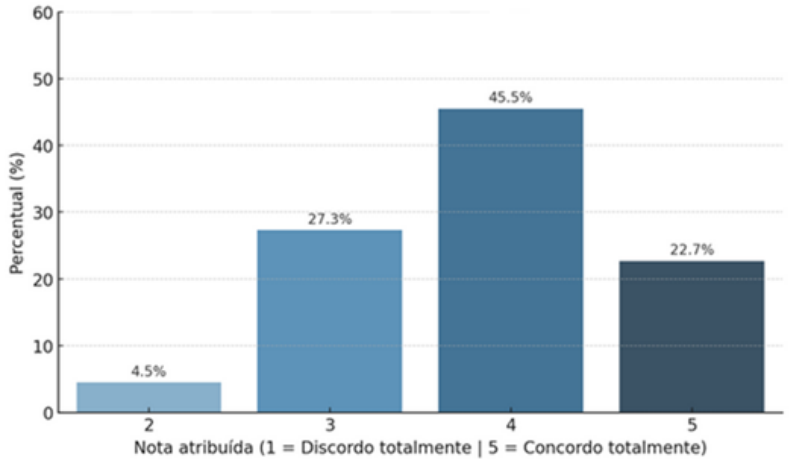
Parte do questionário	**Afirmações**	**Nota**
Parte 1: Expectativa de Desempenho	1. Usar o GymGuardian me ajuda a obter melhores resultados no acompanhamento das alunas.	4
	2. O sistema melhora a qualidade do meu trabalho como *personal trainer*.	4
	3. O uso do GymGuardian aumenta a eficiência no monitoramento dos treinos.	4
	4. O sistema facilita a análise do progresso individual das alunas.	4
Parte 2: Expectativa de Esforço	5. Aprender a utilizar o sistema foi fácil para mim.	5
	6. Tornar-se hábil no uso do GymGuardian foi simples.	4

	7. Interagir com o sistema não requer muito esforço mental.	3
	8. Considero o sistema intuitivo e de fácil navegação.	3
Parte 3: Influência Social	9. Pessoas importantes para mim (colegas, gestores) acham que eu deveria usar o sistema.	4
	10. O uso do GymGuardian é valorizado no ambiente onde trabalho.	3
	11. Sinto que sou incentivado a utilizar o sistema no acompanhamento das alunas.	3
Parte 4: Condições Facilitadoras	12. Tenho os recursos técnicos necessários para utilizar o sistema (computador, internet etc.).	4
	13. Recebi suporte adequado para aprender a utilizar o sistema.	5
	14. O sistema funciona bem com os equipamentos que tenho disponíveis.	5
Parte 5: Motivação Hedônica	15. Usar o GymGuardian é uma atividade agradável.	4
	16. Acho interessante utilizar o sistema durante o acompanhamento das alunas.	5
	17. A experiência de uso do sistema é estimulante.	4
Parte 6: Valor de Custo Percebido	18. O tempo que invisto usando o sistema compensa pelos benefícios que ele traz.	5
	19. Os recursos oferecidos justificam o uso contínuo da plataforma.	4
Parte 7: Hábito	20. O uso do GymGuardian já se tornou parte da minha rotina profissional.	4
	21. Utilizo o sistema automaticamente, sem necessidade de esforço consciente.	4
	22. Mesmo sem ser solicitado, faço uso do sistema por hábito.	4
Comentário Aberto: Utilize o espaço abaixo para comentar sua experiência com o sistema GymGuardian.	"Antes de tudo, entendo que o sistema que usei ainda é um protótipo e minhas sugestões são pontos que ajudariam a melhorar o sistema. O sistema melhora minha atividade como personal principalmente considerando que eu posso acompanhar as alunas em tempo real remotamente. Além do fato de ter a possibilidade de, a partir desse tipo de sistema, poder acompanhar mais alunas simultaneamente. Sobre a avaliação dos recursos e o suporte necessários para usar o sistema, ele funciona bem com a pulseira que foi fornecida para os testes. porém, não conecta em outro dispositivo para colher os sinais. Seria bom se conectasse com outras marcas de relógio. Sobre continuar usando a plataforma, seria bem interessante, mas incluir a possibilidade de capturar outros sinais das alunas e o acompanhamento do progresso das alunas seria de grande valor. Sobre o uso do sistema no meu dia a dia, não posso dizer que virou um hábito pois, devido à necessidade das pulseiras específicas, não pude usar com a maioria."	

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A média geral obtida na avaliação do *personal* foi de 4,0, evidenciando uma aceitação positiva do sistema. As respostas atribuídas com maior frequência foram os valores 4 e 5, que juntos representaram 77,3% do total. Apenas uma resposta foi inferior à média, indicando que avaliações negativas foram pontuais e não representam a experiência geral com o sistema. A Figura 46 apresenta a distribuição percentual das respostas, agrupadas por valor da escala.

Figura 46 - Distribuição das respostas do *Personal trainer* (Escala Likert).



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A análise das respostas permite identificar os principais pontos positivos percebidos pelo profissional. Itens como a facilidade de aprendizado, a intuitividade da navegação e a sensação de que o uso do sistema torna o acompanhamento mais interessante foram destacados com nota máxima. Além disso, o profissional afirmou que os benefícios percebidos compensam o tempo investido na utilização da ferramenta, o que reforça a relevância prática do sistema para a rotina de profissionais da área.

Por outro lado, alguns itens foram avaliados de forma mais moderada. A menor nota registrada (2) foi atribuída à afirmativa relacionada à facilidade para analisar o progresso individual das alunas, apontando uma limitação do sistema em sua versão atual. Outras questões receberam nota 3, incluindo aquelas relacionadas à integração com os equipamentos disponíveis, à incorporação do sistema à rotina profissional como hábito e à influência social percebida

para adoção do sistema. Esses pontos indicam oportunidades claras de aprimoramento, sobretudo no que diz respeito à compatibilidade com diferentes dispositivos, à automação de análises e à consolidação do uso recorrente no cotidiano profissional.

A avaliação foi complementada com um comentário aberto, no qual o profissional compartilhou percepções importantes. Ele reconheceu o valor do sistema mesmo em sua fase prototípica, destacando a possibilidade de acompanhamento remoto das alunas e de gestão simultânea de múltiplos treinos como diferenciais positivos. No entanto, também pontuou que a dependência das pulseiras específicas fornecidas para os testes limitou o uso contínuo da solução. Ele sugeriu que, para ampliar a aplicabilidade do sistema, seria interessante permitir a integração com outras marcas de dispositivos, bem como incluir recursos de acompanhamento e feedback mais detalhados.

Em síntese, a avaliação realizada pelo *personal trainer* corrobora os resultados obtidos junto às usuárias finais, ao indicar que o GymGuardian apresenta boa aceitação, é funcional e oferece benefícios concretos para a prática profissional. As sugestões apresentadas reforçam a necessidade de evolução do sistema em aspectos como compatibilidade tecnológica, personalização do acompanhamento e estratégias para promover o uso habitual. Esses dados, somados às demais análises, contribuem para validar o potencial da arquitetura enativa proposta como base para soluções tecnológicas voltadas à personalização de treinos e ao suporte inteligente no contexto da saúde e bem-estar.

5.4 TRATAMENTO ÉTICO E SEGURANÇA DOS DADOS

Para garantir a privacidade e a segurança das informações das participantes, esta pesquisa adotou integralmente os princípios éticos da pesquisa com seres humanos, bem como as diretrizes estabelecidas pela Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD – Lei nº 13.709/2018). Todos os dados coletados foram tratados de forma anônima, assegurando que nenhuma participante pudesse ser identificada individualmente em qualquer etapa da investigação.

O tratamento e a análise dos dados foram conduzidos exclusivamente pela pesquisadora responsável, não havendo compartilhamento com terceiros nem utilização para finalidades

distintas das estabelecidas no escopo da pesquisa. As informações foram armazenadas em ambiente digital seguro, com acesso restrito e mecanismos de proteção contra acessos não autorizados.

As participantes foram devidamente esclarecidas sobre os objetivos do estudo, as formas de coleta e uso dos dados e seus direitos, por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Ficou garantido, ainda, o direito de solicitar a exclusão dos dados a qualquer momento. Dessa forma, todas as etapas da pesquisa respeitaram os princípios de confidencialidade, integridade e proteção de dados pessoais. Como mencionado anteriormente, o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Mogi das Cruzes, CAAE: 79902824.1.0000.5497.

5.5 LIMITAÇÕES DO ESTUDO E AMEAÇAS À VALIDADE

Embora os resultados obtidos tenham sido bastante promissores, é importante considerar algumas observações que orientam a interpretação dos achados e apontam oportunidades para futuros aprimoramentos. Uma delas refere-se ao tamanho amostral reduzido e à amostragem por conveniência, características que naturalmente limitam a generalização dos dados para a totalidade da população gestante. No entanto, essa escolha foi coerente com o caráter exploratório do estudo e com o objetivo de validar, em uma prova de conceito, a funcionalidade do sistema. Destaca-se ainda que 62% das participantes relataram experiências anteriores com gestação, o que contribui para uma avaliação mais próxima da realidade simulada. Etapas futuras contemplarão testes com amostras maiores e mais diversas, incluindo gestantes em contexto clínico real.

Outra consideração relevante diz respeito ao ambiente de simulação. Apesar de o sistema ter sido parametrizado com base em aspectos fisiológicos, comportamentais e emocionais característicos da gestação, sua aplicação não ocorreu em um cenário clínico real, respeitando protocolos éticos estabelecidos para salvaguardar o bem-estar das participantes. Como alternativa, foram utilizadas autoavaliações subjetivas e validação por profissionais experientes no acompanhamento de gestantes, assegurando maior rigor à análise. O uso em contextos clínicos

reais será incorporado em fases subsequentes, com acompanhamento multidisciplinar apropriado.

Além disso, o estudo optou por não utilizar análises multivariadas ou testes de impacto longitudinal nesta fase inicial. Essa escolha foi estratégica, com foco na validação da estrutura funcional e da experiência de uso do sistema. Apesar disso, os dados obtidos já oferecem uma base relevante para o desenvolvimento de futuras investigações com delineamentos mais robustos, incluindo grupos controle e análises em múltiplas etapas.

Por fim, a aplicação de inteligência artificial generativa (IAG) em contextos de saúde ainda demanda atenção contínua quanto à segurança e confiabilidade das recomendações. Neste trabalho, o sistema GymGuardian foi desenvolvido com uma arquitetura baseada em princípios de transparência e rastreabilidade, permitindo que todas as decisões automatizadas possam ser revisadas.

Em conjunto, essas limitações não comprometem a relevância dos achados, mas apontam para caminhos importantes de refinamento e expansão da pesquisa. A condução cuidadosa das simulações, o uso de protocolos éticos e a transparência na construção dos módulos de IA reforçam a robustez da proposta, que agora pode avançar para etapas mais complexas de validação empírica.

5.6 INTERPRETAÇÃO E CONTRIBUIÇÕES

Apesar das limitações, este estudo contribui metodologicamente ao apresentar um processo sistemático de modelagem de sistemas enativos com aplicação direta à saúde. A proposta se diferencia por articular fundamentos da cognição enativa com tecnologias atuais de IAG e arquitetura sensível ao contexto, apontando caminhos inovadores para a construção de soluções mais responsivas, humanizadas e personalizadas.

O uso do GymGuardian mostrou que é possível integrar dados fisiológicos, emocionais e ambientais em tempo real para guiar decisões automatizadas, respeitando a individualidade dos usuários e promovendo uma experiência tecnológica mais alinhada às demandas das pessoas. Isso reforça o potencial dos sistemas enativos como nova categoria de ferramentas de

suporte à saúde, indo além do monitoramento e aproximando-se de uma coadaptação contínua entre humano e máquina.

Futuros estudos devem testar a aplicação do sistema com gestantes reais em diferentes estágios, avaliando impacto clínico, adesão a médio e longo prazo, e possíveis efeitos sobre indicadores de saúde materno-fetal. Também será importante incorporar mecanismos de feed-back profissional mais robustos e expandir o uso da IAG com controle supervisionado.

6. CONCLUSÃO

A presente tese teve como propósito propor, modelar e validar um processo de desenvolvimento de sistemas enativos voltados ao suporte da prática de atividades físicas, com foco especial em usuárias com condições específicas, como as gestantes. A proposta uniu fundamentos da cognição enativa, tecnologias vestíveis, monitoramento fisiológico e inteligência artificial para desenvolver uma solução tecnicamente viável, sensível ao contexto e centrada no usuário. A pesquisa reforça que, ao respeitar a individualidade e variabilidade de cada indivíduo, é possível promover experiências mais seguras e eficazes no uso da tecnologia em saúde.

A partir dessa abordagem, foi desenvolvido o sistema GymGuardian, concebido como prova de conceito para o processo modelado. Sua estrutura adaptativa e dinâmica, orientada por dados em tempo real e pela experiência subjetiva da aluna, demonstra a aplicabilidade prática do modelo e evidencia o potencial dos sistemas enativos no suporte ao bem-estar físico personalizado.

6.1 CONTRIBUIÇÕES

Esta tese contribuiu significativamente ao propor uma resposta estruturada à pergunta de pesquisa: *"Como implementar sistemas computacionais que auxiliem a prática segura de atividade física, que sejam dinamicamente adaptativos e evolutivos, atendendo às necessidades e preferências de usuários com condições especiais, tais como a gestação?"* A principal entrega foi a formulação de um processo de desenvolvimento para sistemas enativos que integram dados fisiológicos, emocionais e ambientais ao processo de tomada de decisão. Essa modelagem, representada por meio da notação BPMN, facilitou a compreensão por equipes multidisciplinares e reforçou a capacidade do modelo de ser aplicado em diferentes contextos.

A construção do GymGuardian, sistema computacional concebido como prova de conceito do processo proposto, demonstrou a viabilidade técnica e a aplicabilidade prática da abordagem. O sistema realiza sugestões, monitoramento e ajustes de treinos personalizados com base em dados contextuais e utiliza tecnologias contemporâneas como RAG e LLMs para apoiar decisões inteligentes. A avaliação do sistema, tanto por usuárias quanto por um profissional de Educação Física, indicou uma percepção positiva quanto à utilidade, à inovação e à

adequação da proposta. Além do foco na saúde gestacional, destaca-se a versatilidade do processo desenvolvido, que pode ser adaptado a outros públicos com necessidades específicas, como idosos, pessoas em reabilitação ou com doenças crônicas, ampliando o escopo de aplicação para diferentes áreas da saúde.

6.2 TRABALHOS FUTUROS

Como desdobramento natural da pesquisa, sugere-se a ampliação da base de usuários do sistema, incluindo amostras mais numerosas e representativas de diferentes contextos sociais, culturais e clínicos. A realização de estudos longitudinais também é uma sugestão, pois permitiria investigar o impacto do uso contínuo do sistema sobre a adesão a programas de atividade física e seus efeitos nos indicadores de saúde e bem-estar. Além disso, é recomendada a integração do sistema com plataformas de telessaúde, o que viabilizaria seu uso em regiões com acesso limitado a acompanhamento presencial, ampliando seu alcance populacional.

Outra frente relevante de evolução envolve o desenvolvimento de mecanismos de supervisão híbrida, que combinem inteligência artificial C
e intervenção humana, com o objetivo de assegurar maior segurança, ética e confiabilidade nas recomendações geradas pelo sistema. Nessa mesma direção, propõe-se o aprimoramento da solução para incorporar, por meio de smartwatches ou dispositivos similares, a leitura e análise de outros sinais fisiológicos além da frequência cardíaca — como a variabilidade da frequência cardíaca, a saturação de oxigênio no sangue, temperatura corporal da pele, padrões respiratórios e atividade muscular, monitoramento do sono, entre outros — ampliando, assim, a sensibilidade do sistema ao estado corporal dos usuários. Também se espera a adaptação do processo a diferentes contextos, como reabilitação motora, cuidados paliativos ou ações de promoção da saúde. Esses desdobramentos ampliam o potencial de impacto social e científico da proposta, consolidando os sistemas enativos como ferramentas eficazes para o cuidado personalizado em saúde.

6.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tese reforça a ideia de que sistemas computacionais podem — e devem — ser pensados a partir da experiência viva de seus usuários. Ao modelar a tecnologia a partir de interações corporificadas e contextuais, amplia-se o potencial de impacto positivo na vida das pessoas.

Resumindo, este trabalho demonstrou que é possível construir soluções tecnológicas inovadoras, cientificamente fundamentadas e sensíveis à realidade do usuário, promovendo uma nova perspectiva para o desenvolvimento de sistemas inteligentes em saúde personalizada.

REFERÊNCIAS

ACOG Committee Opinion. Physical Activity and Exercise During Pregnancy and the Postpartum Period: ACOG Committee Opinion, Number 804. **Obstetrics & Gynecology** 135(4): p e178-e188, April 2020. | DOI: 10.1097/AOG.0000000000003772.

ADETUNJI, O. *et al*. Dawning of Progressive Web Applications (PWA): Edging Out the Pitfalls of Traditional Mobile Development. **American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences**, Jordan, v. 68, n. 1, p. 85–99, 2020.

AN, J.; DING, W.; LIN, C. ChatGPT. **tackle the growing carbon footprint of generative AI**, v. 615, p. 586, 2023.

ARTAL, R. *et al.* **Exercise during pregnancy and the postpartum period**. Clin Obstet Gynecol, v. 46, n. 2, p. 496-499, 2022.

ARTAL, R; O'TOOLE, M. **Guidelines of the American College of Obstetricians and Gynecologists for exercise during pregnancy and the postpartum period**. British journal of sports medicine, v. 37, n. 1, p. 6-12, 2003.

BARBOSA, L. M.; PORTES, L. A. F. **A inteligência artificial**. Revista Tecnologia Educacional [on line], Rio de Janeiro, n. 236, p. 16-27, 2023.

BATISTA, D. C. *et al.* **Atividade física e gestação:** saúde da gestante não atleta e crescimento fetal. Revista brasileira de saúde materno infantil, v. 3, p. 151-158, 2003.

BEIGHLEY, L.; MORRISON, M. **Head First HTML and CSS**. 2. ed. Beijing: O'Reilly Media, 2018.

BENTO, E. J. **Desenvolvimento web com PHP e MySQL**. São Paulo: Casa do Código, 2021.

BERGLUND, M. E.; DUVALL, J.; DUNNE, L. E. A survey of the historical scope and current trends of wearable technology application**s**. *In*: PROCEEDINGS OF THE 2016 ACM INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WEARABLE COMPUTERS, 16., 2016, Heidelberg Germany. **Anais** [...] New York: Association for Computing Machinery, 2016. p. 40-43.

BORG, G. A. **Psychophysical bases of perceived exertion.** Medicine & science in sports & exercise, 1982.

BREVE, Fabricio Aparecido. **Aprendizado de máquina em redes complexas**. 2010. Tese (Doutorado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

CAMPOS, A. L. *et al*. Primíparas investigadas quanto a atividade física em uma Estratégia da Saúde da Família (ESF). **Brazilian Journal of Health Review**, v. 4, n. 1, p. 1761-1781, 2021.

CASTRO, E.; HYSLOP, B. **HTML5 e CSS3**: guia rápido. Rio de Janeiro: Alta Books, 2016.

CHENG, M. *et al.* A survey on knowledge-oriented retrieval-augmented generation. **arXiv preprint arXiv:2503.10677**, 2025.

CHUAH, S. H. *et al.* **Wearable technologies:** The role of usefulness and visibility in smartwatch adoption. Computers in Human Behavior, v. 65, p. 276-284, 2016.

CORONEL, C.; MORRIS, S**. Database Systems:** Design, Implementation, & Management. 12. ed. Boston: Cengage Learning, 2016.

CROCKFORD, D. **JavaScript:** The Good Parts. 1. ed. O'Reilly Media, 2008.

DALL'OGLIO, P. **PHP:** Programando com Orientação a Objetos. 2. ed. São Paulo: Novatec, 2009.

DI PAOLO, E. A.; ROHDE, M.; DE JAEGHER, H. Horizons for the enactive mind: Values, social interaction, and play. **Enaction: Toward a new paradigm for cognitive science**, p. 33-87, 2010.

DAMACENO, S. S. *et al.* Inteligência artificial: uma breve abordagem sobre seu conceito real e o conhecimento popular. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-SERGIPE**, v. 5, n. 1, p. 11-11, 2018.

DAVIS, F. D.; BAGOZZI, R. P.; WARSHAW, P. R. User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. **Management Science**, v. 35, n. 8, p. 982-1003, 1989.

DEVLIN, J. *et al.* **BERT**: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. arXiv:1810.04805, 2019. Disponível em: https://arxiv.org/abs/1810.04805. Acesso em: 16. out. 2024.

FLANAGAN, D. **JavaScript:** The Definitive Guide. 7. ed. Sebastopol: O'Reilly Media, 2020. 1240 p.

FRANCO, A. O.; GOMES, M. G. Desafios e oportunidades na saúde digital. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 33, 2017.

FREEMAN, E. **Head First HTML and CSS.** 3. ed. O'Reilly Media, 2021.

GAO, D. *et al.* Assistgpt: A general multi-modal assistant that can plan, execute, inspect, and learn. **arXiv preprint arXiv:2306.08640**, 2023.

GITHUB. **Mi Band 6 Heart Rate Monitor**. 2022. Disponível em: https://github.com/gzalo/miband-6-heart-rate-monitor. Acesso em: marco de 2024.

GÓMEZ-SIERRA, C. J. Design and development of a PWA-Progressive Web Application, to consult the diary and programming of a technological event. *In*: **Iop Conference Series: Materials Science and Engineering**., v. 1154, n. 1, p. 012047, 2021.

GUEDES, G. T. **UML 2:**Uma abordagem prática. Novatec Editora, 2018.

HAVERBEKE, M. **Eloquent JavaScript:** A Modern Introduction to Programming. 4. ed. No Starch Press, 2024.

HAYASHI, E. C. S; BARANAUSKAS, M. C. C. Accessibility and affect in technologies for museums: a path towards socio-enactive systems. In: **Proceedings of the XVI Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems**. 2017. p. 1-10.

HUIFENG, W.; KADRY, S. N.; RAJ, E. D. Continuous health monitoring of sportsperson using IoT devices based wearable technology**. Computer Communications**, v. 160, p. 588-595, 2020.

ISLER, G. L.; ALMEIDA, C. J. S.; MACHADO, A. A. Iniciação e aderência à prática do treinamento personalizado online: Foco na atuação de treinadores e clientes. **A educação física em foco 3**, 2019.

JEONG, C. Beyond Text: Implementing Multimodal Large Language Model-Powered Multi-Agent Systems Using a No-Code Platform. **arXiv preprint arXiv:2501.00750**, 2025.

KAIPAINEN, M. *et al.* Enactive systems and enactive media: embodied human-machine coupling beyond interfaces. Leonardo, v. 44, n. 5, p. 433-438, 2011.

KAIPAINEN, M.; HAUTAMÄKI, A. **Epistemic Pluralism and Multi-Perspective Knowledge Organization 503**. [s.l: s.n.].

KAIPAINEN, M; HAUTAMÄKI, A. Epistemic pluralism and multi-perspective knowledge organization: Explorative conceptualization of topical content domains. **KO KNOWLEDGE ORGANIZATION,** v. 38, n. 6, p. 503-514, 2011.

KALOTA, F. A Primer on Generative Artificial Intelligence. **Education Sciences**, v. 14, n. 2, p. 172, 2024.

KUMAR, R. **Real-time Data Processing and Applications.** Springer, 2019.

LEWIS, P. *et al.* Retrieval-augmented generation for knowledge-intensive nlp tasks. **Advances in neural information processing systems**, v. 33, p. 9459-9474, 2020.

LOBO, L. C. Inteligência artificial e medicina. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 41, p. 185-193, 2017.

LOU, Z. *et al.* Reviews of wearable healthcare systems: Materials, devices and system integration. **Materials Science and Engineering: R: Reports**, v. 140, p. 100523, 2020.

LUDERMIR, T. B. Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina: estado atual e tendências. **Estudos Avançados**, v. 35, p. 85-94, 2021.

MAGRANI, E. **Entre dados e robôs**: ética e privacidade na era da hiperconectividade. Arquipélago Editorial, 2019.

MÉNDEZ MENDOZA, Y. L; C. BARANAUSKAS, M. C. Beyond the Physical and Virtual for a Socioenactive Interaction. In: **Proceedings of the XI Latin American Conference on Human Computer Interaction**. 2023. p. 1-8.

MHASKE, A. *et al.* Progressive web app for educational system. **International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)**, v. 5, n. 1, 2018.

MINETTO, E. L. **Frameworks para Desenvolvimento em PHP.** São Paulo: Novatec, 2007.

Ministério da Saúde. Caderneta da Gestante Versão eletrônica. 2022 Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/caderneta_gestante_versao_eletronica_2022.pdf. Acesso em: março de 2024.

MIRO. **Wireframe templates.** 2024. Disponível em . Acesso em: novembro de 2024.
MOTTOLA, M. F. *et al.* 2019 Canadian guideline for physical activity throughout pregnancy. British journal of sports medicine, v. 52, n. 21, p. 1339-1346, 2018.

n8n. **Welcome to n8n Docs#** 2024. Disponível em: https://docs.n8n.io/. Acesso em: maio 2025.

OLIVEIRA, T. M. V. Escalas de mensuração de atitude: Thrstone, Osgood, Stapel, Likert, Guttman, Alpert. **Revista Administração online**, São Paulo, v.2, n.2, abr./jun. 2001. Disponível em: https://eaesp.fgv.br/sites/eaesp.fgv.br/files/pesquisa-eaesp-files/arquivos/veludo_-_escalas_de_mensuracao_de_atitudes_thurstone_osgood_stapel_likert_guttman_alpert.pdf. Acesso em: 16 maio. 2025.

OMG. **BPMN Specification** - Business Process Model and Notation. Disponível em: <http://www.bpmn.org/>. Acesso em: março de 2025.

PAIANO, V. C. Investigando ferramentas síncronas e assíncronas na interação em educação a distância. 2007.

PRADHAN, B; BHATTACHARYYA, S.; PAL, K. IoT-based applications in healthcare devices. **Journal of healthcare engineering**, v. 2021, p. 1-18, 2021.

PRISMA. Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. Epidemiol. Serv. Saúde, Brasilia, v. 24, n.2, 2015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.5123/S1679-49742015000200017

QIN, S. J.; CHIANG, L. H. Advances and opportunities in machine learning for process data analytics. **Computers & Chemical Engineering**, v. 126, p. 465-473, 2019.

RAMOS, A. T. Atividade física: diabéticos, gestantes, 3ª idade, crianças, obesos. **Rio de Janeiro: Sprint**, 1999.

REIS, G. F. Alterações fisiológicas maternas da gravidez. **Brazilian Journal of Anesthesiology**, v. 43, n. 1, p. 3-9, 2020.

ROAZZI, A.; SOUZA, B. C. Repensando a inteligência. **Paidéia (Ribeirão Preto)**, v. 12, p. 31-55, 2002.

ROMERO, S. C. S. *et al*. Condutas de obstetras acerca do exercício físico na gestação. **Revista Corpoconsciência**, Santo André, vol. 16, n. 2, p. 46-60, jul./dez. 2012.

RUSSELL, S. J.; NORVIG, P. **Artificial intelligence: a modern approach**. 4th Edition. Pearson Education, 2021.

SANTINI, C.; IMAKAWA, T. S.; MOISÉS, E. C. D. Physical activity during pregnancy: recommendations and assessment tools. **Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia**, v. 39, p. 424-432, 2017.

SANTOS, V. S. **Gravidez**. c2025. Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/biologia/gravidez.htm. Acesso em: 27 jan. 2023.

SARAIVA, L. B. *et al.* A Realidade Aumentada na prática de exercícios físicos. **DAT Journal**, v. 6, n. 4, p. 338-355, 2021.

SARKER, I. H. AI-based modeling: techniques, applications and research issues towards automation, intelligent and smart systems. **SN Computer Science**, v. 3, n. 2, p. 158, 2022.

SERRANO, M.; GARCÍA, F. **Modern Web Development**. Springer, 2016.

SESHADRI, D. R. *et al.* Clinical translation of biomedical sensors for sports medicine. **Journal of medical engineering & technology**, v. 43, n. 1, p. 66-81, 2019.

SHEN, Z. Llm with tools: A survey. **arXiv preprint arXiv:2409.18807**, 2024.

SOFLANO, M.; CONNOLLY, T. M.; HAINEY, T. An application of adaptive games-based learning based on learning style to teach SQL. Computers & Education, v. 86, p. 192–211, 2015.

SOGESP. **Gravidez**: as fases da gestação, alimentação e exercícios. 2024. Disponível em https://www.sogesp.com.br/saude-mulher/blog-da-mulher/gravidez-as-fases-da-gestacao-alimentacao-e-exercicios/. Acesso em: mar. 2024.

STERNFELD, B. Physical activity and pregnancy outcome: review and recommendations. Sports medicine, v. 23, p. 33-47, 1997.

SUN, C. *et al.* How to fine-tune bert for text classification?. In: **China national conference on Chinese computational linguistics**. Cham: Springer International Publishing, 2019. p. 194-206.

SUPABASE. **Client Libraries and Integrations.** 2023c. Disponível em: https://supabase.com/docs/reference. Acesso em: 20 abr. 2024.

SUPABASE. **Realtime: Listen to database changes in realtime.** 2023b. Disponível em: https://supabase.com/docs/guides/realtime. Acesso em: 20 abr. 2024.

SUPABASE. **Self-hosting Supabase.** 2023d. Disponível em: https://supabase.com/docs/guides/self-hosting. Acesso em: 20 abr. 2024.

SUPABASE. **What is Supabase?.** 2023a. Disponível em: https://supabase.com/docs. Acesso em: 20 abr. 2024.

TAVARES, L. A.; MEIRA, M. C.; DO AMARAL, S. F. Inteligência artificial na educação: Survey. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 48699-48714, 2020.

TITTEL, E.; HOLLAND, J. N. **HTML, XHTML e CSS para leigos.** 7. ed. Rio de Janeiro: Alta Books, 2015.

VARELA, T.; THOMPSON, E. R. **The Embodied Mind**, v. 22, 1991.

VARELA, F. J.; THOMPSON, E.; ROSCH, E. **The embodied mind: Cognitive science and human experience (revised edition)**. Cambridge Massachusetts, 2016.

VENKATESH, V.; THONG, J.; XU, X. Consumer acceptance and use of information technology: extending the unified theory of acceptance and use of technology. **MIS quarterly**, p. 157-178, 2012.

VIEIRA, B. D.; PARIZOTTO, A. P. A. V. Alterações psicológicas decorrentes do período gravídico. **Unoesc & Ciência-ACBS**, v. 4, n. 1, p. 79-90, 2013.

VIEIRA, V.; TEDESCO, P.; SALGADO, A. C. A process for the design of context-sensitive systems. In: **2009 13th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design**. IEEE, 2009a. p. 143-148.

VIEIRA, V.; TEDESCO, P.; SALGADO, A. C. Modelos e processos para o desenvolvimento de sistemas sensíveis ao contexto. In: CARVALHO, André Ponce de Leon F. de; KOWALTOWSKI, Tomasz (org.). **Jornadas de Atualização em Informática**, p. 381-431, 2009b.

WANG, H. *et al.* A survey of the evolution of language model-based dialogue systems. **arXiv preprint arXiv:2311.16789**, 2023.

World Health Organization, 2022. **WHO | Physical activity**. WHO. URL: https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity. Acesso em 28 de janeiro de 2023.

ZHAO, P. *et al.* Retrieval-augmented generation for ai-generated content: A survey. **arXiv preprint arXiv:2402.19473**, 2024.

ZHOU, Q. *et al.* **Event-driven Data Architectures for Real-Time Applications.** ACM Transactions on Data Science, v. 2, n. 4, p. 1–25, 2021.

APÊNDICE A – Respostas e análise das perguntas TAM - Experiência das usuárias com o Sistema GymGuardian.

Análise quantitativa das perguntas TAM (P1 a P13)

Pergunta 1 – "O uso do sistema GymGuardian foi fácil de aprender":

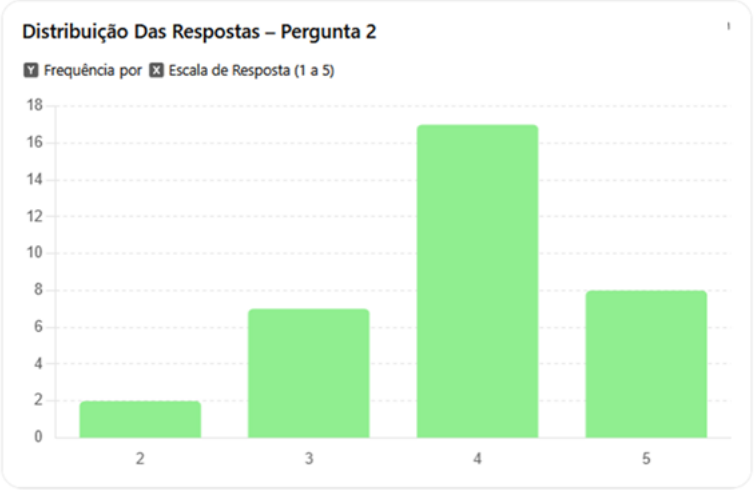
- Total de respondentes: 34
- Média das respostas: 3,74
- Distribuição das respostas:
  - Nota 1: 2 respondentes
  - Nota 2: 2 respondentes
  - Nota 3: 8 respondentes
  - Nota 4: 13 respondentes
  - Nota 5: 9 respondentes



A maioria das participantes avaliou positivamente a facilidade de aprendizado do sistema, com 65% das respostas concentradas nos níveis 4 e 5 da escala. A média de 3,74 indica uma tendência favorável, embora haja um número significativo de respostas neutras (nota 3), o que pode sugerir oportunidades para tornar a curva de aprendizado ainda mais intuitiva.

Pergunta 2 – "Interagir com o sistema foi simples e intuitivo":

- Total de respondentes: 34
- Média das respostas: 3,91
- Distribuição das respostas:
  - Nota 2: 2 respondentes
  - Nota 3: 7 respondentes
  - Nota 4: 17 respondentes
  - Nota 5: 8 respondentes



A média próxima de 4 indica que a maioria das usuárias percebeu a interação com o sistema como simples e intuitiva.

As notas 4 e 5 somam aproximadamente 74% das respostas, reforçando a percepção positiva. Ainda assim, 7 participantes permaneceram neutros, o que pode indicar que determinados elementos da interface poderiam ser aprimorados para facilitar ainda mais a interação.

Pergunta 3 – "Consegui realizar as tarefas no sistema sem precisar de ajuda":

- Total de respondentes: 34
- Média das respostas: 3,94
- Distribuição das respostas:
  - Nota 1: 1 respondente
  - Nota 2: 2 respondentes
  - Nota 3: 6 respondentes
  - Nota 4: 14 respondentes
  - Nota 5: 11 respondentes



A maioria das alunas (73%) avaliou positivamente sua autonomia no uso do sistema (notas 4 e 5), com média de 3,94. Essa tendência indica que o GymGuardian foi percebido como funcional e operável sem a necessidade de assistência constante. No entanto, a presença de respostas mais baixas (1 e 2) sugere que uma pequena parte das usuárias pode ter encontrado obstáculos específicos, o que pode motivar melhorias pontuais na interface ou nas instruções de uso.

Pergunta 4 – "A interface do sistema é clara e bem organizada":

- Total de respondentes: 34
- Média das respostas: 3,88
- Distribuição das respostas:
  - Nota 1: 2 respondentes
  - Nota 3: 7 respondentes
  - Nota 4: 16 respondentes
  - Nota 5: 9 respondentes



A maioria das participantes
com notas 4 e 5. A média de 3,88 c

distribuída. As respostas neutras e negativas, embora minoritárias, indicam que ainda há espaço para ajustes na interface com foco em acessibilidade ou usabilidade visual.

Pergunta 5 – "Sinto-me confiante ao utilizar o sistema sozinha":

- Total de respondentes: 34
- Média das respostas: 3,94
- Distribuição das respostas:
  - Nota 2: 1 respondente
  - Nota 3: 10 respondentes
  - Nota 4: 13 respondentes
  - Nota 5: 10 respondentes



Com 68% das respostas nos níveis mais altos da escala (4 e 5), os dados indicam que a maioria das alunas se sentiu confiante ao utilizar o sistema de forma autônoma. A média de 3,94 reflete essa tendência positiva, embora o número expressivo de respostas neutras (nota 3) sugira que ainda há espaço para reforçar a usabilidade e promover maior segurança no uso independente do sistema.

Pergunta 6 – "O sistema ajudou a personalizar meu treino de forma eficaz":

- Total de respondentes: 34
- Média das respostas: 4,00
- Distribuição das respostas:
  - Nota 2: 2 respondentes
  - Nota 3: 8 respondentes
  - Nota 4: 12 respondentes
  - Nota 5: 12 respondentes

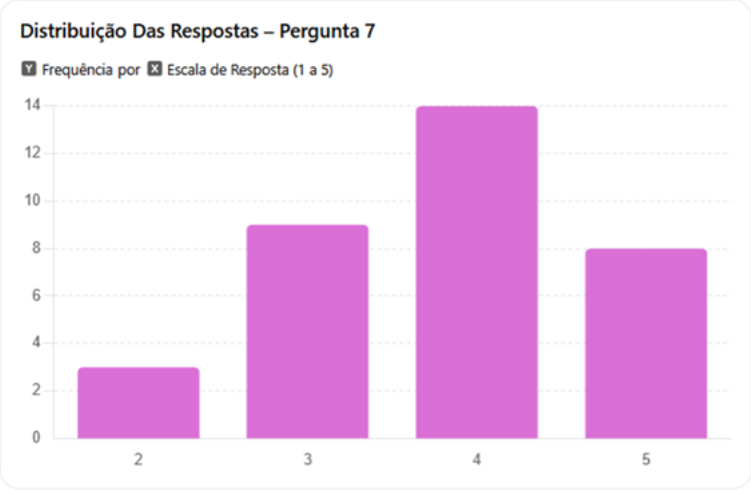


Os dados revelam uma pe os treinos, com 71% das respostas n as

reconhecem a adequação do conteúdo gerado às suas características. Apesar disso, o número de respostas neutras e duas avaliações negativas indicam que há margem para refinamentos no processo de personalização para torná-lo ainda mais ajustado a todos os perfis de usuário.

Pergunta 7 – "Usar o GymGuardian melhorou meu engajamento nas atividades físicas":

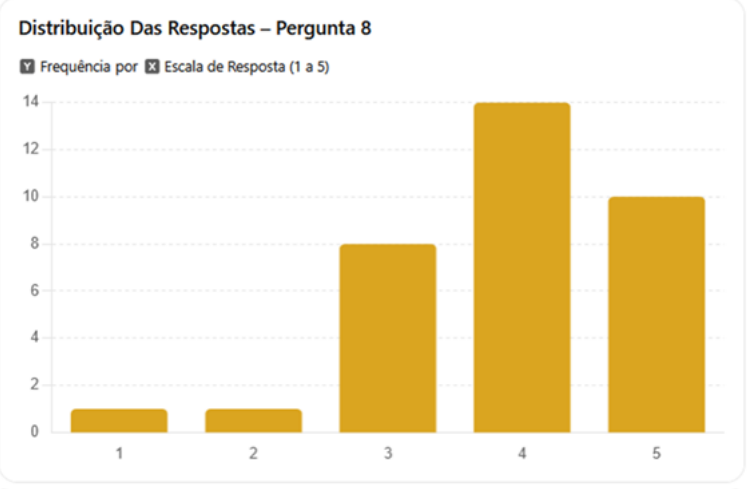
- Total de respondentes: 34
- Média das respostas: 3,79
- Distribuição das respostas:
  - Nota 2: 3 respondentes
  - Nota 3: 9 respondentes
  - Nota 4: 14 respondentes
  - Nota 5: 8 respondentes



A maioria das participantes (65%) atribuiu notas 4 ou 5, indicando que o uso do sistema contribuiu para o aumento do engajamento nas atividades físicas. Com média de 3,79, os dados sugerem que o sistema foi eficaz nesse aspecto, embora a presença de respostas neutras (26%) e algumas avaliações mais baixas indiquem que o impacto percebido pode variar conforme o perfil e a motivação individual das usuárias.

Pergunta 8 – "O sistema me ajudou a acompanhar meu progresso de forma mais prática":

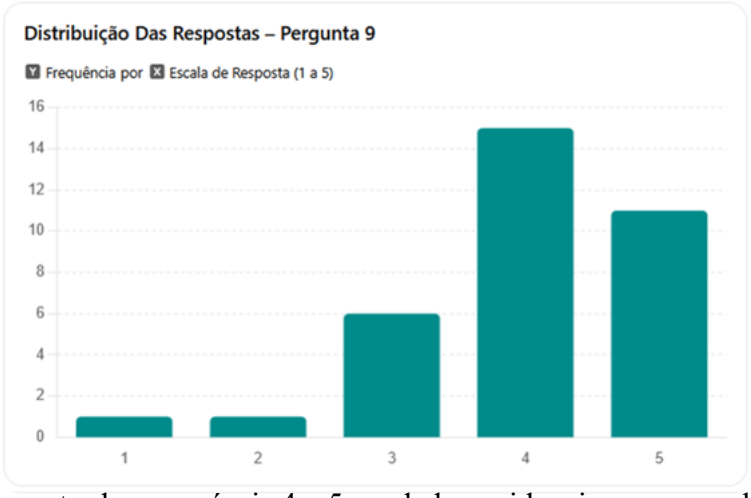
- Total de respondentes: 34
- Média das respostas: 3,91
- Distribuição das respostas:
  - Nota 1: 1 respondente
  - Nota 2: 1 respondente
  - Nota 3: 8 respondentes
  - Nota 4: 14 respondentes
  - Nota 5: 10 respondentes



A maioria das usuárias (71%) avaliou positivamente a praticidade oferecida pelo sistema para acompanhar o progresso das atividades. Com média próxima de 4, observa-se uma percepção favorável sobre essa funcionalidade. No entanto, a existência de notas neutras e duas avaliações mais baixas reforça a importância de manter e ampliar os recursos visuais e analíticos que auxiliam no monitoramento da evolução dos treinos.

Pergunta 9 – "Considero que o uso do sistema contribuiu positivamente para minha rotina de exercícios":

- Total de respondentes: 34
- Média das respostas: 4,00
- Distribuição das respostas:
  - Nota 1: 1 respondente
  - Nota 2: 1 respondente
  - Nota 3: 6 respondentes
  - Nota 4: 15 respondentes
  - Nota 5: 11 respondentes



Com 76% das respostas concentradas nos níveis 4 e 5, os dados evidenciam uma avaliação bastante positiva sobre o impacto do sistema na rotina de exercícios das alunas. A média exata de 4,0 reforça que a maioria reconheceu contribuições práticas e relevantes do GymGuardian em seu dia a dia. A presença de poucas avaliações negativas não compromete a percepção geral de valor do sistema, mas pode indicar situações específicas a investigar.

Pergunta 10 – "O sistema foi útil para adaptar os treinos às minhas necessidades pessoais":

- Total de respondentes: 34
- Média das respostas: 4,00
- Distribuição das respostas:
  - Nota 1: 2 respondentes
  - Nota 2: 1 respondente
  - Nota 3: 5 respondentes
  - Nota 4: 13 respondentes
  - Nota 5: 13 respondentes



A avaliação geral das alunas foi bastante favorável quanto à capacidade do sistema de adaptar os treinos de forma personalizada. Com 76% das respostas situadas nas notas 4 e 5, a percepção de utilidade prática do GymGuardian foi fortemente confirmada. A média exata de 4,0, aliada à distribuição equilibrada entre notas 4 e 5, indica que o sistema atendeu de forma satisfatória às necessidades específicas da maioria das usuárias.

Pergunta 11 – "Gostaria de continuar utilizando o sistema em futuras atividades":

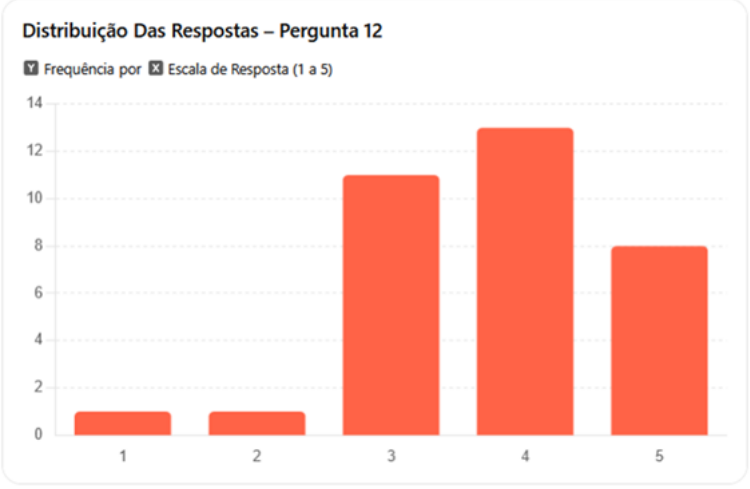
- Total de respondentes: 34
- Média das respostas: 3,97
- Distribuição das respostas:
  - Nota 2: 2 respondentes
  - Nota 3: 9 respondentes
  - Nota 4: 11 respondentes
  - Nota 5: 12 respondentes



A intenção de uso futuro do sistema foi bem avaliada pelas alunas. Com 68% das respostas em níveis altos (4 e 5), a maioria demonstrou disposição para continuar utilizando o GymGuardian. A média próxima de 4 indicam uma aceitação sólida. Ainda assim, o número de respostas neutras (9) sugere que a motivação para uso contínuo pode variar conforme o nível de personalização percebido ou o contexto de aplicação.

Pergunta 12 – "Recomendaria o uso do GymGuardian para outros colegas":

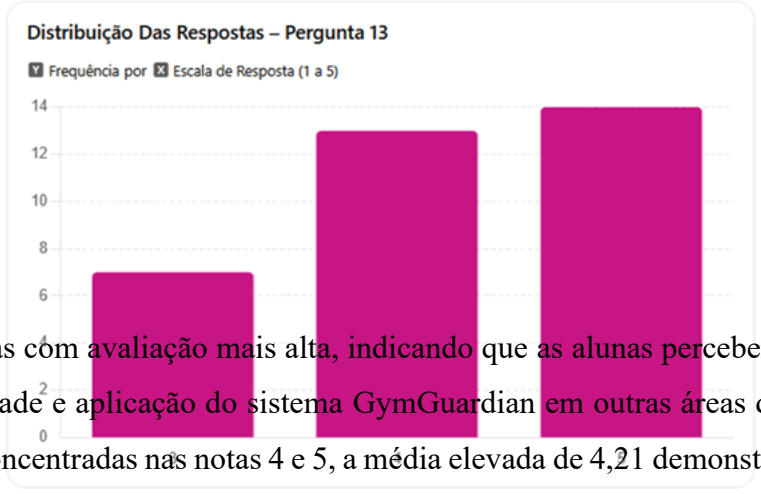
- Total de respondentes: 34
- Média das respostas: 3,76
- Distribuição das respostas:
  - Nota 1: 1 respondente
  - Nota 2: 1 respondente
  - Nota 3: 11 respondentes
  - Nota 4: 13 respondentes



- Nota 5: 8 respondentes

A maioria das participantes (62%) indicou disposição para recomendar o sistema, com notas 4 e 5. A média de 3,76 aponta para uma tendência positiva, embora o número expressivo de avaliações neutras (11 respondentes) sugira que há espaço para reforçar os diferenciais percebidos da solução a fim de estimular sua recomendação espontânea.

Pergunta 13 – "Acredito que esse tipo de sistema pode melhorar o acompanhamento em outras áreas da saúde":



- Total de respondentes: 34
- Média das respostas: 4,21
- Distribuição das respostas:
  - Nota 3: 7 respondentes
  - Nota 4: 13 respondentes
  - Nota 5: 14 respondentes

Esta foi uma das perguntas com avaliação mais alta, indicando que as alunas percebem um forte potencial de escalabilidade e aplicação do sistema GymGuardian em outras áreas da saúde. Com 79% das respostas concentradas nas notas 4 e 5, a média elevada de 4,21 demonstra uma visão otimista e confiante quanto à utilidade da tecnologia em contextos diversos.

Análise qualitativa da pergunta aberta 14: Quais foram os aspectos mais positivos da sua experiência com o sistema e o que você acha que poderia ser melhorado?

Aspectos Positivos Identificados:

- Praticidade e facilidade de uso:
- Exemplos:
  - *"Gostei da praticidade e da forma como o sistema me guiava nos treinos."*
  - *"Achei muito intuitivo. Facilitou minha rotina."*
  - *"Organizado e simples de acompanhar."*

- Interface e estética:

- Exemplos:
    - *“Amei a interface e o acompanhamento de treino.”*
    - *“Gostei muito da ideia do app.”*

- Engajamento e acompanhamento
- Exemplos:
    - *“Monitorar foi legal…”*
    - *“Gostei da praticidade e da forma como o sistema me controlava os treinos.”*

- Experiência geral positiva:
- Exemplos:
    - *“Muito legal a ideia.”*
    - *“Legal. Ajudou!”*

Sugestões e Pontos de Atenção:

- Tempo insuficiente de uso para avaliação adequada:
- Exemplo:
    - *“Não tive tempo suficiente para avaliar bem pois esqueci o relógio alguns dias.”*

- Necessidade de ajustes nos alertas/interrupções:
- Exemplo:
    - *“Monitorar foi legal, mas pede para parar o treino às vezes.”*

- Sistema ainda considerado “razoável” por algumas usuárias
- Exemplo:
    - *“Achei o sistema razoável. Cumpre o básico necessário.”*

A maioria das participantes avaliou o sistema de forma positiva, destacando sua praticidade, usabilidade, e ajuda no acompanhamento dos treinos. Os comentários reforçam as percepções apontadas nas respostas quantitativas e indicam que o sistema já apresenta uma base sólida de aceitação. As sugestões identificam oportunidades de refinamento, principalmente no que diz respeito a funcionalidades mais avançadas, maior tempo de experimentação e ajustes em notificações durante o uso.

APÊNDICE B – Fichas de Requisitos Funcionais e Não Funcionais

Figura 47 - Requisito Funcional Cadastrar Aluno.

Identificação do Requisito:	RF001 – Cadastrar aluno (registrar-se)		
Tipo de Requisito:	Funcional		
Caso(s) de Uso(s) vinculado(s):	DCU01		
Descrição:	O sistema deverá permitir que o aluno a ser monitorado se registre com os seguintes dados: Nome, e-mail, senha, fone, peso atual, altura, data nascimento, gestante (sim/não), meses de gestação, anamnese respondida (sim/não). Todos os campos são de preenchimento obrigatórios. Os campos de e-mail e fone deverão ser apresentados com máscara padrão de entrada. Qualquer usuário poderá cadastrar um aluno. No final uma mensagem de "Cadastrado com sucesso deverá ser exibida.		
Prioridade:	(X)Alta	( )Média	( )Baixa
Material de apoio:	Protótipo de telas de baixa fidelidade, Diagrama de Classes, Casos de Uso		
Variáveis sugeridas:	NomeAluno,EmailAluno,Senha,FoneAluno,PesoAtual,Altura,DtNasc,Gest,MesGest, Anamnese.		

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Figura 48 - Requisito Funcional Treino.

Identificação do Requisito:	RF002 – Treino		
Tipo de Requisito:	Funcional		
Caso(s) de Uso(s) vinculado(s):	DCU02		
Descrição:	O sistema deverá permitir que um treino seja gerado para o aluno em todos os dias de seu acesso. O treino deverá ser gerado a partir dos dados da anamnese do aluno bem como deverá permitir que seja gerado novamente (troca de treino) no caso de não concordar com as atividades. O usuário poderá optar por fazer ou não fazer o treino considerando as informações de tempo e/ou temperatura. Uma mensagem de "Buscar novo treino?" Sim/Não deverá aparecer aguardando pela resposta. Um botão de iniciar atividade deve estar disponível após a escolha feita pelo aluno, ou seja, o treino só se inicia quando o aluno optar pela atividade selecionando a mesma. Após a escolha o sistema deverá direcionar para outra tela de Execução do treino.		
Prioridade:	(X)Alta	( )Média	( )Baixa
Material de apoio:	Protótipo de telas de baixa fidelidade, Diagrama de Classes, Casos de Uso		
Variáveis sugeridas:	Atividade,Tempo,Temperatura		

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Figura 49 - Requisito Funcional Execução do Treino.

Identificação do Requisito:	RF003 – Execução do Treino		
Tipo de Requisito:	Funcional		
Caso(s) de Uso(s) vinculado(s):	DCU03		
Descrição:	O sistema deverá permitir que um treino seja acompanhado pelo aluno e pelo personal em um dashboard (**RF010**). A tela deverá conter a atividade a ser monitorada, os batimentos cardíacos em tempo real para que o personal ou o próprio aluno seja notificado de seus excessos. O sistema deverá permitir ainda que o aluno clique em um botão para interromper o treino a qualquer momento e no final o aluno poderá finalizar o treino clicando em um botão correspondente. Uma mensagem de "Treino interrompido!" ou "Treino finalizado!" deverá ser exibida. O aluno por sua vez deverá ser direcionado a tela de finalização do treino por qualquer motivo (vide RF006). O sistema deverá ainda possibilitar que o aluno veja um exemplo de como realizar o exercício proposto por meio de um botão de detalhes do treino, ou clicando na atividade, assim será direcionado a uma tela RF004.		
Prioridade:	(X)Alta	( )Média	( )Baixa
Material de apoio:	Protótipo de telas de baixa fidelidade, Diagrama de Classes, Casos de Uso		
Variáveis sugeridas:	Atividade,frequenciacardiaca		

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Figura 50 - Requisito Funcional Detalhes da Atividade.

Identificação do Requisito:	RF004 – Detalhes da atividade		
Tipo de Requisito:	Funcional		
Caso(s) de Uso(s) vinculado(s):	DCU03		
Descrição:	O sistema deverá permitir que uma atividade seja detalhada contendo uma imagem ou vídeo do exercício, a descrição e as instruções. Todos esses campos são obrigatórios. O usuário/aluno poderá ainda pesquisar sobre outros exercício nessa mesma tela.		
Prioridade:	( )Alta	(X)Média	( )Baixa
Material de apoio:	Protótipo de telas de baixa fidelidade, Diagrama de Classes, Casos de Uso		
Variáveis sugeridas:	Atividade,imagem,linkvideo,descrição,instrucoes		

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Figura 51 - Requisito Funcional Histórico de Treinos.

Identificação do Requisito:	RF005 – Histórico de treinos		
Tipo de Requisito:	Funcional		
Caso(s) de Uso(s) vinculado(s):	DCU04		
Descrição:	O sistema deverá permitir todos os treinos anteriores executados pelo aluno sejam consultados. Na tela deverá ser apresentado um calendário para escolha dos dias dos treinos e uma lista de todos eles logo abaixo. Se no dia selecionado não houver treinos a lista aparecerá vazia. Essa lista aparecerá também no dashboard, então poderá ser acessada pelo aluno e pelo personal.		
Prioridade:	( )Alta	(X)Média	( )Baixa
Material de apoio:	Protótipo de telas de baixa fidelidade, Diagrama de Classes, Casos de Uso		
Variáveis sugeridas:	DataTreino, Atividade, Tempo		

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Figura 52 - Requisito Funcional Finalizando o treino.

Identificação do Requisito:	RF006 – Finalizando o treino		
Tipo de Requisito:	Funcional		
Caso(s) de Uso(s) vinculado(s):	DCU04		
Descrição:	O sistema deverá possuir uma tela de finalização do treino proposto com os seguintes dados: Media dos batimentos, atividade realizada, tempo e calorias gastas na execução. O sistema deverá permitir que o usuário adicione essa atividade em suas atividades favoritas. Deverá ainda possuir um botão para avaliar o treino realizado e deverá ser direcionado a tela de avaliação detalhada no RF007.		
Prioridade:	(X)Alta	( )Média	( )Baixa
Material de apoio:	Protótipo de telas de baixa fidelidade, Diagrama de Classes, Casos de Uso		
Variáveis sugeridas:	MediaBatimentos, Atividade, Tempo, Calorias		

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Figura 53 - Requisito Funcional Avaliando o Treino.

Identificação do Requisito:	RF007 – Avaliando o treino		
Tipo de Requisito:	Funcional		
Caso(s) de Uso(s) vinculado(s):	DCU04		
Descrição:	O sistema deverá possuir uma tela de avaliação do treino proposto com os seguintes dados: percepção do treino e Observações do treino. O sistema deverá permitir que o usuário envie esses dados ao personal. Deverá ainda possuir um botão para enviar seguida da mensagem “Treino avaliado com sucesso!”.		
Prioridade:	(X)Alta	( )Média	( )Baixa
Material de apoio:	Protótipo de telas de baixa fidelidade, Diagrama de Classes, Casos de Uso		
Variáveis sugeridas:	Percepcao, Atividade, Observacao		

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Figura 54 - Requisito Não Funcional *Login*.

Identificação do Requisito:	RNF 001 – Login		
Tipo de Requisito:	Não Funcional		
Caso(s) de Uso(s) vinculado(s):	DCU 01		
Descrição:	O sistema deverá possuir uma tela de login onde o usuário/aluno informe seu e-mail e senha. Todos os campos são de preenchimento obrigatórios. Os dados deverão ser validados no banco de dados e exibir a mensagem de “Usuário não cadastrado!” caso não encontre. Caso os dados sejam validados poderá acessar a tela de treinos RF002. O sistema deverá permitir ainda que a senha seja alterada ou o usuário seja registrado no sistema.		
Prioridade:	(X)Alta	( )Média	( )Baixa
Material de apoio:	Protótipo de telas de baixa fidelidade, Diagrama de Classes, Casos de Uso		
Variáveis sugeridas:	usuario, senha		

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Figura 55 - Requisito Não Funcional Banco de Dados.

Identificação do Requisito:	RNF 002 – Banco de Dados		
Tipo de Requisito:	Não Funcional		
Caso(s) de Uso(s) vinculado(s):	Não se aplica		
Descrição:	O sistema deverá funcionar usando o banco de dados Firebase da plataforma Google. O sistema usará o realtime database disponível sob assinatura por um tempo pré -determinado.		
Prioridade:	(X)Alta	( )Média	( )Baixa
Material de apoio:	Não se aplica		
Variáveis sugeridas:	Não se aplica		

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Figura 56 - Requisito Não Funcional API Temperatura.

Identificação do Requisito:	RNF 003 – API Temperatura		
Tipo de Requisito:	Não Funcional		
Caso(s) de Uso(s) vinculado(s):	Não se aplica		
Descrição:	O sistema deverá funcionar usando uma API para capturar via longitude e latitude a localização do aluno no momento de execução do treino, afim de informa-lo sobre as condições climáticas que poderão afetar a qualidade das atividades.		
Prioridade:	(X)Alta	( )Média	( )Baixa
Material de apoio:	Não se aplica		
Variáveis sugeridas:	Não se aplica		

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Figura 57 - Requisito Não Funcional API Smartband.

Identificação do Requisito:	RNF 004 – API Relógio		
Tipo de Requisito:	Não Funcional		
Caso(s) de Uso(s) vinculado(s):	Não se aplica		
Descrição:	O sistema deverá funcionar usando uma API para capturar os batimentos cardíacos do aluno no momento de execução do treino, afim de informa-lo e o seu personal sobre situações que poderão afetar a qualidade das atividades.		
Prioridade:	(X)Alta	( )Média	( )Baixa
Material de apoio:	Não se aplica		
Variáveis sugeridas:	Não se aplica		

Fonte: Elaborado pela autora (2024).