



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ – UESPI
CAMPUS ALEXANDRE ALVES DE OLIVEIRA
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**



JOÃO DE OLIVEIRA CASTRO NETO

**DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO “QUEIME GLICOSE”:
SIMULAÇÃO DE VARIAÇÃO GLICÊMICA COM MODELO MATEMÁTICO
BASEADO EM EXERCÍCIO FÍSICO**

**Parnaíba – Piauí
2025**

JOÃO DE OLIVEIRA CASTRO NETO

**DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO “QUEIME GLICOSE”:
SIMULAÇÃO DE VARIAÇÃO GLICÊMICA COM MODELO
MATEMÁTICO BASEADO EM EXERCÍCIO FÍSICO**

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo) apresentado ao Curso de Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade Estadual do Piauí, Campus Alexandre Alves de Oliveira, como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. M.Sc. Francisco das Chagas Rocha

Desenvolvimento do Aplicativo “Queime Glicose”: Simulação de variação Glicêmica com Modelo Matemático Baseado em Exercício Físico

João de Oliveira Castro Neto¹ e Francisco das Chagas Rocha¹

¹ Coordenação do Curso de Ciência da Computação, Universidade Estadual do Piauí
Campus Prof. Alexandre Alves de Oliveira
Parnaíba, Piauí - Brasil

joaonetoc@aluno.uespi.br, rocha@phb.uespi.br

Abstract. *Diabetes is a chronic condition that presents significant challenges for individuals and healthcare systems worldwide. This study focuses on the development of a mobile application designed to enhance diabetes self-management through a mathematical behavioral model. The application integrates user-provided data, such as the duration and intensity of physical activity and initial glucose level, to predict glycemic responses using a behavioral model. By providing real-time simulations, the tool helps users better understand their condition and make informed decisions that contribute to improving their quality of life. The study highlights the app’s potential to improve glycemic control, reduce risks associated with diabetes and hypoglycemia, and foster patient autonomy.*

Resumo. *A diabetes é uma condição crônica que apresenta desafios significativos para indivíduos e sistemas de saúde em todo o mundo. Este estudo concentra-se no desenvolvimento de um aplicativo móvel projetado para aprimorar o autogerenciamento da diabetes por meio de um modelo comportamental matemático. O aplicativo integra informações fornecidas pelo usuário, como duração e intensidade da atividade física e nível inicial de glicose, para prever respostas glicêmicas utilizando um modelo comportamental. Ao oferecer simulações em tempo real, a ferramenta auxilia os usuários a compreender melhor sua condição e a tomar decisões informadas que contribuam para a melhoria da qualidade de vida. O estudo destaca o potencial do aplicativo em melhorar o controle glicêmico, reduzir riscos associados à diabetes e hipoglicemia e promover a autonomia dos pacientes.*

1. Introdução

A diabetes mellitus é uma das doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) mais prevalentes e impactantes do mundo. Caracteriza-se por distúrbios no metabolismo da glicose decorrentes de falhas na produção ou ação da insulina, ocasionando hiperglicemia persistente e consequentes complicações agudas e crônicas. Segundo a International Diabetes Federation [IDF 2021], em 2021 o número de pessoas com diabetes alcançou 537 milhões, com projeções de atingir 643 milhões até 2030 e 783 milhões até 2045 caso intervenções adequadas não sejam implementadas.

O cenário brasileiro reflete essa tendência global: segundo [Alves et al. 2022], o país ocupa a sexta posição mundial em número de casos, totalizando cerca de 15,7 milhões de adultos diagnosticados com diabetes. Paralelamente, o aumento da urbanização, o sedentarismo e as mudanças nos hábitos alimentares têm intensificado esta situação. Essa condição não apenas impacta a saúde dos indivíduos, mas também sobrecarrega o sistema público de saúde devido ao alto custo no tratamento das complicações, como doenças cardiovasculares, neuropatias, retinopatias e nefropatias [Organization 2016].

De acordo com [IDF 2021], a diabetes mellitus, especialmente a do tipo 2, representa um desafio crescente de saúde pública no Brasil e no mundo. O manejo inadequado dessa condição pode resultar em complicações severas, como doenças cardiovasculares, amputações, neuropatias, cegueira e falência renal. Além disso, fatores sociais e econômicos agravam ainda mais o cenário, dificultando o acesso a informações adequadas e à educação em saúde, principalmente em países de baixa e média renda. Nesse contexto, soluções tecnológicas surgem como alternativas eficazes e de baixo custo para apoiar os pacientes no controle da doença, promovendo maior autonomia e adesão ao tratamento [Hernández-Ordoñez et al. 2020].

Diante desse cenário alarmante, intervenções que promovam o autogerenciamento da condição de saúde são fundamentais. [Bonoto et al. 2017] demonstrou que pacientes com diabetes que monitoraram regularmente seus níveis de glicose no sangue, controlaram a alimentação e praticaram atividades físicas apresentaram melhor qualidade de vida e menores riscos de terem complicações.

O desenvolvimento de aplicativos relativos à saúde, ou mHealth, tem crescido exponencialmente nos últimos anos. De acordo com [Bonoto et al. 2017], aplicativos voltados para o auxílio do manejo da diabetes podem reduzir significativamente os níveis de hemoglobina glicada (HbA1c), melhorar a adesão ao tratamento e capacitar os pacientes na tomada de decisões informadas. Esses recursos são especialmente relevantes em um contexto em que a prática de exercícios físicos, embora recomendada, pode gerar variações significativas nos níveis glicêmicos, podendo levar à hipoglicemia ou hiperglicemia, especialmente se não houver um acompanhamento adequado.

Diante desse cenário, a falta de ferramentas práticas e acessíveis que ajudem os pacientes a prever e monitorar as respostas glicêmicas durante a prática de exercícios físicos constitui um problema significativo. Atualmente, muitas soluções tecnológicas focam apenas no monitoramento de glicose, mas não integram modelos preditivos capazes de simular as variações glicêmicas decorrentes de atividades físicas específicas [Zanetti et al. 2017]. Essa lacuna dificulta o planejamento adequado do exercício, fazendo com que muitos pacientes evitem a prática de atividades físicas por receio de complicações.

Nesse sentido, o desenvolvimento de um aplicativo móvel, como o proposto neste estudo, justifica-se por sua capacidade de preencher essa lacuna ao oferecer um suporte direto e personalizado ao usuário [Girollo and Gabriel 2020]. Ao simular a resposta glicêmica ao exercício físico com base em parâmetros individuais, como intensidade e duração do exercício, idade, peso e concentração atual de glicose, o aplicativo contribui para uma tomada de decisão mais segura e embasada. Ferramentas como essa podem reduzir os riscos associados à prática inadequada de exercícios e incentivar a

adoção de hábitos mais saudáveis, com impacto direto na qualidade de vida dos pacientes [Benevides 2021].

Com base nesse panorama, o presente estudo tem como principal objetivo desenvolver um aplicativo móvel para simular a variação glicêmica decorrente da prática de exercícios físicos em indivíduos com diabetes, utilizando um modelo matemático baseado em parâmetros fisiológicos e intensidade/duração do exercício. A proposta fundamenta-se na utilização de modelos matemáticos preditivos, capazes de estimar a variação glicêmica com base em parâmetros individualizados, como intensidade e duração da atividade física, idade, peso corporal e concentração glicêmica inicial, conforme abordagens similares descritas por [Hernández-Ordoñez et al. 2020].

Para o desenvolvimento do aplicativo, foram utilizadas tecnologias modernas e amplamente adotadas no ecossistema de desenvolvimento de aplicativos móveis. O React Native foi escolhido como framework principal por permitir a criação de interfaces nativas para Android e iOS a partir de um único código-base, garantindo agilidade no desenvolvimento. A estilização da interface foi realizada com styled-components, enquanto o controle e a validação dos formulários foram implementados com React Hook Form e Yup. Além disso, o Expo foi utilizado para facilitar testes e integrações com recursos dos dispositivos, e o TypeScript foi adotado para assegurar maior robustez e segurança no código por meio de tipagens estáticas.

Este artigo está organizado da seguinte forma: na Seção 2, apresenta-se o referencial teórico, abordando o uso de aplicativos no autogerenciamento da diabetes, a aplicação de modelos matemáticos em simulações glicêmicas e a importância da usabilidade em soluções digitais de saúde. A Seção 3 descreve os métodos e técnicas empregados, detalhando o desenvolvimento do aplicativo, as tecnologias utilizadas e a modelagem do sistema. A Seção 4 traz a análise e discussão dos resultados, com base em simulações realizadas e comparação com o estado da arte. Por fim, a Seção 5 apresenta as considerações finais, destacando as contribuições da pesquisa e possibilidades de trabalhos futuros.

2. Referencial Teórico

A presente seção tem como objetivo fundamentar teoricamente o desenvolvimento do aplicativo proposto, abordando os principais conceitos e estudos que sustentam sua construção. Inicialmente, será discutido o uso de aplicativos móveis no autogerenciamento da diabetes, destacando seu impacto na adesão ao tratamento e no controle glicêmico. Em seguida, será apresentada a aplicação de modelos matemáticos na simulação da resposta glicêmica ao exercício físico, com ênfase nos mecanismos fisiológicos envolvidos. Também será explorado o processo de conversão dos valores glicêmicos estimados em concentrações clinicamente interpretáveis, por meio da estimativa do volume sanguíneo. Por fim, será abordada a importância da interface intuitiva e da acessibilidade tecnológica, fatores essenciais para garantir a usabilidade e a eficácia da ferramenta no cotidiano dos usuários.

2.1. Uso de Aplicativos no Autogerenciamento da Diabetes

O manejo eficaz da diabetes mellitus, especialmente do tipo 2, envolve múltiplos desafios tanto para os profissionais de saúde quanto para os próprios pacientes. A complexidade da doença exige monitoramento contínuo dos níveis glicêmicos, adesão rigorosa à medicação, controle da alimentação e prática regular de atividades físicas

[Silva et al. 2024]. No entanto, o equilíbrio entre esses fatores nem sempre é alcançado, resultando em variações significativas nos níveis de glicose no sangue, que podem acarretar complicações severas a curto e longo prazo, como hipoglicemia e hiperglicemia [dos Santos et al. 2023].

O uso de aplicativos móveis no suporte ao autogerenciamento da diabetes tem ganhado destaque na literatura científica e na prática clínica. Ferramentas baseadas em mHealth têm demonstrado eficácia na melhora do controle glicêmico e na capacitação dos pacientes para tomarem decisões mais informadas sobre seu estilo de vida. A utilização de aplicativos pode reduzir significativamente os níveis de hemoglobina glicada (HbA1c), um dos principais marcadores de controle glicêmico [Hou et al. 2018]. Esse dado é crucial, pois pequenas reduções na HbA1c estão diretamente associadas a uma diminuição considerável do risco de complicações micro e macrovasculares, conforme evidenciado em estudos longitudinais [Group 1998].

[Bonoto et al. 2017] realizaram uma revisão sistemática com meta-análise para avaliar a eficácia de aplicativos móveis no suporte ao tratamento de pacientes com diabetes mellitus. Foram analisados 13 ensaios clínicos randomizados (RCTs), totalizando 1263 pacientes, comparando intervenções via apps com cuidados convencionais. Os resultados mostraram uma redução estatisticamente significativa nos níveis de hemoglobina glicada (HbA1c) entre os usuários dos apps (diferença média de 0,44; IC: 0,59 a 0,29), com baixa heterogeneidade ($I^2 = 32\%$).

A análise ressalta que o uso de aplicativos pode desempenhar um papel complementar altamente eficaz na gestão do diabetes. Essas ferramentas digitais têm o potencial de promover a educação em saúde, aumentar a autoconfiança dos pacientes no controle da doença e contribuir significativamente para a redução de complicações a longo prazo. Além disso, quando utilizados em conjunto com o acompanhamento profissional adequado, esses aplicativos tornam-se ainda mais valiosos, proporcionando uma abordagem integrada e personalizada ao cuidado com a saúde.

2.2. Uso de Modelo matemático para simulações

O artigo de [Hernández-Ordoñez and Campos-Delgado 2008] propõe uma extensão do modelo compartimental de glicose-insulina em pacientes com diabetes tipo 1, originalmente desenvolvido por Sorensen (1985), com o objetivo de simular os efeitos do exercício físico, incluindo o consumo e reposição de glicogênio hepático. A pesquisa incorpora variáveis fisiológicas como redistribuição do fluxo sanguíneo, aumento da captação periférica de glicose e insulina, e elevação da produção hepática de glicose, além de modelar o impacto da intensidade do exercício utilizando o índice PVO_2^{\max} . O modelo foi validado com dados experimentais para exercícios de leve e moderada intensidade, e extrapolado para alta intensidade. Simulações demonstraram que o modelo consegue representar com fidelidade os perfis glicêmicos durante rotinas diárias com refeições, doses de insulina e sessões de exercício físico. O estudo destaca o potencial da modelagem matemática como ferramenta para otimização do controle glicêmico, além de seu uso em algoritmos de ajuste de insulina e educação de pacientes diabéticos.

$$\begin{aligned}\frac{dGLY(t)}{dt} &= -\Phi(PVO_2^{\max}(t), GLY(t)) \\ &\quad + \Psi(G_{\text{abs}}(t), GLY(t)), \\ \Phi(PVO_2^{\max}, GLY) &= \begin{cases} \zeta(PVO_2^{\max}) & \text{se } 0 < GLY \leq GLY_{\max}, \\ 0 & \text{se } GLY \leq 0, \end{cases} \\ \Psi(G_{\text{abs}}, GLY) &= \begin{cases} G_{\text{abs}} & \text{se } GLY < GLY_{\max}, \\ 0 & \text{se } GLY \geq GLY_{\max}, \end{cases} \\ \zeta(PVO_2^{\max}) &= 0,006 (PVO_2^{\max})^2 + 1,2264 PVO_2^{\max} \\ &\quad - 10,1958 \text{ mg/min.}\end{aligned}$$

Essa equação descreve a taxa de variação do glicogênio hepático em função do tempo. O modelo considera dois termos principais:

Consumo de glicogênio: modelado por $\Phi(PVO_2^{\max}, GLY)$, esse termo representa a taxa de depleção do glicogênio hepático durante o exercício físico. A variável $PVO_2^{\max}(t)$ indica a intensidade do exercício, expressa como a porcentagem do consumo máximo de oxigênio. A função Φ é ativada apenas quando há glicogênio disponível ($GLY > 0$), sendo desativada quando o estoque de glicogênio se esgota. O valor da depleção é dado por uma função quadrática $\zeta(PVO_2^{\max})$, obtida por ajuste empírico com base em dados experimentais.

Reposição de glicogênio: representada por $\Psi(G_{\text{abs}}, GLY)$, essa função modela a taxa de regeneração do glicogênio a partir da glicose absorvida no intestino (G_{abs}), como ocorre após uma refeição. Essa reposição ocorre somente quando o nível de glicogênio está abaixo do máximo ($GLY < GLY_{\max}$). Caso contrário, a função Ψ é anulada para evitar excesso de armazenamento hepático.

A função $\zeta(PVO_2^{\max})$ fornece a taxa de glicogenólise (quebra de glicogênio em glicose) em mg/min. Essa função foi obtida por interpolação polinomial baseada em observações de taxas de consumo de glicogênio em diferentes intensidades de exercício físico. Assim, quanto maior a intensidade do exercício, maior será a taxa de depleção hepática de glicogênio, respeitando os limites fisiológicos de estoque.

Esse modelo permite simular de forma realista os efeitos do exercício físico sobre os níveis de glicogênio hepático, essencial para guiar estratégias de controle glicêmico mais seguras durante a prática de atividades físicas.

2.3. Estimativa do Volume Sanguíneo e Conversão da Glicose em Concentração

O modelo matemático desenvolvido para simular a variação da glicemia durante o exercício físico calcula a quantidade total de glicose consumida ou produzida em **mili-grama (mg)**. No entanto, para interpretar o impacto dessa variação de forma clínica, é necessário convertê-la em **concentração** de glicose no sangue, expressa em **mg/dL**.

Para isso, foi estimado o **volume total de sangue (TBV)** do indivíduo, pois a concentração depende diretamente da massa de glicose distribuída pelo volume sanguíneo. No presente trabalho, optou-se por uma abordagem prática e acessível ao usuário: a estimativa do TBV é realizada com base apenas no **peso corporal informado** e em um **coeficiente ajustado pela faixa etária**, conforme sugerido por [Muraki et al. 2018]:

$$\text{TBV (mL)} = \text{Peso (kg)} \times \alpha$$

Onde α representa o volume sanguíneo por quilo:

- Para indivíduos com menos de 65 anos: $\alpha = 70 \text{ mL/kg}$
- Para indivíduos com 65 anos ou mais: $\alpha = 60 \text{ mL/kg}$

A partir desse volume, é possível converter a glicose total (em mg) prevista pelo modelo em variação de concentração (mg/dL), utilizando a equação:

$$\Delta\text{Glicose (mg/dL)} = \frac{\Delta\text{Glicose (mg)}}{\text{TBV (dL)}}$$

Embora existam diferentes métodos para estimar o volume total de sangue (TBV), como o uso do peso corporal ideal (IBW) ajustado por sexo ou por altura, optou-se neste trabalho por uma abordagem mais simples, baseada apenas no peso corporal informado e em um coeficiente ajustado pela faixa etária. Conforme discutido por [Muraki et al. 2018], métodos mais precisos consideram fórmulas como $\text{TBV} = \text{IBW} \times \alpha$, onde α varia conforme o sexo ou conforme a idade. No entanto, essas abordagens exigem informações adicionais, como altura e sexo biológico. Assim, adotou-se a fórmula baseada apenas em peso e idade como um compromisso entre praticidade e razoável precisão na estimativa do TBV, especialmente adequada para aplicações voltadas à educação e simulação clínica simplificada.

2.4. Interface Intuitiva e Acessibilidade Tecnológica

A adoção de tecnologias voltadas ao desenvolvimento de interfaces responsivas, intuitivas e acessíveis representa um aspecto central na construção de soluções eficazes para o autogerenciamento da diabetes. A literatura destaca que a usabilidade é um fator determinante para a adesão dos pacientes a ferramentas digitais de saúde, especialmente quando se trata de populações com diferentes níveis de familiaridade tecnológica [Holmen et al. 2014]. Nesse sentido, o desenvolvimento de interfaces claras, consistentes e de fácil navegação contribui para reduzir barreiras técnicas, facilitar o uso cotidiano e promover o engajamento contínuo com a ferramenta. A priorização desses aspectos no desenho de aplicativos voltados à saúde digital está alinhada às boas práticas recomendadas em estudos sobre design centrado no usuário.

Diversos estudos indicam que o sucesso de tecnologias móveis aplicadas ao autogerenciamento da diabetes depende da adoção de uma abordagem multifatorial, que vá além do simples controle glicêmico. Ferramentas digitais que incorporam, de forma integrada, variáveis como alimentação, atividade física, uso de medicamentos e fatores psicossociais tendem a apresentar maior impacto clínico e melhor adesão por parte dos pacientes [Mulvaney et al. 2011, Greenwood et al. 2017]. A literatura também aponta que

a eficácia dessas soluções está diretamente relacionada à sua capacidade de adaptação ao perfil individual do usuário, considerando diferenças fisiológicas, hábitos comportamentais e contexto social.

3. Métodos e Técnicas

A proposta apresentada neste trabalho configura-se como uma pesquisa de natureza empírica, com abordagem exploratória e caráter observacional. Toda a investigação foi conduzida com base na análise dos protocolos metodológicos utilizados durante a realização dos ensaios, executados exclusivamente em ambiente de simulação.

O sistema proposto simula as alterações de glicemia após atividade física baseado no modelo matemático. A proposta é oferecer para o usuário a possibilidade de simular as variações de glicemia para que possa ser usado como uma ferramenta para controlar o nível da glicemia.

3.1. Desenvolvimento da Solução

O aplicativo foi desenvolvido utilizando React Native, uma biblioteca JavaScript que permite a criação de interfaces nativas para dispositivos Android e iOS com um único código-base. A escolha por essa tecnologia se deu pela sua robustez, grande comunidade de suporte e facilidade de integração com APIs externas, além da vantagem de acelerar o processo de desenvolvimento multiplataforma.

3.1.1. Tecnologias Utilizadas

Para otimizar o desenvolvimento e garantir uma base sólida, foram adotadas algumas bibliotecas estratégicas no projeto.

O Expo foi utilizado como ambiente de desenvolvimento por facilitar a configuração inicial, permitir testes rápidos em dispositivos físicos e oferecer um conjunto de ferramentas prontas para uso, como acesso à câmera, GPS e permissões.

O TypeScript foi adotado para trazer maior segurança ao código, com tipagens estáticas que ajudam a evitar erros comuns em tempo de execução e facilitam a manutenção do projeto.

Para o controle e validação dos formulários, foi utilizada a biblioteca React Hook Form, conhecida por sua performance e integração direta com o ciclo de vida dos componentes React. Junto a ela, o Yup foi empregado para a definição dos esquemas de validação de forma declarativa, garantindo que os dados inseridos pelos usuários estejam sempre no formato esperado.

Para a estilização da interface, foi utilizada a biblioteca styled-components, que permite escrever CSS diretamente no JavaScript com escopo local e reaproveitamento de estilos, contribuindo para um código mais limpo e organizado.

3.1.2. Etapas do Desenvolvimento

Na primeira etapa do desenvolvimento, foi criado o formulário principal do aplicativo, com foco em clareza, usabilidade e acessibilidade visual. O objetivo foi permitir que o

usuário preencha os dados com rapidez e entenda intuitivamente o que está sendo solicitado, mesmo sem conhecimento técnico prévio sobre fisiologia ou terminologia médica.

Um dos destaques é o controle deslizante de intensidade do exercício, que foi projetado de maneira a representar o conceito de PVO_2^{\max} (consumo máximo de oxigênio) de forma simplificada. Em vez de exibir valores técnicos ou exigir que o usuário pesquise o próprio PVO_2^{\max} , optou-se por termos populares como leve, moderado e pesado, permitindo uma autoavaliação mais prática da intensidade do exercício.

Nessa etapa também foi tomada a decisão de manipular a fórmula de cálculo da variação de glicose para desconsiderar alimentação prévia para que não fosse necessário a pessoa preencher muitos dados durante a simulação, dessa forma a fórmula ficou como a seguir:

$$\frac{dGLY(t)}{dt} = -\Phi(PVO_2^{\max}(t), GLY(t)) \quad (1)$$

Na segunda etapa do projeto, foram implementadas as classes responsáveis pelos cálculos e validações do modelo matemático por trás da simulação de glicose. A lógica foi estruturada com base em princípios de coesão e responsabilidade única, visando facilitar testes, reuso e futuras manutenções.

Durante a terceira etapa, foram realizados testes funcionais do aplicativo exclusivamente em ambiente de desenvolvimento. O objetivo foi validar o comportamento geral da aplicação, garantir o correto funcionamento das funcionalidades implementadas e identificar eventuais falhas lógicas no modelo de simulação.

Embora não tenham sido conduzidos testes com usuários reais ou em situações clínicas, foram definidos diferentes perfis simulados (variando idade, peso, intensidade do exercício, tempo de atividade e concentração inicial de glicose) para verificar a consistência das respostas do sistema. Esses testes comparativos permitiram avaliar se os resultados gerados pelo modelo estavam condizentes com o esperado dentro de uma lógica empírica, além de verificar o correto acionamento do alerta de hipoglicemia quando apropriado.

Durante a fase de testes, foi observado que, em diversos cenários simulados, a estimativa da glicemia ao final da atividade física apresentava quedas significativas, muitas vezes abaixo do limite considerado seguro, indicando um estado potencial de hipoglicemia. Essa situação chamou atenção pela frequência com que ocorria, mesmo em perfis com concentrações iniciais aparentemente adequadas.

Ao revisar a base teórica, identificou-se que esse comportamento era coerente com a literatura, já que o modelo de cálculo não considerava a ingestão de alimentos antes do exercício.

Com base nessa limitação, foi desenvolvida uma nova funcionalidade: um sistema de alerta preventivo. Caso a simulação indique uma queda de glicose para valores inferiores ao limiar seguro, o aplicativo exibe uma mensagem recomendando que o usuário considere se alimentar antes de realizar a atividade física. Essa medida busca mitigar riscos, oferecendo um suporte básico à tomada de decisão do usuário, mesmo dentro de um modelo simplificado.

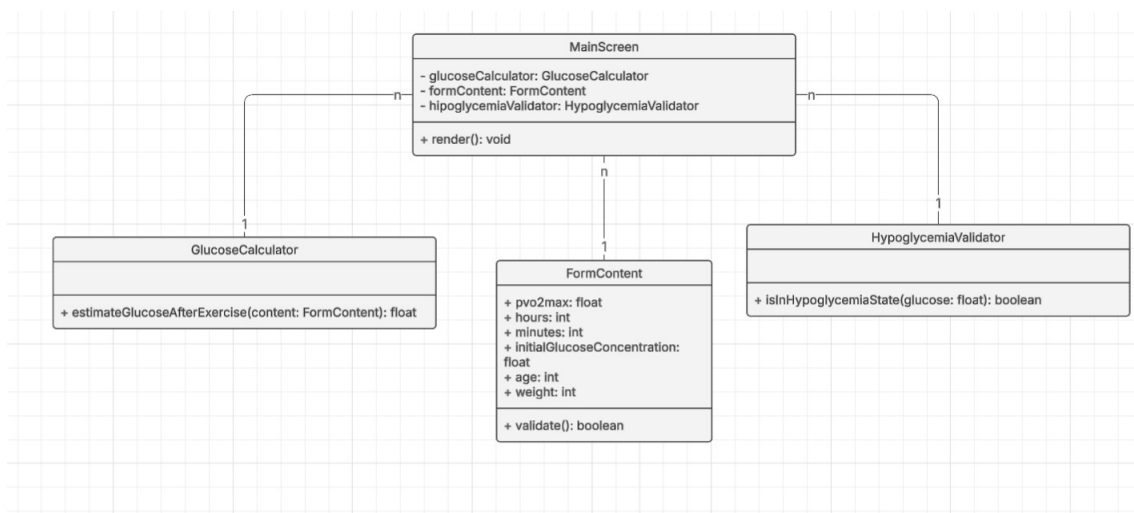


Figura 1. Diagrama de Classes

3.2. Diagrama de Classes

A modelagem de classes do sistema foi estruturada conforme o diagrama UML apresentado na Figura 1. Essa modelagem tem como objetivo representar, de forma clara e concisa, a arquitetura lógica da aplicação, com foco nas interações entre os componentes principais envolvidos no processo de simulação da resposta glicêmica ao exercício físico.

A classe principal, denominada MainScreen, atua como o ponto de integração entre os módulos do sistema. Ela possui três atributos: glucoseCalculator, responsável pelos cálculos preditivos; formContent, que armazena os dados inseridos pelo usuário; e hypoglycemiaValidator, responsável pela verificação de estados de hipoglicemia. Essa classe implementa o método render(), responsável pela exibição da interface principal ao usuário, sendo o elo entre a camada de apresentação e a lógica de domínio.

Abaixo o código para calculo da estimativa da concentração de glicose após o exercício:

```

Funcao estimarGlicoseAposExercicio(entrada):
    idade = entrada.idade
    peso = entrada.peso
    pvo2max = entrada.pvo2max
    minutos = entrada.minutos
    glicoseInicial = entrada.concentracaoInicialDeGlicose

    volumeSanguineo = calcularTotalDeSangue(idade, peso)

    tgPua = 0.006 * (pvo2max^2) + 1.2264 * pvo2max - 10.1958

    glicoseConsumida = tgPua * minutos

    concentracaoFinal = (glicoseInicial * volumeSanguineo
                        - glicoseConsumida) / volumeSanguineo
  
```

```
Se concentracaoFinal < 0:  
    Retornar 0
```

```
Retornar concentracaoFinal ou 0
```

A classe `GlucoseCalculator` encapsula a lógica matemática para a estimativa da concentração glicêmica pós-exercício. Seu principal método, `estimateGlucoseAfterExercise(FormContent)`, recebe os parâmetros contidos na instância de `FormContent` e retorna o valor estimado de glicose. A classe `FormContent`, por sua vez, representa os dados fornecidos pelo usuário — tais como PVO_2^{\max} estimado, duração da atividade, idade, peso e concentração glicêmica inicial — e possui o método `validate()`, que assegura a consistência e integridade dessas informações. Por fim, a classe `HypoglycemiaValidator` é responsável por determinar se o valor de glicose resultante representa um estado de hipoglicemia, por meio do método `isInHypoglycemiaState(glucose: float)`.

A modelagem foi pensada dessa forma para separar as responsabilidades entre os componentes, favorecendo a escalabilidade e a manutenção do código. Essa estrutura orientada a objetos foi pensada para garantir clareza na implementação e facilitar futuras expansões do aplicativo, como a inclusão de novos validadores clínicos ou a integração com sensores externos de monitoramento glicêmico.

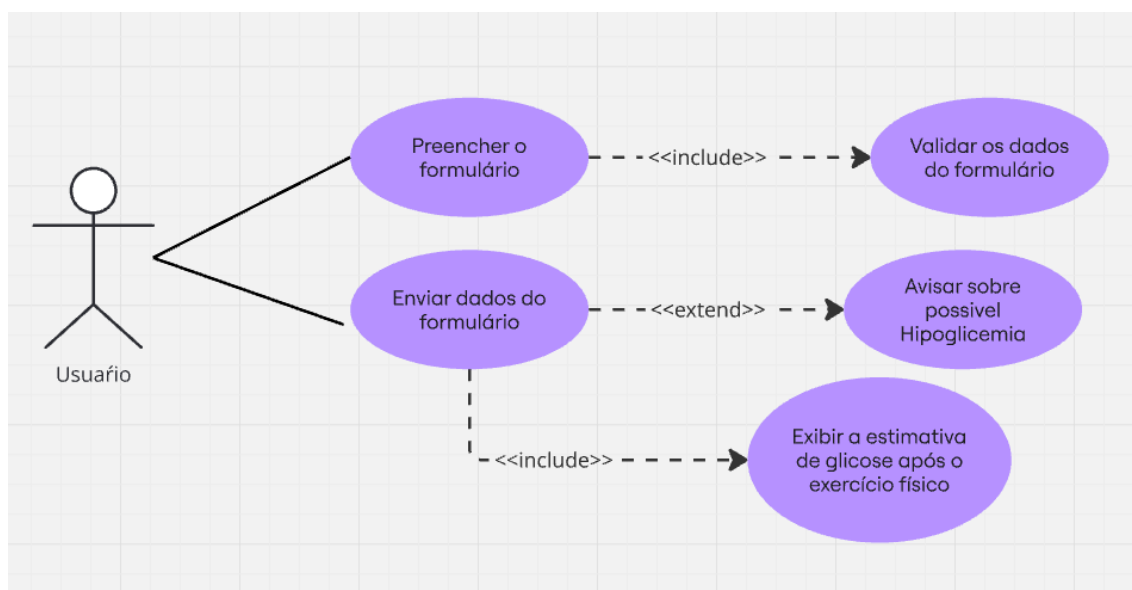


Figura 2. Diagrama de Casos de Uso

3.3. Casos de Uso

A Figura 3 apresenta o diagrama de casos de uso que descreve as principais interações do usuário com o sistema. Esse modelo foi construído com base na UML (Unified Modeling Language) e visa representar, de forma clara e objetiva, as funcionalidades oferecidas pelo aplicativo no contexto de estimativa de glicose pós-exercício.

O ator representado no diagrama é o Usuário, que interage diretamente com duas funcionalidades principais: "Preenche o formulário" e "Envia dados do formulário". Ambas as ações incluem subprocessos essenciais para o correto funcionamento da aplicação.

Ao preencher o formulário, o sistema executa automaticamente o caso de uso "Validar os dados do formulário", garantindo que todas as informações inseridas estejam consistentes e dentro dos padrões esperados. Essa validação é crucial para a integridade dos dados utilizados nas etapas posteriores.

Posteriormente, ao enviar os dados, o sistema realiza duas ações complementares: "Avisa sobre possível Hipoglicemia", caso os dados informados indiquem um risco, e "Exibe a estimativa de glicose após o exercício físico", apresentando ao usuário uma previsão baseada nos parâmetros fisiológicos e de atividade inseridos.

O uso da relação include indica que certas funcionalidades são sempre executadas junto com as ações principais, garantindo consistência e reutilização. Já a relação extend representa comportamentos opcionais, ativados apenas em situações específicas, tornando o sistema mais flexível e adaptável.

4. Análise e Discussão dos Resultados

A análise e discussão dos resultados deste trabalho foi conduzida a partir de um passo a passo que representa a experiência de uso do aplicativo do ponto de vista do usuário. Essa abordagem tem como objetivo evidenciar, de forma prática e sequencial, como cada funcionalidade contribui para a simulação da variação glicêmica. Através dessa narrativa orientada ao uso, busca-se demonstrar o funcionamento técnico do sistema como também sua aplicabilidade no contexto real de autogerenciamento da diabetes.

4.1. Uso do aplicativo

A interface do aplicativo QUEIME GLICOSE apresenta os seguintes campos de entrada:

- A Intensidade do Exercício:** Slider com opções Leve, Moderado (selecionado) e Pesado.
- B Duração do Exercício:** Temporizador configurado para 00 horas e 30 minutos.
- C Concentração de Glicose Atual:** Campo de entrada com o valor 0 e a unidade mg/dL.
- D Idade e Peso:** Campos de entrada separados, ambos com o valor 0.

Um botão **Calcular** está localizado na base da interface.

Figura 3. Tela Principal

A primeira ação exigida do usuário no aplicativo é o preenchimento da intensidade do exercício físico que será realizado (Sessão A da figura 3). Essa informação é fundamental, pois influencia diretamente no cálculo da variação glicêmica durante a atividade. Para facilitar o entendimento e a usabilidade, a intensidade não é solicitada em termos técnicos como PVO_2^{\max} , mas sim em categorias intuitivas — leve, moderado e intenso — permitindo que qualquer pessoa, mesmo sem conhecimento especializado, consiga classificar sua atividade com base na percepção do esforço. Essa abordagem contribui para a acessibilidade do sistema e evita que o usuário precise realizar medições complexas ou pesquisas externas.

Em seguida, o usuário deve informar a duração prevista da atividade física (Sessão B da figura 3). Esse dado é importante para o modelo matemático estimar o consumo de glicose ao longo do tempo, considerando que exercícios mais longos tendem a gerar maiores quedas nos níveis glicêmicos. A interface do aplicativo foi projetada para permitir que essa informação seja inserida de forma rápida e clara, minimizando a chance de erro e promovendo uma experiência de uso mais fluida. Para escolher como funcionaria esse campo, foi levantada a possibilidade de utilizar um campo em minutos ou em horas; após análise, foi escolhido ter o campo com horas e minutos separados para evitar que cause confusão ao usuário.

Outra informação necessária é a concentração de glicose atual no sangue do usuário (Sessão C da figura 3). Esse valor serve como ponto de partida para a simulação. Para facilitar o uso, o aplicativo permite que o usuário insira manualmente o valor obtido por meio de glicosímetros ou sensores externos, sem exigir integrações técnicas complexas. Essa etapa é crucial para garantir que a simulação reflita as condições reais do usuário naquele momento, oferecendo resultados mais personalizados e úteis para a tomada de decisão antes da prática do exercício.

Além das variáveis relacionadas ao exercício e à glicemia, o usuário também deve informar sua idade e peso corporal (Sessão D da figura 3). Esses dados são utilizados para estimar o volume de sangue presente no corpo do usuário, com base em fórmulas fisiológicas que consideram idade e peso corporal. Essa estimativa é fundamental para converter a concentração de glicose (normalmente expressa em mg/dL) na quantidade total de glicose circulante no organismo, em miligramas. A partir disso, torna-se possível calcular a alteração na concentração glicêmica resultante da atividade física.

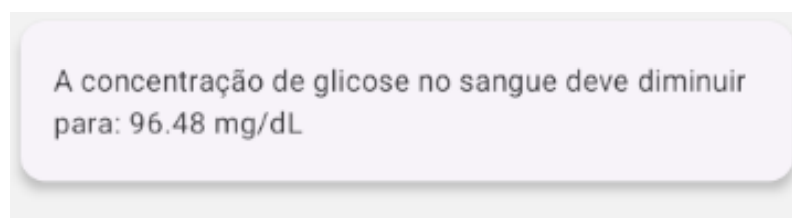


Figura 4. Exibição do resultado da glicose após a atividade física

Com todos os dados preenchidos — intensidade e duração do exercício, concentração atual de glicose, idade e peso — o aplicativo executa a simulação da variação glicêmica utilizando o modelo matemático (1). Esse modelo calcula a taxa estimada de redução da glicose no sangue durante a prática da atividade física, considerando

os parâmetros individuais fornecidos. Após o processamento, o resultado da simulação é exibido na tela de forma clara e visualmente acessível, permitindo que o usuário compreenda rapidamente o impacto da atividade sobre seus níveis glicêmicos.

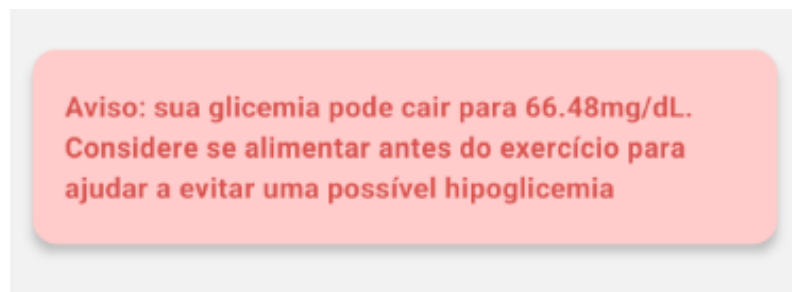


Figura 5. Aviso de possível Hipoglicemia

Caso o resultado da simulação indique uma possível queda dos níveis de glicose para valores inferiores ao limiar de segurança (70mg/dL), o aplicativo exibe automaticamente uma mensagem de alerta na tela. Esse aviso tem como objetivo prevenir episódios de hipoglicemia, orientando o usuário a considerar a ingestão de algum alimento antes de iniciar a atividade física. A lógica de exibição desse alerta foi integrada diretamente ao modelo de validação, garantindo uma resposta imediata e personalizada com base nos dados fornecidos.

4.2. Resultados de simulações

Para avaliar o comportamento do modelo matemático proposto, foram realizadas simulações utilizando quatro perfis fictícios com variações em parâmetros fisiológicos e de atividade. Esses perfis foram definidos de forma estratégica para representar diferentes combinações de peso, idade e intensidade de exercício. A escolha por apenas quatro perfis se justifica pelo fato de que a idade, no contexto deste modelo, influencia apenas a estimativa do volume sanguíneo por meio do coeficiente, que varia apenas se o indivíduo tem menos ou mais de 65 anos. Assim, simular faixas etárias próximas não geraria impactos relevantes nos resultados.

Os fatores que mais afetam diretamente a estimativa da variação glicêmica são a intensidade e a duração do exercício físico, além do peso corporal, que influencia o volume sanguíneo total. A glicemia inicial informada pelo usuário não altera o valor do delta glicêmico (variação), sendo utilizada apenas para calcular a concentração final após o exercício. Dessa forma, os perfis criados buscaram representar cenários realistas e distintos o suficiente para validar o comportamento do modelo, sem redundância nas simulações.

Nome	Idade (anos)	Peso (kg)	Glicemia
Perfil 1	18	55	150
Perfil 2	32	92	180
Perfil 3	45	68	180
Perfil 4	60	78	160

Tabela 1. Perfis simulados com diferentes idades e pesos

A Tabela 1 apresenta os perfis fictícios utilizados nas simulações realizadas com o objetivo de avaliar o comportamento do modelo matemático implementado no aplicativo. Cada perfil foi definido com variações nos parâmetros de idade, peso corporal e glicemia inicial, representando diferentes condições fisiológicas típicas em usuários com diabetes. Essa diversidade de dados visa simular cenários realistas e testar a consistência do modelo frente a diferentes combinações de características individuais, servindo como base para as simulações subsequentes apresentadas nas demais tabelas.

Nome	Glicose Inicial	Glicose Final	Variação
Perfil 1	150	137,12	12,88
Perfil 2	180	172,30	7,70
Perfil 3	180	169,58	10,42
Perfil 4	160	150,22	9,78

Tabela 2. Resultado da simulação após caminhada de 30 minutos (Intensidade Leve)

A Tabela 2 apresenta os resultados da simulação após uma caminhada de 30 minutos, caracterizada como uma atividade de intensidade leve. Conforme esperado, observou-se uma redução moderada nos níveis de glicose, coerente com o baixo impacto fisiológico desse tipo de exercício. As variações na concentração de glicose permaneceram dentro de uma faixa segura, refletindo um consumo gradual de glicose ao longo do esforço físico leve.

Nome	Glicose Inicial	Glicose Final	Variação
Perfil 1	150	112,15	37,85
Perfil 2	180	157,37	22,73
Perfil 3	180	149,39	30,61
Perfil 4	160	131,26	28,74

Tabela 3. Resultado da simulação após Hidroginástica de 40 minutos (Intensidade Moderada)

A Tabela 3 exibe os resultados da simulação após uma sessão de hidroginástica com duração de 40 minutos, classificada como uma atividade de intensidade moderada. Nessa condição, observou-se uma redução mais acentuada na concentração de glicose quando comparada à caminhada leve, o que era esperado devido ao maior esforço físico envolvido. O modelo simulou o aumento no consumo de glicose proporcional à intensidade e duração da atividade, evidenciando uma resposta fisiológica mais significativa.

Nome	Glicose Inicial	Glicose Final	Variação
Perfil 1	150	49,56	100,44
Perfil 2	180	119,95	60,05
Perfil 3	180	98,76	81,24
Perfil 4	160	83,73	76,2

Tabela 4. Resultado da simulação após Corrida de 1 hora (Intensidade Alta)

A Tabela 4 apresenta os resultados da simulação após uma corrida com duração de 1 hora, caracterizada como uma atividade de alta intensidade. Neste cenário, foi registrada a maior redução na concentração de glicose entre todas as simulações, com variações que ultrapassaram 100 mg/dL em alguns perfis. Essa queda expressiva é compatível com o elevado consumo energético exigido por exercícios intensos e prolongados, evidenciando o risco potencial de hipoglicemia em situações similares, especialmente em indivíduos com menor peso ou glicemia inicial mais baixa.

Com base nos resultados apresentados, é possível observar que as simulações seguem um padrão coerente com a resposta fisiológica esperada: quanto maior a duração da atividade física e maior a sua intensidade, maior é a variação glicêmica observada. As reduções na concentração de glicose foram progressivamente mais acentuadas nos cenários de caminhada leve, hidroginástica moderada e corrida intensa, refletindo o aumento no consumo energético proporcional ao esforço realizado. Esses achados reforçam sua aplicabilidade na simulação de diferentes contextos de atividade física.

4.3. Limitações da Pesquisa

Apesar dos avanços obtidos, esta pesquisa apresenta algumas limitações importantes. Buscou-se desenvolver um aplicativo de uso simples e acessível, o que demandou escolhas que priorizaram a usabilidade em detrimento da complexidade técnica. Por essa razão, nem todas as funcionalidades previstas no modelo matemático completo foram implementadas, evitando sobrecarregar a interface e dificultar o uso por pessoas sem conhecimento técnico. Além disso, por limitações de tempo, não foram realizados testes com usuários reais, o que restringe a avaliação da experiência prática e da efetividade da ferramenta em cenários reais de autogerenciamento da diabetes. Essas limitações, no entanto, abrem espaço para futuras melhorias e validações.

4.4. Comparação com o Estado da Arte

Em um cenário mais avançado, alinhado ao estado da arte em tecnologias de saúde digital, seria possível integrar sensores de monitoramento contínuo de glicose (CGM), permitindo a coleta automática e em tempo real dos níveis glicêmicos. Além disso, a integração com aplicativos de controle alimentar permitiria considerar o impacto das refeições na resposta glicêmica.

5. Considerações Finais

O desenvolvimento do aplicativo representa uma contribuição significativa no contexto do autogerenciamento da diabetes mellitus, ao oferecer uma solução digital acessível, personalizada e fundamentada em modelos matemáticos para previsão da resposta glicêmica ao exercício físico. Por meio da combinação entre tecnologia móvel, princípios sólidos de engenharia de software e conhecimento clínico-científico, foi possível construir uma ferramenta funcional que auxilia os usuários na tomada de decisões seguras relacionadas à prática de atividades físicas.

O projeto destacou-se não apenas pelo resultado final, mas também pela metodologia adotada ao longo de sua construção. A utilização de React Native e styled-components, aliada à aplicação divisão de responsabilidades entre as classes e à componentização da interface, garantiu uma estrutura robusta, de fácil manutenção e com

potencial para escalabilidade. A integração entre modelagem matemática e design centrado no usuário reforça a importância da interdisciplinaridade no desenvolvimento de soluções em saúde digital.

Como continuidade deste trabalho, sugerem-se futuras expansões da aplicação, como a inclusão de simulações envolvendo alimentação, uso de medicamentos hipoglicemiantes. A integração com sensores de monitoramento contínuo de glicose (CGM) também é uma possibilidade promissora, ampliando a precisão e o dinamismo das respostas fornecidas. Além disso, testes com usuários reais poderão validar e refinar a usabilidade e a eficácia clínica do aplicativo, consolidando seu papel como ferramenta de apoio à saúde e à qualidade de vida de pessoas com diabetes

Referências

- Alves, C. A., Lima, J. D., Santos, G. L., Rocha, J. L., and Alves, T. F. (2022). Diabetes mellitus prevalence and mortality in brazil: an updated analysis. *The Lancet Regional Health – Americas*, 10:100223. Accessed: 2024-12-28.
- Benevides, A. M. L. N. (2021). Desenvolvimento e avaliação de uma plataforma digital como recurso pedagógico em conduta do diabetes mellitus tipo 2 para graduandos em medicina. Master's thesis, Centro Universitário Christus, Fortaleza, CE, Brazil. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino em Saúde e Tecnologias Educacionais).
- Bonoto, B. C., Oliveira, J. A. Q., Godói, I. P., et al. (2017). Efficacy of mobile apps to support the care of patients with diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *JMIR mHealth and uHealth*, 5(3):e4. Available at <https://mhealth.jmir.org/2017/3/e4/>.
- dos Santos, L. G. F., Corrêa, V. G. F. L., Paredes, B. D., de Paula, A. C. M. R., Santos, K. C., de Souza, S. L., and da Silveira, A. C. Z. (2023). O impacto do uso de dispositivos de monitoramento contínuo de glicose no controle glicêmico e na qualidade de vida de pessoas vivendo com diabetes tipo 2. *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, 23(12):e15090–e15090.
- Giroldo, J. C. and Gabriel, A. L. (2020). Diabetes mellitus tipo 2: a intervenção da atividade física como forma de auxílio e qualidade de vida. *Revista Carioca de Educação Física*, 15(1):28–39.
- Greenwood, D. A., Gee, P. M., Fatkin, K. J., and Peeples, M. (2017). Mobile phone apps for diabetes self-management: a systematic review. *JMIR Diabetes*, 2(2):e20.
- Group, U. P. D. S. U. (1998). Intensive blood-glucose control with sulphonylureas or insulin compared with conventional treatment and risk of complications in patients with type 2 diabetes (ukpds 33). *The Lancet*, 352(9131):837–853. Available at [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(98\)07019-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(98)07019-6).
- Hernández-Ordoñez, M. and Campos-Delgado, D. U. (2008). An extension to the compartmental model of type 1 diabetic patients to reproduce exercise periods with glycogen depletion and replenishment. *Journal of Biomechanics*, 41(3):744–752.
- Hernández-Ordoñez, M. et al. (2020). Medical assistant mobile application for diabetes control by simulating a compartmental model. *Applied Sciences*, 10(20):6846. Available at <https://doi.org/10.3390/app10206846>.

- Holmen, H., Wahl, A. K., Cvancarova Småstuen, M., and Ribu, L. (2014). Tailored communication within mobile apps for diabetes self-management: A systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, 16(3):e30. Available at <https://www.jmir.org/2014/3/e30/>.
- Hou, C., Carter, B., Hewitt, J., Francisa, T., and Mayor, S. (2018). Do mobile phone applications improve glycemic control (hba1c) in the self-management of diabetes? a systematic review, meta-analysis, and grade of 14 randomized trials. *Diabetes Care*, 39(11):2089–2095. Available at <https://doi.org/10.2337/dc16-0346>.
- IDF (2021). Idf diabetes atlas. *International Diabetes Federation*, 10. Available at <https://diabetesatlas.org/>.
- Mulvaney, S. A., Anders, S., Smith, A. K., Pittel, E., and Johnson, K. B. (2011). Mobile self-management in diabetes: design and testing of an automated text messaging system. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 19(1):102–109.
- Muraki, R., Hiraoka, A., Nagata, K., Nakajima, K., Oshita, T., Arimichi, M., Chikazawa, G., Yoshitaka, H., and Sakaguchi, T. (2018). Novel method for estimating the total blood volume: the importance of adjustment using the ideal body weight and age for the accurate prediction of haemodilution during cardiopulmonary bypass. *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery*. Advance access publication.
- Organization, W. H. (2016). *Global Report on Diabetes*. World Health Organization, Geneva, Switzerland. Available at <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565257>.
- Silva, S. M. J., Negri, J. V. A., Barreto, T. C., Correa, S. C. S., Leão, A. Q., and de Andrade Silvestre, M. (2024). Eficácia do monitoramento contínuo da glicose no manejo do diabetes mellitus tipo 2 em adultos. *Revista Eletrônica Acervo Médico*, 24:e18451–e18451.
- Zanetti, A. C. B., de Moura, A. A., Zanetti, M. O. B., Ramos, D., Bonelli, M. C. P., and Alcoforado, C. L. G. C. (2017). Exame clínico estruturado como ferramenta educacional na área de saúde: revisão integrativa. *Revista Baiana de Enfermagem*, 31(4).