

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ENGENHARIA DE SOFTWARE  
PADRÕES E ARQUITETURA DE SOFTWARE**

**ADRIEL LENNER VINHAL MORI  
IGOR MOREIRA PÁDUA  
PAULO ROBERTO VIEIRA**

**CardiWatcha**

**Goiânia  
2024**

Desenvolvimento de um Sistema Integrado para Previsão de Peso com Base em Dados Multiparamétricos: Uma abordagem utilizando Gêmeo Digital e Aprendizagem de Máquina.

### **Descrição do domínio de aplicação**

O domínio da aplicação proposta está centrado na monitorização da saúde e previsão de peso corporal de usuários por meio da integração de dados multiparamétricos coletados por uma balança inteligente e um dispositivo vestível. Esse sistema visa permitir a análise temporal desses dados, apresentando informações em dashboards em diversos dispositivos.

### **Descrição das funcionalidades da aplicação proposta**

Este estudo propõe o desenvolvimento de uma aplicação voltada para a monitorização da saúde e previsão do peso de indivíduos, utilizando uma combinação de tecnologias, incluindo uma balança digital e um smartwatch. O objetivo principal é estabelecer uma relação ubíqua entre as variáveis multiparamétricas registradas pelo smartwatch e o peso corporal do usuário em uma relação temporal do comportamento de seus dados multiparamétricos, relacionados à variação do peso corpóreo avaliado em passos de tempo de 24 horas (um dia). As informações coletadas serão persistidas em um banco de dados para facilitar a análise retrospectiva e o treinamento de modelos de aprendizado de máquina.

A funcionalidade central do sistema proposto consiste na concepção de uma aplicação ubíqua, na qual usuários que dispõem de uma balança inteligente e um dispositivo vestível para a coleta multiparamétrica de dados de saúde podem integrar essas informações simultaneamente. Tais dados serão persistentemente armazenados em um banco de dados. Ao serem avaliados temporalmente, esses dados serão apresentados de maneira pervasiva em dashboards em diferentes dispositivos. A persistência desses dados possibilitará a aplicação de técnicas avançadas de aprendizado de máquina, particularmente na competência de previsão de séries temporais com covariáveis. Os dados multiparamétricos persistentes serão utilizados como features de aprendizado, enquanto o peso no dia seguinte será o rótulo associado a cada dia específico.

Nesse contexto, torna-se imperativo a aplicação de técnicas fundamentadas no paradigma de gêmeo digital, no qual é simulado, com base nos dados personalizados do usuário, a geração do gêmeo digital preditivo da perda de peso do usuário. Essa simulação é conduzida com consideração ao critério temporal, permitindo que o usuário antecipe virtualmente sua perda de peso após um determinado número de dias como entrada.

Esse cenário adquire relevância significativa para profissionais da área de nutrição e nutrólogos, oferecendo uma ferramenta valiosa para tomadas de decisões embasadas em informações preditivas e personalizadas sobre a evolução do peso corporal do usuário ao longo do tempo.

## **1 - CASOS DE USO E CENÁRIOS**

### **1 - Funcionalidade:** Simular Gêmeo Digital para Previsão de Perda de Peso

**Como** usuário

**Eu quero** poder simular um gêmeo digital baseado nos meus dados personalizados

**Para** que eu possa antecipar virtualmente minha perda de peso após um determinado número de dias.

**Cenário:** Iniciar Simulação do Gêmeo Digital

**Dado** que o usuário está logado na aplicação de monitorização de saúde

**E** possui dados multiparamétricos previamente coletados, incluindo peso corporal, atividade física e dados de saúde do smartwatch

**Quando** o usuário seleciona a opção de simulação do gêmeo digital

**Então** o sistema inicia a geração do gêmeo digital preditivo da perda de peso, levando em consideração o critério temporal

### **2 - Funcionalidade:** Visualização de Dados Temporais no Dashboard

**Como** usuário

**Eu quero** visualizar meus dados de saúde ao longo do tempo em um dashboard

**Para** que eu possa compreender as tendências e padrões relacionados ao meu peso corporal e parâmetros de saúde.

**Cenário:** Acessar o Dashboard Temporal

**Dado** que o usuário está logado no sistema de monitorização de saúde

**E** possui dados previamente coletados de sua balança inteligente e smartwatch

**Quando** o usuário acessa o dashboard temporal

**Então** o sistema exibe gráficos interativos que mostram a variação do peso corporal ao longo dos últimos 30 dias, juntamente com parâmetros de saúde como frequência cardíaca e qualidade do sono.

**E** o usuário pode selecionar intervalos específicos para análises mais detalhadas, como visualizar dados semanais ou diários.

### **3 - Funcionalidade:** Registrar Peso na Balança Digital

**Como** usuário

**Eu** quero registrar meu peso corporal na balança

**Para** que o sistema possa incorporar essa informação nos dados de saúde e previsões de peso.

**Cenário:** Registrar Peso Diário

**Dado** que a balança digital está conectada ao sistema de monitorização de saúde

**Quando** o usuário realiza a medição de peso na balança

**Então** o sistema captura automaticamente essa informação e a associa à data correspondente.

**E** o peso registrado é exibido no dashboard, permitindo ao usuário acompanhar as variações ao longo do tempo.

### **4 - Funcionalidade:** Notificações de Meta de Atividade Física

**Como** usuário

**Eu** quero receber notificações quando atingir ou não atingir minhas metas diárias

**Para** que eu possa manter um estilo de vida saudável.

**Cenário:** Receber Notificação de Meta Alcançada

**Dado** que o usuário definiu uma meta diária de passos no aplicativo

**Quando** o sistema detecta que o usuário atingiu essa meta com base nos dados do smartwatch

**Então** o usuário recebe uma notificação parabenizando o alcance da meta.

**E** a notificação exibe estatísticas adicionais, incentivando o usuário a manter o bom desempenho.

## **5 - Funcionalidade:** Compartilhar Dados com Profissional de Saúde

**Como** usuário

**Eu** quero compartilhar meus dados de saúde com meu nutricionista

**Para** que ele possa fornecer orientações personalizadas.

**Cenário:** Compartilhar Relatório com Nutricionista

**Dado** que o usuário deseja compartilhar seus dados com um nutricionista

**Quando** o usuário acessa a opção de compartilhamento no aplicativo

**Então** o sistema gera um relatório detalhado das métricas de saúde e permite que o usuário envie esse relatório diretamente para o nutricionista.

**E** o nutricionista recebe as informações relevantes para análise e tomada de decisões informadas.

## **6 - Funcionalidade:** Consultar Histórico de Peso

**Como** usuário

**Eu** quero acessar um histórico detalhado do meu peso corporal

**Para** que eu possa identificar padrões e tomar decisões informadas sobre meu estilo de vida.

**Cenário:** Visualizar Histórico de Peso

**Dado** que o usuário está na seção de histórico do aplicativo

**Quando** o usuário seleciona uma data específica no calendário

**Então** o sistema exibe o peso registrado nesta data, juntamente com informações contextuais, como atividade física e qualidade do sono.

**E** o usuário pode usar esses dados para entender as correlações entre seu comportamento e variações no peso corporal ao longo do tempo.

**7 - Funcionalidade:** Receber feedback de um profissional de saúde

**Como** usuário

**Eu** quero receber feedback de um profissional de saúde sobre meus dados de saúde

**Para** que eu possa tomar decisões informadas sobre meu estilo de vida

**Cenário:** Receber feedback de um profissional de saúde

**Dado** que o usuário está logado no aplicativo

**Quando** o usuário acessar a seção de feedback do profissional de saúde

**Então** o sistema permite que o usuário solicite feedback de um profissional de saúde

**E** o profissional de saúde pode fornecer feedback sobre os dados de saúde do usuário, bem como recomendações personalizadas

**8 - Funcionalidade:** Configurar Metas de Peso

**Como** usuário

**Eu** quero poder definir metas de peso personalizadas

**Para** que o sistema possa fornecer insights sobre meu progresso em direção a essas metas.

**Cenário:** Definir Meta de Peso

**Dado** que o usuário está na seção de configurações do aplicativo

**Quando** o usuário acessa a opção de configurar metas de peso

**Então** o sistema permite que o usuário defina uma meta específica, como perder ou ganhar peso em um determinado período de tempo.

**E** o sistema fornece feedback e estatísticas relacionadas a essa meta ao longo do tempo.

**9 - Funcionalidade:** Análise de Tendências de Atividade Física

**Como** usuário

**Eu** quero analisar as tendências de minha atividade física ao longo do tempo

**Para** compreender como ela impacta meu peso corporal.

**Cenário:** Acessar Análise de Atividade Física

**Dado** que o usuário está no dashboard de análise de tendências

**Quando** o usuário seleciona a opção de visualizar dados de atividade física

**Então** o sistema exibe gráficos e estatísticas que mostram a relação entre a atividade física e as variações no peso corporal.

**E** o usuário pode ajustar suas práticas de exercício com base nessas análises.

## **10 - Funcionalidade:** Monitoramento de Sono

**Como** usuário

**Eu** quero monitorar a qualidade do meu sono e sua influência no meu peso

**Para** tomar decisões informadas sobre meus hábitos de sono.

**Cenário:** Analisar Relação entre Sono e Peso

**Dado** que o usuário está na seção de análise de sono no aplicativo

**Quando** o usuário explora os dados relacionados à qualidade do sono e seus horários

**Então** o sistema apresenta informações sobre como os padrões de sono podem influenciar o peso corporal.

**E** o usuário recebe sugestões personalizadas para melhorar seus hábitos de sono.

## 2 - REQUISITOS

### 2.1 Requisitos Funcionais

ID	DESCRIÇÃO
RF1	O usuário deve ter capacidade de acessar um dashboard temporal que exiba as variações de peso corporal dele.
RF2	O usuário deve receber notificações quando atingirem ou não as metas diárias de atividade física.
RF3	O usuário deve conseguir compartilhar relatórios detalhados das métricas de saúde com profissionais de saúde.
RF4	O sistema deve permitir que o usuário acesse o histórico detalhado do peso corporal, podendo visualizar dados em intervalos específicos, como diários, semanais e mensais.
RF5	Os gráficos do dashboard temporal devem ser interativos, permitindo que os usuários selecionem intervalos específicos para análises mais detalhadas.
RF6	O sistema deve fornecer uma interface de usuário responsiva, adaptável a diferentes dispositivos.
RF7	A aplicação deve capturar automaticamente as medições de peso realizadas na balança digital e associar essas informações à data correspondente.
RF8	Os usuários devem ter a capacidade de definir metas personalizadas para peso corporal e atividade física, recebendo feedback e sugestões com base nessas metas.
RF9	A aplicação deve oferecer uma funcionalidade de análise de tendências de saúde, utilizando algoritmos de aprendizado de máquina para identificar padrões nos dados de saúde ao longo do tempo.
FR10	Deve ser possível realizar a simulação do gêmeo digital não apenas para previsão de perda de peso, mas também para outros parâmetros de saúde, como qualidade do sono e atividade física.



## 2.2 Requisitos Não Funcionais

ID	DESCRIÇÃO
<b>RNF1</b>	Desempenho: O sistema deve ser capaz de processar e apresentar dados em tempo real.
<b>RNF2</b>	Escalabilidade: A arquitetura do sistema deve ser projetada para permitir a adição de novos dispositivos.
<b>RNF3</b>	Segurança: Todas as comunicações entre dispositivos devem ser criptografadas.
<b>RNF4</b>	Privacidade: O sistema deve aderir às regulamentações de privacidade.
<b>RNF5</b>	Facilidade de uso: A interface deve ser intuitiva e fácil de usar.
<b>RNF6</b>	Disponibilidade: O sistema deve estar disponível 24 horas por dia, 7 dias por semana, garantindo acesso contínuo aos usuários.
<b>RNF7</b>	Manutenibilidade: A arquitetura do sistema deve ser modular e documentada para facilitar futuras atualizações e manutenções.
<b>RNF8</b>	Conformidade com Padrões: A aplicação deve seguir padrões de design de interfaces de usuário para garantir consistência e familiaridade para os usuários.

### **3 - CONCERNS**

Para desenvolver os Concerns, categorizamos os aspectos principais do sistema em diferentes áreas. Cada Concern aborda um aspecto específico do desenvolvimento, implementação e manutenção do sistema.

#### **3.1 Integração de Dispositivos e Coleta de Dados**

- Estabelecimento de protocolos de comunicação segura e eficiente entre dispositivos (smartwatch, balança digital) e o sistema central.
- Implementação de mecanismos para captura síncrona e precisa de dados multiparamétricos e de peso.
- Garantia de compatibilidade e interoperabilidade entre diferentes dispositivos e plataformas.

#### **3.2 Armazenamento e Persistência de Dados**

- Seleção e configuração de um banco de dados robusto e escalável.
- Implementação de procedimentos para armazenamento seguro e eficiente dos dados coletados.
- Estabelecimento de políticas de backup e recuperação de dados.

#### **3.3 Processamento e Análise de Dados**

- Desenvolvimento e integração de algoritmos de aprendizado de máquina para análise de séries temporais e previsão de peso.
- Implementação de lógicas para tratamento e limpeza de dados.
- Garantia da qualidade e precisão dos dados processados.

#### **3.4 Interface de Usuário e Experiência do Usuário**

- Desenvolvimento de interfaces responsivas e adaptáveis a diferentes dispositivos (celulares, tablets, computadores).
- Foco na usabilidade e na experiência do usuário, com design intuitivo e acessível.
- Implementação de dashboards interativos para visualização de dados e tendências.

### **3.5 Segurança e Privacidade**

- Implementação de medidas de segurança para proteger dados sensíveis do usuário.
- Garantia de conformidade com regulamentações de privacidade e proteção de dados.
- Estabelecimento de autenticação robusta e controles de acesso.

### **3.6 Gêmeo Digital e Simulação Preditiva**

- Desenvolvimento do módulo de gêmeo digital para simulação e previsão de perda de peso.
- Integração de dados personalizados do usuário na simulação.
- Atualização contínua do gêmeo digital com novos dados para refletir as características do usuário.

### **3.7 Integração e Comunicação com Profissionais de Saúde**

- Implementação de funcionalidades para compartilhamento de dados e relatórios com profissionais de saúde.
- Desenvolvimento de interfaces específicas para profissionais de saúde, facilitando a análise e tomada de decisões.

### **3.8 Desempenho e Escalabilidade**

- Garantia de que o sistema processa e apresenta dados em tempo real.
- Planejamento para escalabilidade futura, permitindo a adição de novos dispositivos e funcionalidades.

### **3.9 Monitoramento, Manutenção e Suporte**

- Estabelecimento de processos para monitoramento contínuo do sistema.
- Implementação de procedimentos de manutenção e atualizações regulares.
- Fornecimento de suporte técnico para usuários e profissionais de saúde.

## **4 - Pontos de Vistas Relevantes**

Os pontos de vista ajudam a estruturar a arquitetura do sistema e a identificar padrões de design apropriados.

### **4.1 Ponto de Vista de Arquitetura de Negócios**

- Relaciona com a utilidade da aplicação no mercado de saúde digital e tecnologias vestíveis. A aplicação visa atender às necessidades de indivíduos interessados em monitorar e prever seu peso e saúde, bem como profissionais de saúde que procuram ferramentas para melhor acompanhar e aconselhar seus pacientes.

### **4.2 Ponto de Vista de Arquitetura Funcional**

- Refere-se ao desenvolvimento de funcionalidades como a simulação de gêmeo digital para previsão de perda de peso, visualização de dados em dashboards, registro de peso na balança digital, recebimento de notificações de metas de atividade física, entre outras. A estrutura funcional deve suportar todos esses casos de uso.

### **4.3 Ponto de Vista de Arquitetura de Dados**

- Essencial para a gestão dos dados coletados pela balança inteligente e pelo smartwatch, incluindo peso, atividade física, dados de saúde, etc. O design do banco de dados deve garantir a integridade, segurança e a fácil recuperação desses dados para análises e previsões.

### **4.4 Ponto de Vista de Arquitetura de Software**

- Relaciona-se com a escolha de tecnologias, frameworks e linguagens de programação adequadas para a construção da aplicação. Esta escolha deve ser alinhada com a necessidade de processamento de dados em tempo real, integração com dispositivos variados e implementação de algoritmos de aprendizado de máquina.

### **4.5 Ponto de Vista de Arquitetura de Infraestrutura**

- Importante para a seleção de soluções de hospedagem na nuvem, que suportem a escalabilidade e a alta disponibilidade do sistema. Isso é crucial para garantir que os usuários possam acessar o sistema e seus dados a qualquer momento e de qualquer lugar.

#### **4.6 Ponto de Vista de Usuário e Experiência do Usuário**

- Este ponto de vista é crítico para o design das interfaces do usuário, garantindo que sejam intuitivas, responsivas e acessíveis em diferentes dispositivos. Uma boa experiência do usuário é crucial para a adoção e o engajamento contínuo com a aplicação.

#### **4.7 Ponto de Vista de Segurança e Privacidade**

- Dada a natureza sensível dos dados de saúde, este ponto de vista é vital para assegurar que os dados dos usuários sejam criptografados, seguros e tratados em conformidade com as regulamentações de privacidade.

#### **4.8 Ponto de Vista de Sustentabilidade e Manutenção**

- Refere-se à facilidade de atualizar e manter o sistema, garantindo sua sustentabilidade a longo prazo. Isso é importante para incorporar novas funcionalidades, melhorias e manter o sistema alinhado com as mudanças tecnológicas e regulamentares.

#### **4.9 Ponto de Vista de Interoperabilidade e Integração**

- Crucial para a capacidade da aplicação de se integrar com diferentes dispositivos (como smartwatches e balanças digitais) e sistemas externos (como plataformas de profissionais de saúde), utilizando padrões de comunicação e APIs.

## **5 - Arquitetura**

Várias arquiteturas de software podem ser consideradas, cada uma oferecendo vantagens específicas que se alinham aos requisitos e desafios da aplicação. Consideramos fatores como a escalabilidade, a manutenção, a facilidade de integração com diferentes dispositivos e sistemas, e a capacidade de processar e analisar grandes volumes de dados.

### **5.1 Arquitetura Orientada a Serviços (SOA)**

- SOA é uma abordagem flexível que permite a integração de diversos serviços, como coleta de dados, análise e visualização, através de interfaces bem definidas.
- Facilita a interoperabilidade entre diferentes dispositivos e sistemas, como smartwatches, balanças digitais e sistemas de armazenamento em nuvem.
- Permite uma escalabilidade eficiente, pois novos serviços podem ser adicionados ou modificados sem afetar significativamente os outros componentes.

### **5.2 Arquitetura de Aplicações Móveis com Backend na Nuvem**

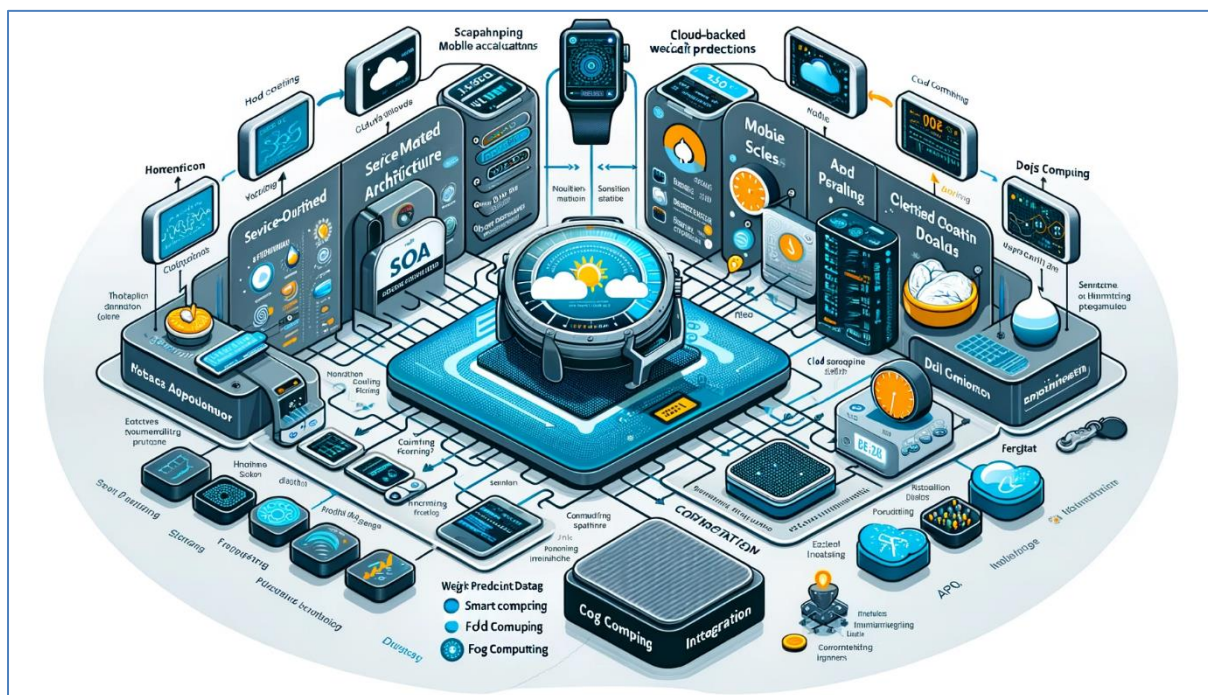
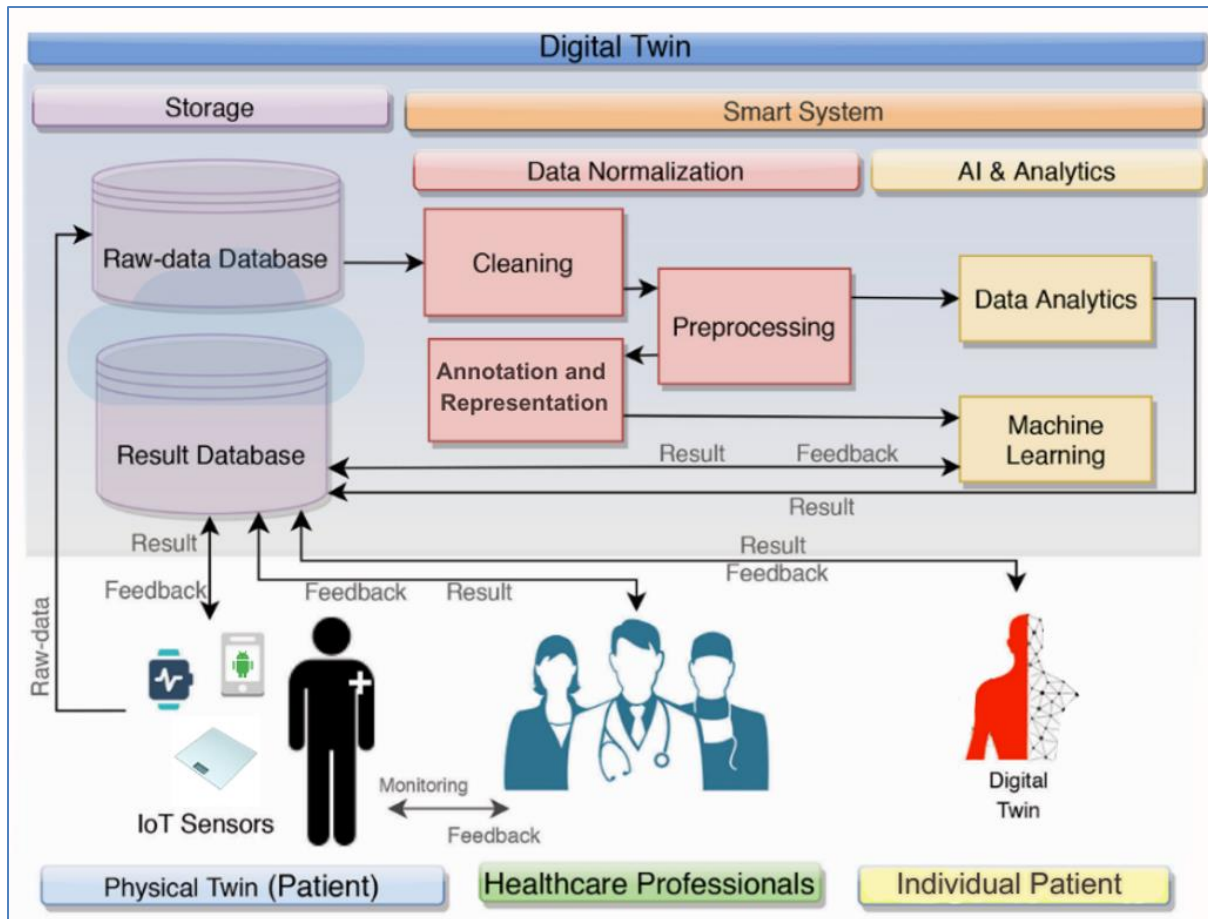
- Dado o uso de dispositivos móveis e wearables, uma arquitetura que suporte aplicativos móveis com um backend robusto na nuvem seria ideal.
- O backend na nuvem pode lidar com tarefas intensivas de processamento de dados e armazenamento, enquanto o aplicativo móvel foca na interação do usuário e na apresentação de dados.

### **5.3 Arquitetura de Computação em Névoa (Fog Computing)**

- Uma opção para processamento e análise de dados mais próximos dos dispositivos finais, reduzindo a latência e melhorando a eficiência.
- Útil para análise de dados em tempo real e tomada de decisão rápida, particularmente importante para a monitorização da saúde.

### **5.4 Arquitetura Baseada em APIs**

- Uma arquitetura que enfatiza a utilização de APIs para facilitar a comunicação entre diferentes partes do sistema e com sistemas externos.
- Útil para garantir a flexibilidade e a expansão futura, permitindo a integração fácil com outras plataformas e serviços.



## 6 – Relação Complementariedade, Continuidade, Consistência e a Aplicação

Cada aspecto da aplicação contribui para uma experiência de saúde conectada, contínua e consistente.

Aspecto da Aplicação	Complementariedade	Continuidade	Consistência
<b>Coleta de Dados Multiparamétricos</b>	Coleta dados de diferentes fontes (balança inteligente, smartwatch) para fornecer uma visão abrangente da saúde.	Os dados são coletados continuamente, permitindo análise temporal e monitoramento constante.	Os dados de todas as fontes são tratados e apresentados de maneira consistente para garantir a integridade da informação.
<b>Simulação de Gêmeo Digital para Previsão de Peso</b>	Complementa dados reais com simulações preditivas, oferecendo uma visão holística do bem-estar do usuário.	Permite que o usuário acompanhe mudanças previstas ao longo do tempo, mantendo a continuidade do acompanhamento de saúde.	Mantém a consistência entre dados reais e simulados para uma interpretação precisa.
<b>Dashboards de Visualização de Dados</b>	Integra dados de diversas fontes em uma interface unificada, proporcionando uma visão completa da saúde do usuário.	Oferece acesso contínuo às informações de saúde, atualizadas em tempo real.	Apresenta dados de forma consistente, facilitando a compreensão e análise.
<b>Integração com Profissionais de Saúde</b>	Permite a complementação dos dados do usuário com insights profissionais, enriquecendo a análise.	Garante uma comunicação contínua entre o usuário e profissionais de saúde.	Mantém a consistência dos dados compartilhados, assegurando uma comunicação eficaz.
<b>Notificações e Alertas de Metas de Saúde</b>	Complementa o monitoramento passivo com lembretes ativos e orientações para promover um estilo de vida saudável.	Fornecer lembretes contínuos e feedback sobre o progresso em relação às metas estabelecidas.	As notificações são consistentes com os dados coletados e metas definidas, mantendo a relevância e precisão.
<b>Análise de Tendências e Feedback Personalizado</b>	A análise de tendências complementa os dados atuais com uma visão histórica, proporcionando um entendimento mais profundo da saúde.	A análise é contínua, adaptando-se às novas informações e mantendo o registro histórico.	A apresentação e interpretação dos dados permanecem consistentes, mesmo com a evolução do tempo.



## **7 – Camadas Arquitetura Aplicação**

### **7.1 Camada de Coleta de Dados**

Dispositivos de Entrada: Xiaomi Balança Digital Corporal MI e Amazfit GTS 2 Mini Smartwatch

Coletam dados de saúde e atividade física e transmitem os dados via wi-fi para o smartphone

### **7.2 Camada de Intermediação (Smartphone)**

Smartphone Samsung Galaxy - Funciona como um gateway para coletar dados dos dispositivos;

Realiza um pré-processamento básico e formatação dos dados;

Utiliza uma conexão segura (HTTPS) para transmitir dados para a nuvem.

### **7.3 Camada de Nuvem (Google Cloud Platform)**

Recebe e armazena os dados no Cloud Storage;

Utiliza BigQuery ou Compute Engine para processamento e análise de dados iniciais;

Implementar funções de Pub/Sub para processamento de dados em tempo real.

### **7.4 Camada Mobile (Aplicativo Android - CardiWatch)**

Interface de usuário para visualização de dados e troca mensagem com AWS (MQTT & IA-Machine Learning);

### **7.5 Camada Nuvem - AWS - Uma instância com mosquitto MQTT e uma instância com IA (Machine Learning)**

Ocorre o processamento na instância com IA (Aprendizagem de Máquina) que devolve pra aplicação android (CardiWatch) através do (Mosquitto MQTT)