



VINÍCIUS LEOBET BREGOLI
EDSON EMILIO SCALABRIN - PROFESSOR ORIENTADOR

**UM FRAMEWORK DE SUPORTE A ALOCAÇÃO DE RECURSOS E DETECTAR
MUDANÇAS EM PROCESSOS**

CURITIBA
2024

RESUMO

Este projeto visa resolver a ineficiência no agendamento de procedimentos cirúrgicos no Hospital do Cajuru, em Curitiba, PR. Atualmente, o hospital enfrenta desafios como atrasos, sub ou super utilização das salas de cirurgia. Além disso, há dificuldade em detectar e analisar mudanças nos processos internos, que podem ocorrer devido a novas regulamentações ou melhorias contínuas.

A solução proposta envolve a implementação de um framework que integra mineração de processos, simulação computacional, indicadores de eficiência (ORE) e detecção de mudanças de conceito (concept drifts). Este framework permitirá monitorar e analisar os processos cirúrgicos em tempo real, ajustando a alocação de recursos conforme as necessidades e melhorando a eficiência do agendamento.

O frontend será desenvolvido em ReactJS para fornecer visualizações em tempo real dos agendamentos, indicadores de eficiência e alertas. O backend será construído utilizando Python, com frameworks como Django ou Flask, para gerenciar a lógica de negócios e a interação com a base de dados. Técnicas de mineração de processos serão aplicadas utilizando PM4PY, enquanto TensorFlow e PyTorch serão utilizados para análise preditiva e detecção de mudanças de conceito. O armazenamento e gerenciamento de dados serão feitos utilizando PostgreSQL.

O framework também incluirá a implementação do Interactive Process Drift Detection (IPDD) para detectar concept drifts em processos hospitalares. Com esta abordagem, espera-se melhorar significativamente a eficiência dos agendamentos cirúrgicos, otimizando o uso dos recursos hospitalares, reduzindo atrasos e aumentando a satisfação dos pacientes.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como escopo resolver a ineficiência no agendamento de procedimentos cirúrgicos no Hospital do Cajuru, em Curitiba, PR. O hospital enfrenta problemas como atrasos, subutilização ou superutilização das salas de cirurgia, o que resulta em insatisfação dos pacientes. Além disso, existe uma dificuldade significativa em detectar e analisar mudanças nos processos internos, especialmente aquelas decorrentes de novas regulamentações ou de iniciativas de melhoria contínua.

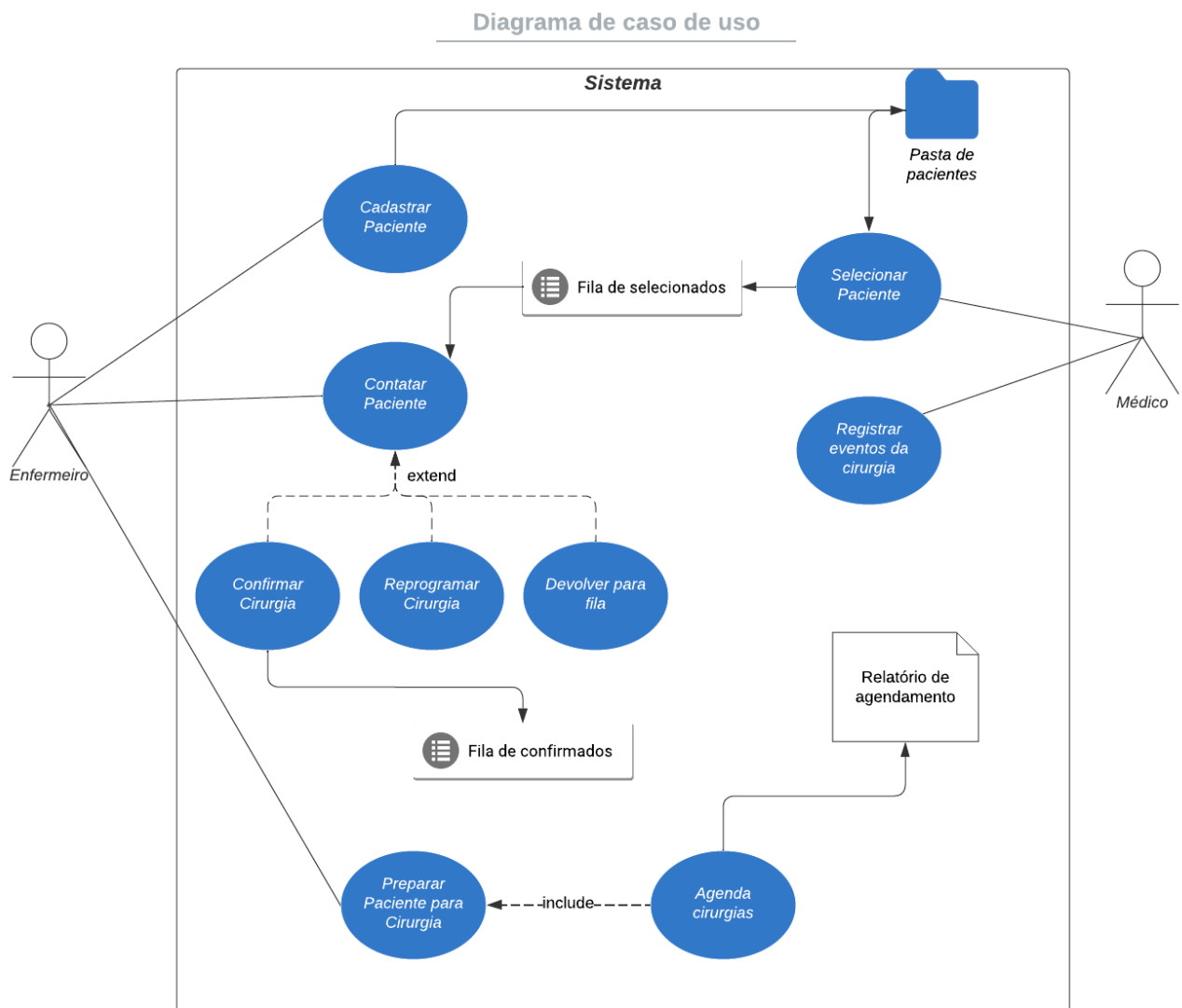
Para abordar esses desafios, este projeto propõe a implementação de um framework que integra mineração de processos, simulação computacional,

indicadores de eficiência (Operating Room Effectiveness - ORE) e detecção de mudanças de conceito (concept drifts). O framework permitirá monitorar e analisar os processos cirúrgicos em tempo real, ajustando a alocação de recursos conforme as necessidades e melhorando a eficiência do agendamento.

O produto final será uma dashboard interativa, onde os usuários poderão visualizar os dados e interagir com as informações de agendamento. Essa dashboard será projetada para ser exibida em monitores ou televisões, permitindo uma visualização clara e acessível dos indicadores de desempenho e das recomendações de agendamento em tempo real.

Este projeto não contemplará aspectos relacionados à implementação física das infraestruturas hospitalares, como a construção de novas salas de cirurgia ou a compra de novos equipamentos. Também não abrange a formação e treinamento dos profissionais de saúde, que são áreas críticas, mas fora do escopo específico deste trabalho.

DETALHAMENTO DO PROJETO



O diagrama de caso de uso apresentado oferece uma visão geral das interações entre os diferentes atores e o sistema de agendamento de cirurgias no hospital. Este diagrama detalha como os enfermeiros e médicos interagem com o sistema para gerenciar o fluxo de pacientes, desde o cadastro até a realização da cirurgia, incluindo a geração de relatórios de agendamento.

No centro do diagrama, o enfermeiro desempenha um papel de iniciar o processo com o caso de uso "Cadastrar Paciente". Esta ação insere as informações do paciente no sistema, adicionando-o à "Fila de Selecionados". Após o cadastro, o

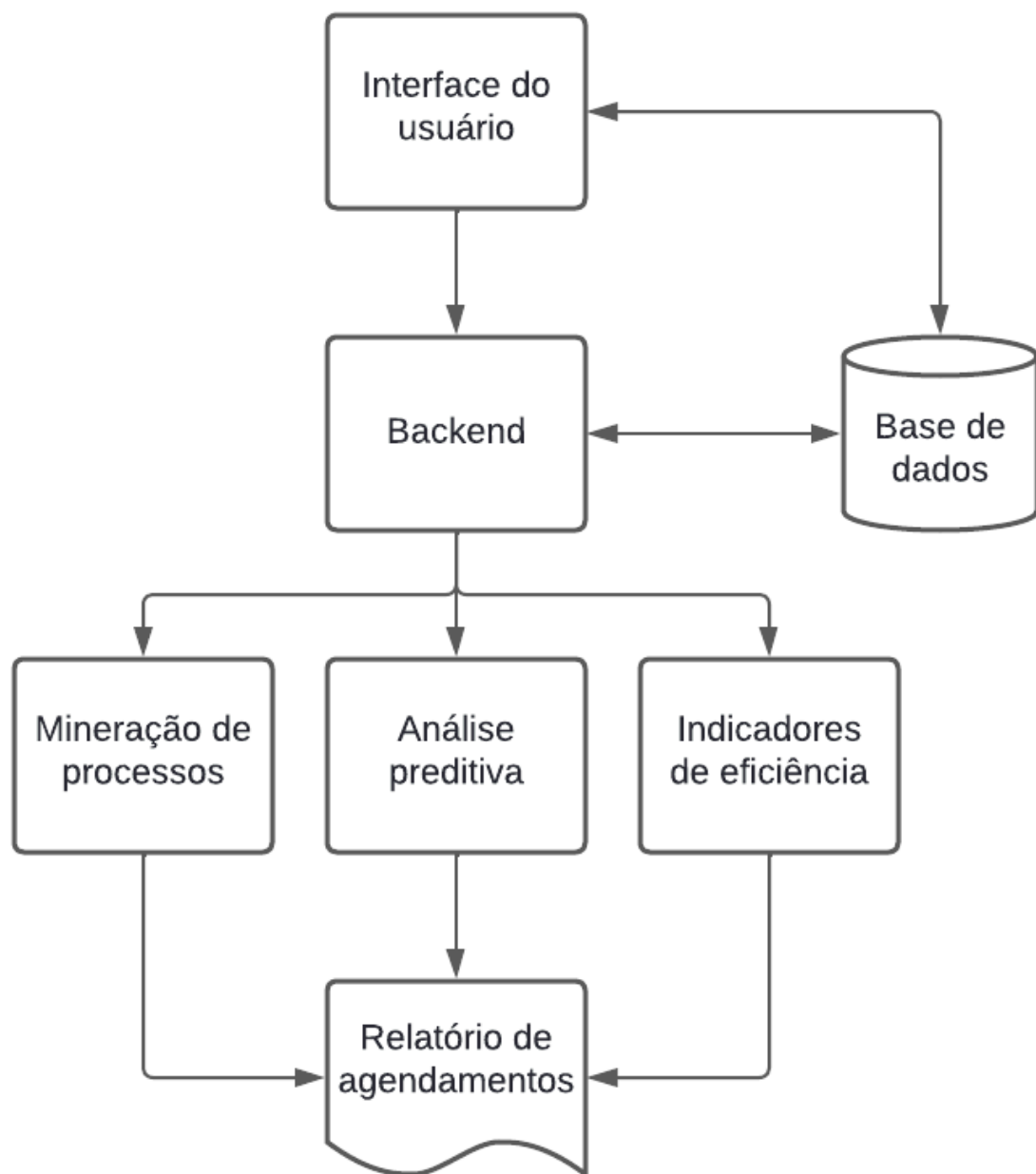
enfermeiro também é responsável por "Contatar Paciente", uma ação que pode ser estendida para "Confirmar Cirurgia", "Reprogramar Cirurgia" ou "Devolver para fila", dependendo da resposta do paciente ou das necessidades do hospital. Estas ações são fundamentais para manter a "Fila de Confirmados" atualizada com os pacientes prontos para a cirurgia.

Os médicos interagem com o sistema através de vários pontos. Primeiramente, utilizam o caso de uso "Selecionar Paciente" para escolher pacientes da fila para procedimentos específicos, acessando as informações na "Pasta de Pacientes". Além disso, os médicos registram todos os detalhes pertinentes ao procedimento cirúrgico através do caso de uso "Registrar eventos da cirurgia". Este registro é essencial para a documentação precisa e a continuidade do cuidado ao paciente.

O processo continua com o enfermeiro no caso "Preparar Paciente para Cirurgia", uma atividade que inclui o agendamento da cirurgia propriamente dita, detalhada no caso de uso "Agenda cirurgias". Este passo é integrado através de um relacionamento de inclusão, destacando a interdependência entre a preparação do paciente e a programação da cirurgia.

O sistema também por mim oferece o relatório, onde os dados dos agendamentos e eventos cirúrgicos são compilados para gerar um "Relatório de Agendamento". Este relatório é acessível para revisão e tomada de decisões estratégicas sobre o gerenciamento das salas de cirurgia e alocação de recursos.

Este diagrama detalha a sequência de ações necessárias para garantir que os pacientes sejam preparados adequadamente para as cirurgias e que todos os eventos sejam registrados com precisão, culminando na geração de relatórios úteis para o gerenciamento hospitalar.



Interface do Usuário (Frontend)

A interface do usuário será desenvolvida utilizando ReactJS, uma biblioteca JavaScript que permite construir interfaces de usuário dinâmicas e responsivas. Esta interface permitirá que os usuários interajam em tempo real com os dados de agendamento cirúrgico e visualizem os indicadores de eficiência de maneira intuitiva. Os principais componentes da interface incluirão o painel de controle, gráficos de indicadores, tabelas de agendamento e seções detalhadas para cada sala de cirurgia.

Os usuários poderão acessar informações como o status atual das salas, próximas cirurgias, equipes designadas e equipamentos disponíveis. A linguagem de programação utilizada será JavaScript, com a plataforma alvo sendo a web. Ferramentas como Node.js, npm/yarn serão essenciais para o desenvolvimento, e a depuração será feita através das ferramentas de desenvolvedor do navegador e React DevTools..

Backend (Servidor)

O backend do sistema será desenvolvido em Python, utilizando frameworks como Django ou Flask. Este componente será responsável por gerenciar a lógica, processar dados e estabelecer a comunicação entre o frontend e o banco de dados. O backend funcionará como o núcleo do sistema, coordenando requisições de agendamento, atualizações de status, cálculos de indicadores de eficiência e geração de relatórios. Ele garantirá que todas as operações sejam executadas de forma eficiente e segura. A plataforma alvo será servidores web, com ferramentas como Django, Flask, entre outras. A depuração será realizada utilizando o pdb (Python Debugger) e logs do servidor.

Mineração de Processos

A mineração de processos será realizada utilizando a biblioteca PM4PY, que permitirá a descoberta, verificação e melhoria dos processos cirúrgicos. Este módulo analisa logs de eventos para identificar padrões e otimizar fluxos de trabalho. Será utilizado Python como linguagem de programação, com a plataforma alvo sendo servidores web. Ferramentas como PM4PY, Pandas e NumPy serão utilizadas para a análise de dados.

Análise Preditiva

Para prever necessidades de recursos e detectar mudanças de conceito nos processos cirúrgicos, serão utilizados frameworks de machine learning como TensorFlow e PyTorch. Este módulo será responsável pela análise preditiva, utilizando dados históricos e em tempo real para treinar e aplicar modelos preditivos. Python será a linguagem de programação, com a plataforma alvo sendo servidores web. Ferramentas como TensorFlow, PyTorch e scikit-learn serão essenciais. A depuração será realizada através de TensorBoard para visualização do treinamento e logging.

Indicadores de Eficiência (ORE)

Os indicadores de eficiência, como Disponibilidade, Desempenho e Qualidade, serão calculados e monitorados para avaliar a eficiência dos agendamentos cirúrgicos. Este módulo utilizará Python para implementar os cálculos dos indicadores, com servidores web como plataforma alvo. Ferramentas como Pandas e NumPy serão utilizadas para os cálculos, e a depuração será realizada através de Jupyter Notebooks para cálculos iterativos e logging.

Banco de Dados

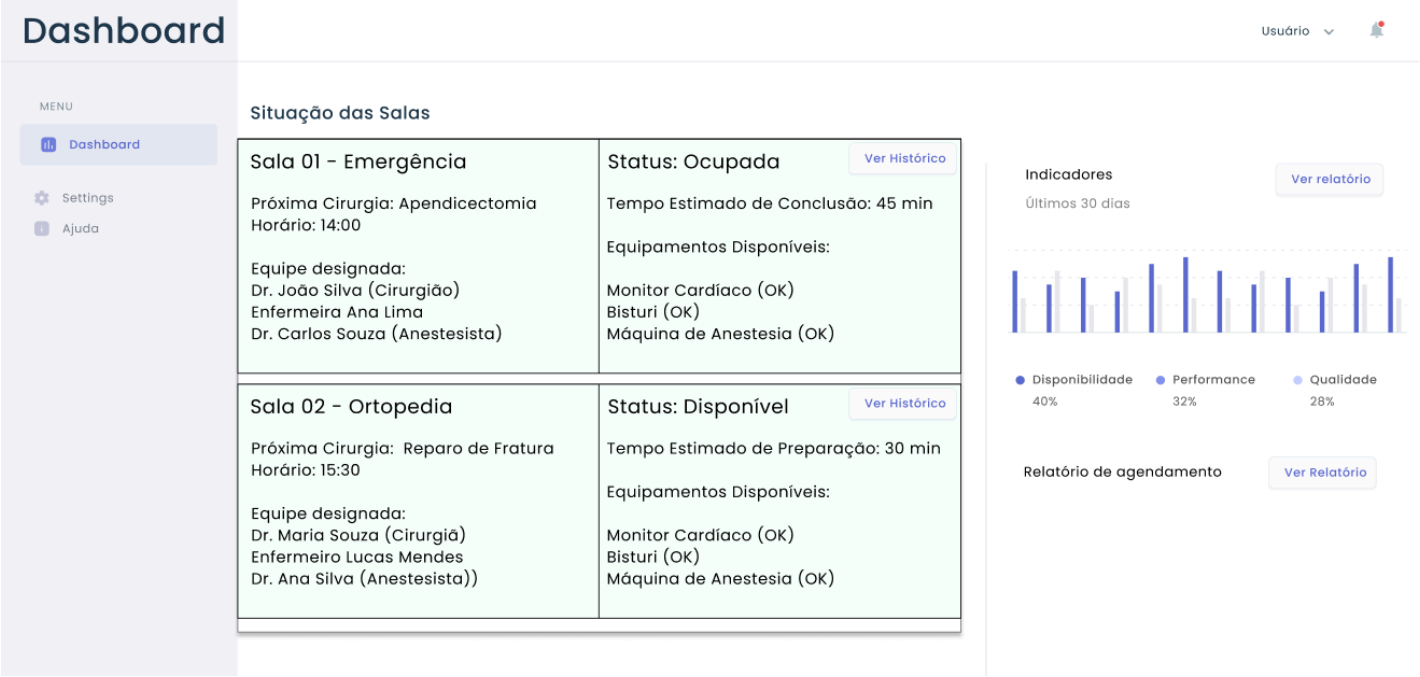
O banco de dados será responsável por armazenar informações dos pacientes, agendamentos, logs de eventos e indicadores de eficiência. Os bancos de dados serão gerenciados com SQL, utilizando PostgreSQL.

Relatórios

Por fim, o módulo de relatórios e alertas será responsável pela geração de relatórios detalhados sobre agendamentos e indicadores de eficiência, além de enviar notificações em tempo real. Python será a linguagem de programação utilizada para este módulo, com servidores web como plataforma alvo. Ferramentas como ReportLab para a geração de relatórios e smtplib para o envio de emails serão utilizadas. A depuração será realizada através de logs de geração de relatórios e testes unitários.

Integração entre Blocos

A integração entre os blocos será feita principalmente através de APIs RESTful, permitindo a comunicação entre o frontend, backend e os diversos módulos de processamento de dados. As interfaces serão claramente definidas e documentadas para garantir que todos os componentes funcionem harmoniosamente, proporcionando uma solução coesa e eficiente para o agendamento de procedimentos cirúrgicos no Hospital do Cajuru.



O protótipo da dashboard fornece uma visão do sistema de agendamento de cirurgias, permitindo que os usuários acompanhem em tempo real a situação das salas de cirurgia, os indicadores de eficiência e os relatórios de agendamento. A interface é projetada para ser clara e fácil de usar, facilitando a tomada de decisões rápidas e informadas.

A seção "Situação das Salas" é o elemento central da dashboard, onde são exibidas informações detalhadas sobre cada sala de cirurgia. Por exemplo, para a Sala 01, categorizada como "Emergência", a próxima cirurgia agendada é uma apendicectomia marcada para às 14:00. A equipe designada inclui o Dr. João Silva como cirurgião, a enfermeira Ana Lima e o anestesista Dr. Carlos Souza. O status da sala é mostrado como "Ocupada", com um tempo estimado de conclusão de 45 minutos. Além disso, são listados os equipamentos disponíveis, como monitor cardíaco, bisturi e máquina de anestesia, todos em funcionamento (OK). Há também um botão "Ver Histórico" que permite ao usuário acessar o histórico de utilização da sala, proporcionando uma visão completa e detalhada das atividades recentes.

À direita, a dashboard inclui gráficos de indicadores que apresentam dados dos últimos 30 dias sobre disponibilidade, desempenho e qualidade. Esses gráficos permitem que os usuários monitorem facilmente as tendências e identifiquem áreas que possam necessitar de melhorias.

Além dos indicadores, a dashboard apresenta a seção dedicada ao Relatório de agendamento, onde os usuários podem gerar e visualizar relatórios detalhados sobre os agendamentos de cirurgias.

PROCEDIMENTOS DE TESTE E VALIDAÇÃO DO PROJETO

Para assegurar funcionalidade do projeto, o framework será submetido a procedimentos de teste e validação, tanto em nível modular quanto para o sistema integrado. Cada módulo passará por uma série de testes específicos para validar sua funcionalidade individual, e testes de integração serão implementados para garantir uma operação coesa entre todos os componentes do sistema.

Iniciaremos com testes de usabilidade na Interface de Usuário para garantir que ela seja intuitiva e fácil de usar, incluindo testes de navegação, consistência visual e acessibilidade. Testes funcionais também serão aplicados para verificar cada funcionalidade, como visualização de dados, alertas e recomendações, e testes de performance para avaliar a velocidade de carregamento e a capacidade de atualização em tempo real.

No módulo de Processamento de Dados, realizaremos testes unitários para cada função, assegurando a correta operação com diferentes entradas. Testes de integração verificarão a interação do módulo com o Banco de Dados e a Interface de Usuário, garantindo a correta transmissão e processamento de dados.

Para o módulo de Análise de Dados, os algoritmos de mineração de processos e análise preditiva serão rigorosamente testados para precisão e eficácia. Testes de *stress* também serão realizados para avaliar a capacidade do módulo de processar grandes volumes de dados sob condições de carga elevada.

O Banco de Dados será submetido a testes de segurança para proteger contra acessos não autorizados e vazamentos de dados, além de testes de resiliência para avaliar a capacidade de recuperação de dados após falhas.

Após a validação dos módulos individuais, procederemos com testes de integração, garantindo que todos os componentes funcionem em conjunto. Estes testes incluirão a execução de fluxos de trabalho completos, desde a entrada de dados até a geração de relatórios analíticos.

Os critérios de aceitação serão claramente definidos, exigindo que o sistema responda às interações do usuário e processe atualizações em tempo real sem atrasos. O sistema também deve cumprir todas as normas de segurança de dados, incluindo a proteção de informações de pacientes e a conformidade regulatória.

Finalmente, uma validação final será conduzida em um ambiente de produção simulado, usando dados reais para verificar o desempenho do sistema em condições operacionais reais. Esta abordagem de testes e validação é essencial para garantir a entrega de um sistema confiável e eficaz.

ANÁLISE DE RISCOS

O desenvolvimento de um framework apresenta vários riscos que podem impactar o progresso e a eficácia do projeto. Uma avaliação cuidadosa desses riscos é essencial para estabelecer estratégias de mitigação eficazes.

Um dos desafios mais significativos é a integração do novo sistema com os sistemas de informação hospitalares existentes, muitos dos quais são legados e não foram projetados para interoperabilidade. A dificuldade na integração pode levar ao uso de dados desatualizados ou incompletos para decisões críticas, comprometendo a funcionalidade do sistema. Para evitar esse risco, é crucial planejar uma fase de análise e teste extensiva para compreender as interfaces de dados dos sistemas legados e trabalhar em colaboração com os fornecedores desses sistemas para garantir compatibilidade.

Outro risco relevante é a resistência à mudança por parte do pessoal do hospital, que pode se sentir desconfortável com as novas tecnologias e processos. Um programa de treinamento abrangente para os usuários finais é vital, focado em demonstrar os benefícios do novo sistema e fornecer suporte contínuo durante a transição. Incluir feedback dos usuários como parte do processo de desenvolvimento pode aumentar a aceitação e facilitar uma transição mais suave.

A complexidade tecnológica introduzida pelo uso de mineração de processos e simulação computacional aumenta o risco de falhas na implementação. Para enfrentar isso, é importante realizar revisões de código, testes unitários e de integração frequentes, além de simulações de uso para identificar e corrigir problemas antes do lançamento. A contratação de especialistas em tecnologias específicas pode ser considerada se necessário.

Os riscos de conformidade com regulamentos de privacidade e segurança de dados também são uma preocupação significativa, dada a sensibilidade dos dados de saúde manipulados pelo sistema. É fundamental que todas as tecnologias e processos estejam em conformidade com regulamentos como HIPAA e GDPR.

Por fim, a dependência de bibliotecas de terceiros e serviços externos, como PM4PY ou serviços de computação em nuvem, pode apresentar riscos se esses serviços sofrerem interrupções ou deixarem de ser suportados. Avaliar a estabilidade e o suporte a longo prazo dos fornecedores e tecnologias de terceiros é crucial, mantendo planos de contingência para qualquer eventualidade.

Esses riscos, se não forem adequadamente gerenciados, podem afetar seriamente a viabilidade e o sucesso do projeto, enfatizando a importância de uma gestão de riscos proativa e bem planejada.

Risco	Causa Potencial	Impacto Esperado	Estratégias de Mitigação
Integração com Sistemas Legados	Dificuldade de compatibilidade com sistemas de informação hospitalares antigos.	Uso de dados desatualizados ou incompletos para decisões críticas, comprometendo a funcionalidade do sistema.	Planejamento de uma fase de análise e teste extensiva.
Resistência à Mudança	Desconforto do pessoal do hospital com novas tecnologias e processos.	Baixa adoção do sistema, reduzindo a eficácia das melhorias propostas.	Implementação de um programa de treinamento abrangente para os usuários finais.
Complexidade Tecnológica	Uso de mineração de processos e simulação computacional.	Falhas na implementação devido à complexidade do sistema.	Realização de revisões de código, testes unitários e de integração frequentes.
Conformidade com Regulamentos	Manipulação de dados de saúde sensíveis.	Violações de privacidade e segurança de dados, exposição a sanções legais.	Garantir que todas as tecnologias e processos estejam em conformidade com regulamentos
Dependência de Terceiros	Uso de bibliotecas e serviços externos, como PM4PY ou serviços de computação em nuvem.	Interrupções de serviço ou descontinuação de suporte, afetando a operação do sistema.	Avaliação da estabilidade e suporte a longo prazo dos fornecedores e tecnologias de terceiros.

CRONOGRAMA

Fase	Atividades	Início	Término
Planejamento	Definição de escopo e requisitos	maio 2024	junho 2024
Desenvolvimento do Front-end	Design e codificação da Interface de Usuário	junho 2024	agosto 2024
Desenvolvimento do Back-end	Implementação da lógica de processamento de dados	julho 2024	setembro 2024
Desenvolvimento do Banco de Dados	Estruturação e implementação do banco de dados	agosto 2024	outubro 2024
Desenvolvimento do Módulo de Análise	Codificação dos algoritmos de análise	setembro 2024	novembro 2024
Testes Iniciais	Testes unitários e de integração dos módulos	novembro 2024	dezembro 2024
Revisão e Ajustes	Otimização e correção de erros	janeiro 2025	fevereiro 2025
Testes de Sistema	Testes de sistema completo e validação	março 2025	abril 2025
Preparação para Apresentação	Revisão final e preparação da apresentação	maio 2025	junho 2025
Documentação Final	Redação e revisão da documentação do projeto	abril 2025	junho 2025
Apresentação Final	Demonstração final do projeto	Final de Junho 2025	-

CONCLUSÃO

Este projeto visa abordar a ineficiência no agendamento de procedimentos cirúrgicos no Hospital do Cajuru, em Curitiba, PR, através da implementação de um framework integrado. O objetivo principal é otimizar o uso dos recursos hospitalares e melhorar os indicadores de qualidade, proporcionando um sistema mais eficiente e satisfatório tanto para os profissionais de saúde quanto para os pacientes.

A solução proposta envolve a criação de um sistema robusto que integra mineração de processos, análise preditiva e indicadores de eficiência (Operating Room Effectiveness - ORE). A interface do usuário será desenvolvida utilizando ReactJS, proporcionando uma experiência intuitiva e interativa. O backend será implementado em Python, utilizando frameworks como Django ou Flask para gerenciar a lógica de negócios e processar dados de maneira eficiente. Ferramentas como PM4PY, TensorFlow e PyTorch serão empregadas para análise de dados e previsões, enquanto PostgreSQL ou MongoDB gerenciarão o armazenamento de dados.

A estratégia de desenvolvimento do projeto inclui a criação de uma interface de usuário responsiva e fácil de usar, a implementação de um backend robusto para processamento de dados e a integração de módulos de mineração de processos e análise preditiva. Além disso, será dado suporte à geração de relatórios detalhados e à notificação em tempo real de eventos críticos, permitindo uma gestão eficiente e proativa das salas de cirurgia.

Os riscos do projeto incluem a integração com sistemas legados, a resistência à mudança por parte dos usuários finais e a complexidade tecnológica inerente à implementação das diversas ferramentas e frameworks envolvidos. No entanto, estratégias como a realização de testes extensivos, o treinamento abrangente dos usuários e a revisão contínua do código foram planejadas para mitigar esses riscos.

Com base na evolução do projeto até o momento, a equipe acredita que ele continua sendo viável. A maior compreensão das tecnologias envolvidas e a clareza sobre os objetivos e desafios do projeto reforçam a confiança na sua execução bem-sucedida. A integração dos diversos componentes foi bem planejada, e as ferramentas escolhidas demonstraram ser adequadas para atender às necessidades do projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FERRONATO, Jair José. **PM4SOS: Um Framework para suporte à tomada de decisão operacional**. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba. 2022

SATO, Denise Maria Vecino. **Concept Drift Detection in Process Models**. Programa de Pós-Graduação em Informática, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2022.

SOUZA, Thiago A.; QUEIROZ, Geandra A.; LIMA, Rui M.; PIMENTA, Leticia V. **Application of the Operating Room Effectiveness indicator (ORE) in a Brazilian hospital**. In: INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND OPERATIONS MANAGEMENT-ABEPRO-ADINGOR-IISE-AIM-ASEM (IJCIEOM 2020), 2020.

BMC HEALTH SERVICES RESEARCH. **Hospital challenges and managerial approaches to combat COVID-19 outbreak: a qualitative study in southeastern Iran**.

PLOS ONE. **Health human resources challenges during COVID-19 pandemic; evidence of a qualitative study in a developing country**.

HFMA. **Transforming healthcare through better resource management**.

HUMAN RESOURCES FOR HEALTH. **Human resource management research in healthcare: a big data bibliometric study**.