

Frederick Baleeiro Espinheiro Sales

Proposta de Solução para o Sistema VOEBEM

Castanhal - PA

Abril de 2025

Sumário

1	ARQUITETURA DO SISTEMA - DIAGRAMA C4	3
1.1	Nível 1 (Contexto)	3
1.1.1	Usuários (Personas)	3
1.1.2	Sistema Principal	3
1.1.3	Sistemas Externos	3
1.2	Nível 2 (Container)	5
1.2.1	Containers Principais	5
1.2.2	Containers de Dados e Mensageria	8
1.3	Nível 3 (Componentes - Exemplo para API de Reservas)	8
1.3.1	Componentes Principais da API de Reservas	10
1.4	Destaques Obrigatórios	11
1.4.1	Escalabilidade	11
1.4.2	Balanceamento de Carga	11
1.4.3	Alta Disponibilidade	11
2	ESTRATÉGIA DE DEPLOY E RESILIÊNCIA	13
2.1	Pipeline de CI/CD (Integração Contínua / Entrega Contínua)	13
2.1.1	Ferramentas Propostas	13
2.1.2	Fluxo do Pipeline	13
2.1.3	Etapas Detalhadas	13
2.2	Estratégia de Deploy	15
2.2.1	Justificativa	15
2.2.2	Funcionamento (Ilustrado no Diagrama)	15
2.2.3	Benefícios para VOEBEM	16
2.3	Estratégia de Rollback	16
2.3.1	Processo de Rollback (Detalhado)	16
2.3.2	Garantias	17
3	PLANO DE MELHORIA DA CONFIABILIDADE E PERCEPÇÃO DO CLIENTE	18
3.1	Monitoramento e Observabilidade	18
3.1.1	SLIs (Service Level Indicators) Chave	18
3.1.2	SLOs (Service Level Objectives)	19
3.1.3	Ferramentas Propostas	19
3.1.4	Alertas	19
3.2	Automação de Recuperação	20

3.2.1	Auto-Healing (Kubernetes)	20
3.2.2	Auto-Scaling (Kubernetes)	20
3.2.3	Failover Automático (Componentes Stateful)	20
3.2.4	Chaos Engineering (Prática Recomendada)	21
3.3	Gestão de Incidentes	21
3.3.1	Técnicas Chave para Redução de MTTD e MTTR	21
3.3.2	Ciclo de Vida Básico de um Incidente	21
3.4	Feedback dos Clientes	24
3.4.1	Canais de Coleta	24
3.4.2	Processamento e Ação	24
	Anexo A - Esquema Entidade-Relacionamento (ER) e DBML	27

1 Arquitetura do Sistema - Diagrama C4

Para ilustrar claramente a arquitetura proposta para o Sistema VOEBEM, utilizamos a metodologia C4 Model. Esta abordagem fornece diferentes níveis de detalhe, desde uma visão geral do contexto até a estrutura interna dos componentes principais, facilitando a compreensão por diferentes públicos (técnicos e de negócio).

1.1 Nível 1 (Contexto)

Este diagrama mostra o Sistema de Reservas VOEBEM em seu contexto, identificando os principais usuários e as integrações com sistemas externos essenciais para sua operação.

1.1.1 Usuários (Personas)

- **Passageiro/Cliente:** Pessoa que busca, reserva e gerencia voos através dos canais digitais (Website/App Mobile).
- **Agente de Reservas (Funcionário VOEBEM):** Funcionário que utiliza o sistema internamente para criar, modificar e gerenciar reservas em nome dos clientes.
- **Administrador do Sistema (Funcionário VOEBEM):** Funcionário responsável pela configuração de voos, tarifas, regras de negócio e gerenciamento geral do sistema.

1.1.2 Sistema Principal

- **Sistema de Reservas VOEBEM (Software System):** A aplicação central que gerencia todo o inventário de voos, trechos, assentos, processa reservas e fornece informações aos usuários e sistemas externos.

1.1.3 Sistemas Externos

- **Sistema de Pagamentos (External System):** Serviço externo responsável pelo processamento seguro de transações financeiras para a emissão de bilhetes. *Interage com o Sistema VOEBEM para autorizar e confirmar pagamentos.*
- **Sistema de Check-in (External System):** Sistema utilizado nos aeroportos (ou online) para validar reservas, confirmar a presença do passageiro e atribuir/confirmar assentos antes do embarque. *Interage com o Sistema VOEBEM para consultar dados da reserva/assento e atualizar o status de check-in.*

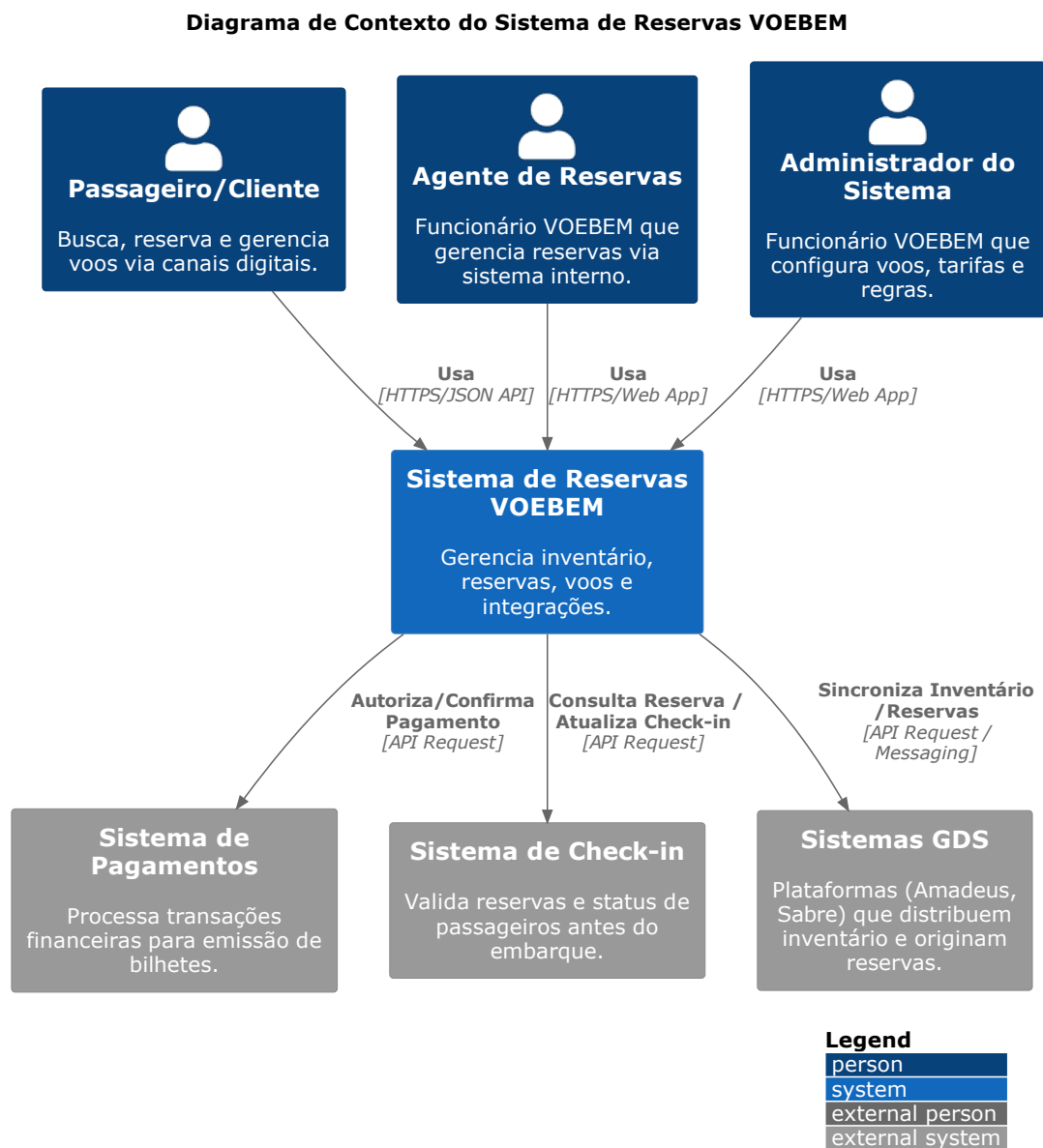


Figura 1 – Diagrama de Contexto C4 - Sistema VOEBEM

- **Sistemas GDS (Global Distribution Systems) (External System):** Plataformas globais (Exemplo: Amadeus, Sabre) que distribuem o inventário de voos da VOEBEM para agências de viagens e outros canais. *Interage com o Sistema VOEBEM para consultar disponibilidade, criar reservas (originadas externamente) e sincronizar informações.*

1.2 Nível 2 (Container)

Este diagrama detalha os principais blocos de construção (containers) do Sistema de Reservas VOEBEM, suas responsabilidades, tecnologias e como eles interagem, utilizando um banco de dados centralizado conforme requisito.

1.2.1 Containers Principais

Web App (SPA) (Container)

- **Descrição:** Interface web principal acessada via navegador.
- **Tecnologia:** React.
- **Responsabilidade:** Fornecer a interface do usuário para Passageiros, Agentes de Reservas e Administradores realizarem suas tarefas (consultas, reservas, gerenciamento).
- **Interage com:** API Gateway (via HTTPS/JSON).

Mobile App (Container)

- **Descrição:** Aplicativo móvel nativo ou híbrido.
- **Tecnologia:** React Native / Nativo (iOS/Android).
- **Responsabilidade:** Fornecer uma interface otimizada para Passageiros em dispositivos móveis.
- **Interage com:** API Gateway (via HTTPS/JSON).

API Gateway (Container)

- **Descrição:** Ponto único de entrada para todas as requisições externas das interfaces (SPA, Mobile App) e de sistemas externos (Check-in).
- **Tecnologia:** Exemplo: AWS API Gateway, Nginx, Kong.

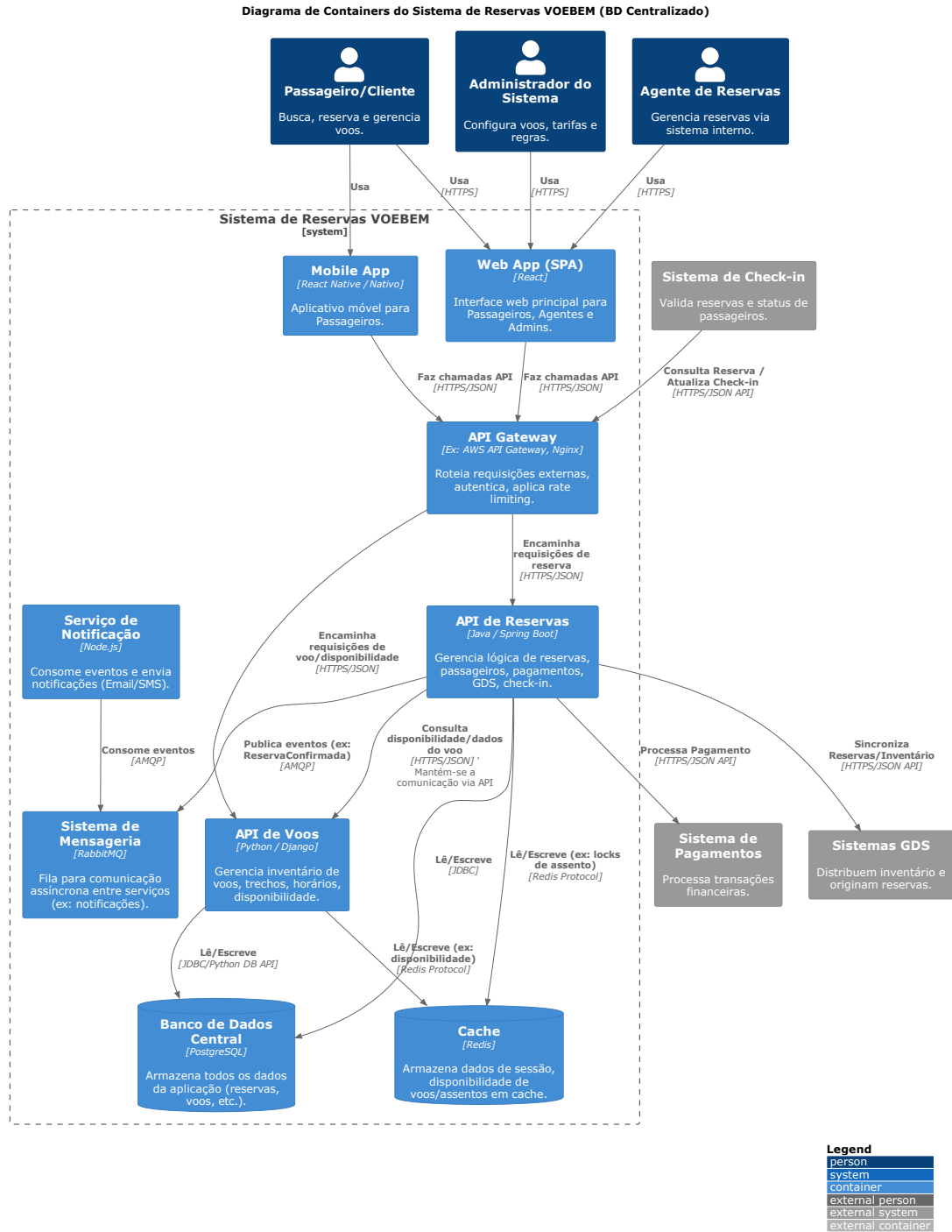


Figura 2 – Diagrama de Containers C4 - Sistema VOEBEM

- **Responsabilidade:** Roteamento de requisições para os serviços backend apropriados, autenticação/autorização inicial, aplicação de rate limiting, agregação leve de respostas (opcional).
- **Interage com:** Web App, Mobile App, Sistema de Check-in, API de Reservas, API de Voos.

API de Reservas (Container)

- **Descrição:** Microserviço backend focado no domínio de reservas.
- **Tecnologia:** Java / Spring Boot.
- **Responsabilidade:** Gerenciar todo o ciclo de vida das reservas (criação, consulta, cancelamento, prorrogação), dados de passageiros, orquestrar interações com pagamento, GDS e check-in, gerenciar reserva de assentos.
- **Interage com:** API Gateway, Banco de Dados Central, API de Voos, Cache, Sistema de Mensageria, Sistema de Pagamentos, Sistemas GDS.

API de Voos (Container)

- **Descrição:** Microserviço backend focado no domínio de inventário de voos.
- **Tecnologia:** Python / Django.
- **Responsabilidade:** Gerenciar informações sobre voos, trechos, horários, aeroportos, aeronaves e calcular/consultar disponibilidade de voos e assentos.
- **Interage com:** API Gateway, Banco de Dados Central, Cache, API de Reservas.

Serviço de Notificação (Container)

- **Descrição:** Serviço assíncrono para envio de notificações.
- **Tecnologia:** Node.js.
- **Responsabilidade:** Consumir eventos do Sistema de Mensageria (Exemplo: `ReservaConfirmada`, `PrazoExpirando`) e enviar notificações aos usuários via canais apropriados (Email, SMS - integração com serviços externos específicos não mostrada neste nível).
- **Interage com:** Sistema de Mensageria.

1.2.2 Containers de Dados e Mensageria

Banco de Dados Central (Database Container)

- **Descrição:** Banco de dados relacional centralizado que armazena todos os dados da aplicação.
- **Tecnologia:** PostgreSQL.
- **Responsabilidade:** Armazenar de forma persistente e transacional os dados de reservas, passageiros, voos, trechos, aeroportos, aeronaves, assentos, etc.
- **Acessado por:** API de Reservas, API de Voos.

Cache (Database Container)

- **Descrição:** Armazenamento de dados em memória para acesso rápido.
- **Tecnologia:** Redis.
-
- **Responsabilidade:** Acelerar consultas frequentes (Exemplo: disponibilidade de voos/assentos), armazenar dados de sessão (opcional), gerenciar locks temporários (Exemplo: durante seleção de assento).
- **Acessado por:** API de Reservas, API de Voos.

Sistema de Mensageria (Container)

- **Descrição:** Broker de mensagens para comunicação assíncrona.
- **Tecnologia:** RabbitMQ.
- **Responsabilidade:** Desacoplar a comunicação entre serviços, permitindo que eventos sejam publicados (pela API de Reservas) e consumidos (pelo Serviço de Notificação) de forma independente e resiliente.
- **Acessado por:** API de Reservas, Serviço de Notificação.

1.3 Nível 3 (Componentes - Exemplo para API de Reservas)

Este diagrama detalha a estrutura interna do container "API de Reservas", mostrando seus principais componentes lógicos e como eles colaboram para realizar as funcionalidades de reserva e interagir com dependências externas.

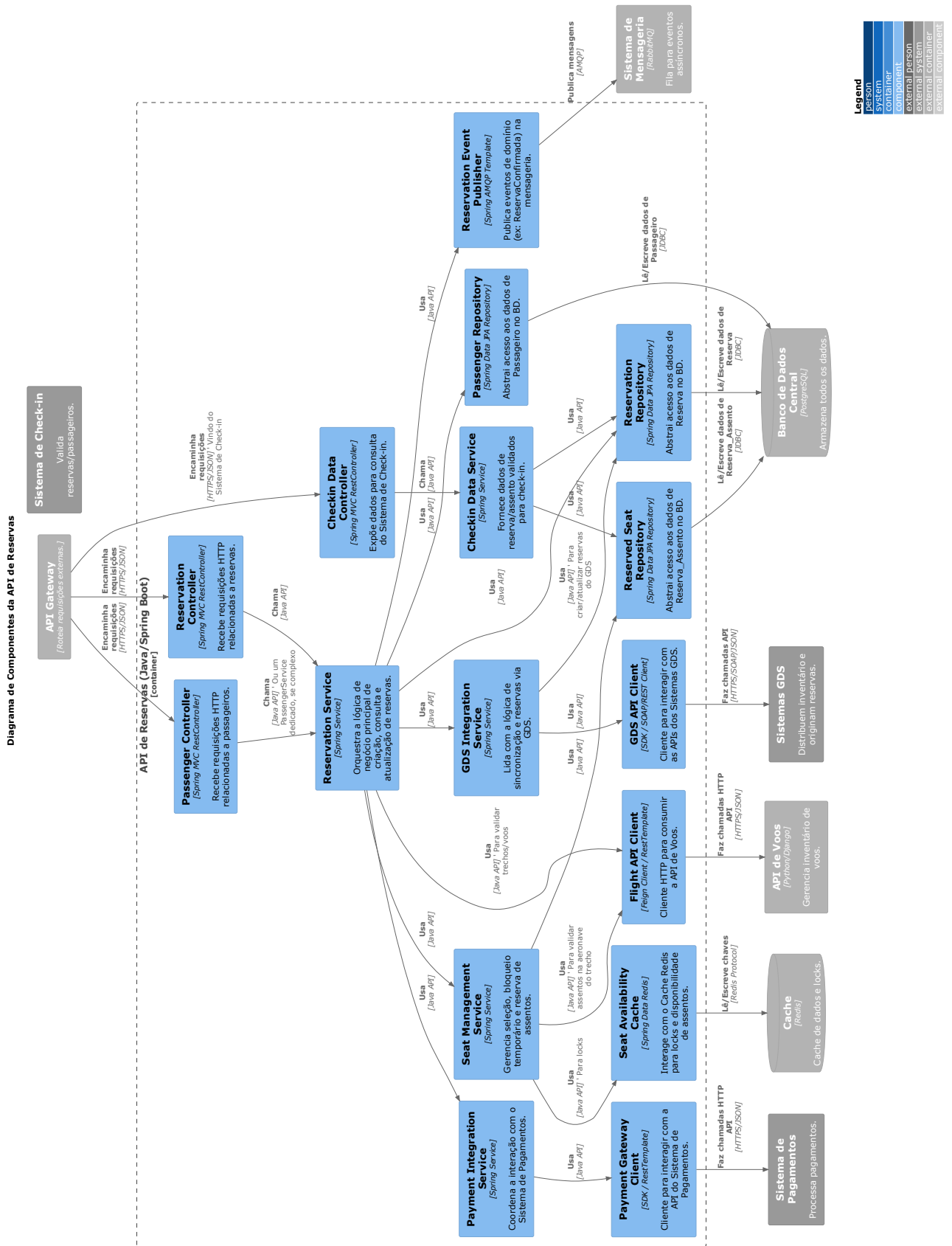


Figura 3 – Diagrama de Componentes C4 - API de Reservas

1.3.1 Componentes Principais da API de Reservas

Controllers (`ReservationController`, `PassengerController`, `CheckinDataController`)

- **Tecnologia:** Spring MVC RestController.
- **Responsabilidade:** Receber requisições HTTP da API Gateway, validar entradas básicas e delegar para os serviços apropriados. O `CheckinDataController` expõe endpoints específicos para consulta pelo Sistema de Check-in.

Services (`ReservationService`, `SeatManagementService`, `PaymentIntegrationService`, `GdsIntegrationService`, `CheckinDataService`)

- **Tecnologia:** Spring Service.
- **Responsabilidade:** Contêm a lógica de negócio principal.
 - `ReservationService`: Orquestra o fluxo de criação, consulta, atualização de reservas, validações de regras de negócio.
 - `SeatManagementService`: Gerencia a lógica de seleção, bloqueio temporário (usando cache) e confirmação de assentos.
 - `PaymentIntegrationService`: Coordena a comunicação com o `PaymentGatewayClient` para processar pagamentos.
 - `GdsIntegrationService`: Lida com a lógica de receber/enviar dados de/para os Sistemas GDS através do `GdsApiClient`.
 - `CheckinDataService`: Fornece dados consolidados e validados sobre a reserva e assento para o `CheckinDataController`.

Repositories (`ReservationRepository`, `PassengerRepository`, `ReservedSeatRepository`)

- **Tecnologia:** Spring Data JPA Repository.
- **Responsabilidade:** Abstrair o acesso (leitura/escrita) aos dados das entidades correspondentes no Banco de Dados Central.

Clients (`FlightApiClient`, `PaymentGatewayClient`, `GdsApiClient`)

- **Tecnologia:** Feign Client / RestTemplate / SDKs específicos.
- **Responsabilidade:** Encapsular a comunicação via rede com outros containers ou sistemas externos.

- **FlightApiClient**: Comunica-se com a API de Voos para obter informações de voos, trechos e validar disponibilidade/assentos.
- **PaymentGatewayClient**: Interage com o Sistema de Pagamentos externo.
- **GdsApiClient**: Interage com os Sistemas GDS externos.

Messaging (ReservationEventPublisher)

- **Tecnologia**: Spring AMQP Template.
- **Responsabilidade**: Publicar eventos de domínio significativos (Exemplo: ReservaConfirmada, PagamentoFalhou) no Sistema de Mensageria para processamento assíncrono (Exemplo: notificações).

Caching (SeatAvailabilityCache)

- **Tecnologia**: Spring Data Redis.
- **Responsabilidade**: Interagir com o Cache (Redis) para operações específicas, como gerenciamento de locks distribuídos durante a seleção de assentos para evitar concorrência.

1.4 Destaques Obrigatórios

1.4.1 Escalabilidade

- **Horizontal**: Utilização de múltiplos containers/instâncias para os serviços (Frontend, API Gateway, Serviços Backend) gerenciados por orquestradores (Kubernetes, AWS ECS) ou grupos de autoescalonamento (Auto Scaling Groups). O Banco de Dados pode escalar leituras com réplicas.
- **Vertical**: Aumento de recursos (CPU/Memória) das instâncias/containers conforme necessário (menos preferível para serviços stateless).

1.4.2 Balanceamento de Carga

Uso de Load Balancers (Exemplo: AWS ELB, Nginx) na frente da API Gateway e dos serviços backend para distribuir o tráfego entre as instâncias disponíveis.

1.4.3 Alta Disponibilidade

- Deploy das instâncias/containers em múltiplas Zonas de Disponibilidade (AZs) na nuvem.

- Uso de bancos de dados gerenciados com replicação multi-AZ e failover automático.
- Implementação de Health Checks para que o Load Balancer e o orquestrador removam instâncias não saudáveis.

2 Estratégia de Deploy e Resiliência

Esta seção detalha as estratégias propostas para garantir entregas de software frequentes, confiáveis e com baixo risco para o Sistema VOEBEM, abordando o pipeline de CI/CD, a metodologia de deploy em produção e o plano de rollback.

2.1 Pipeline de CI/CD (Integração Contínua / Entrega Contínua)

Propõe-se um pipeline de CI/CD robusto para automatizar o processo de build, teste e deploy dos diferentes containers (microserviços, frontend) do sistema, conforme ilustrado abaixo.

2.1.1 Ferramentas Propostas

- **Controle de Versão:** Git (com repositórios hospedados no GitLab ou GitHub).
- **Servidor de CI/CD:** GitLab CI/CD ou GitHub Actions (integrados à plataforma de repositórios).
- **Containerização:** Docker (para empacotar as aplicações e suas dependências).
- **Registro de Container:** Docker Hub, GitLab Container Registry, AWS ECR ou similar.
- **Orquestração de Containers:** Kubernetes (gerenciado na nuvem, Exemplo: AWS EKS, Google GKE, Azure AKS).
- **Ferramentas de Teste:** JUnit (para Java/API Reservas), PyTest (para Python/API Voos), Jest/Cypress (para Frontend React).
- **Análise de Código (Opcional):** SonarQube (para análise estática de segurança e qualidade).

2.1.2 Fluxo do Pipeline

O diagrama abaixo ilustra as etapas sequenciais e pontos de decisão do pipeline, desde o commit do código até o deploy em produção, incluindo validações intermediárias.

2.1.3 Etapas Detalhadas

1. **Commit & Trigger:** Desenvolvedor envia código, iniciando o pipeline.

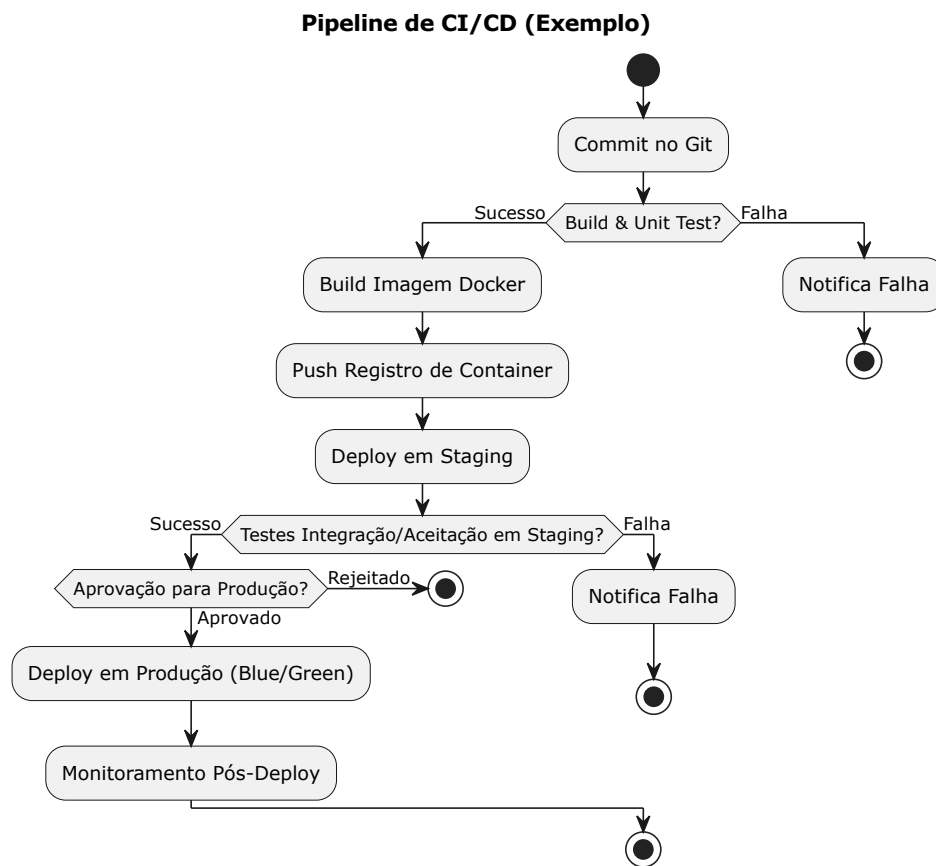


Figura 4 – Diagrama do Pipeline de CI/CD

2. **Build & Unit Test:** Compilação e testes unitários. Falhas interrompem o pipeline.
3. **Code Scan (Opcional):** Análise estática de código.
4. **Build da Imagem Docker:** Criação da imagem da aplicação.
5. **Push para Registro:** Envio da imagem para o registro.
6. **Deploy em Staging:** Implantação em ambiente de homologação.
7. **Testes de Integração/Aceitação:** Validação funcional e de integração em Staging. Falhas interrompem o pipeline.
8. **Aprovação (Manual/Automática):** Ponto de controle antes da produção.
9. **Deploy em Produção:** Implantação em produção usando a estratégia Blue/Green.
10. **Monitoramento Pós-Deploy:** Observação ativa da nova versão em produção.

2.2 Estratégia de Deploy

Considerando a criticidade do sistema e a necessidade de minimizar riscos e downtime, a estratégia de deploy recomendada é **Blue/Green Deployment**, cujo fluxo é apresentado no diagrama a seguir.

2.2.1 Justificativa

- **Zero Downtime:** Transição suave de tráfego.
- **Testes em Produção Isolados:** Validação da nova versão sem impacto no usuário.
- **Rollback Instantâneo:** Reversão rápida em caso de problemas.
- **Simplicidade Conceitual:** Fluxo claro para deploy e rollback.

2.2.2 Funcionamento (Ilustrado no Diagrama)

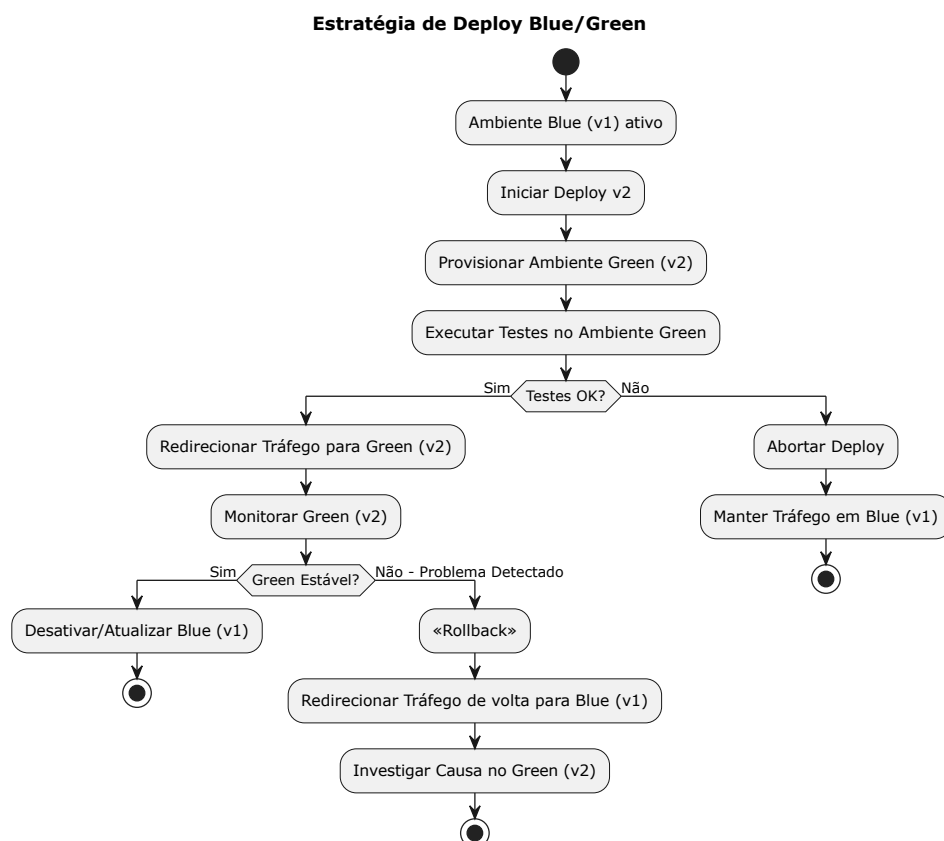


Figura 5 – Diagrama da Estratégia Blue/Green

1. **Ambiente Blue Ativo:** Versão atual (v1) recebe o tráfego.

2. **Provisionamento Green:** Nova versão (v2) é implantada em um ambiente idêntico (Green).
3. **Testes no Green:** Validação da v2 no ambiente Green isolado.
4. **Switch de Tráfego:** Se os testes passarem, o tráfego é direcionado para o ambiente Green (v2).
5. **Monitoramento do Green:** A v2 é monitorada em produção.
6. **Estabilização ou Rollback:** Se a v2 estiver estável, o ambiente Blue (v1) é desativado. Se problemas críticos forem detectados, o tráfego é revertido imediatamente para o Blue (v1) (Rollback).
7. **Desativação do Blue:** Após confirmação da estabilidade do Green, o ambiente Blue é liberado.

2.2.3 Benefícios para VOEBEM

Essa abordagem minimiza o risco de impacto ao usuário durante atualizações e permite reversões imediatas caso surjam problemas inesperados, garantindo assim a continuidade das operações críticas de reserva e a confiança do cliente.

2.3 Estratégia de Rollback

A estratégia de rollback é uma parte intrínseca do fluxo Blue/Green, como visualizado no diagrama anterior.

2.3.1 Processo de Rollback (Detalhado)

1. **Deteção de Problema:** Identificação de falha crítica na versão Green (v2) ativa, via monitoramento ou alertas.
2. **Acionamento:** Manual pela equipe SRE/Operações ou automático por violação de SLOs.
3. **Redirecionamento de Tráfego:** Reconfiguração do Load Balancer/Roteador para enviar 100
4. **Análise de Causa Raiz:** Investigação do problema no ambiente Green (v2), agora isolado.
5. **Correção e Novo Deploy:** Após correção, o ciclo de deploy pode ser reiniciado.

2.3.2 Garantias

- **Velocidade:** MTTR minimizado pela rapidez do redirecionamento.
- **Segurança:** Versão estável anterior sempre disponível.
- **Consistência:** Processo claro e passível de automação.

3 Plano de Melhoria da Confiabilidade e Percepção do Cliente

A confiabilidade e a percepção positiva do cliente são cruciais para o sucesso do VOEBEM. Este plano descreve as práticas de Engenharia de Confiabilidade de Sites (SRE - Site Reliability Engineering) que propomos para alcançar e manter altos níveis de serviço, alinhando a operação técnica com a experiência do cliente.

3.1 Monitoramento e Observabilidade

Uma estratégia robusta de monitoramento e observabilidade é fundamental para entender o comportamento do sistema, detectar problemas proativamente e garantir que as metas de negócio sejam atendidas. Propõe-se uma abordagem baseada nos três pilares da observabilidade: métricas, logs e traces.

3.1.1 SLIs (Service Level Indicators) Chave

Indicadores quantitativos que medem aspectos específicos do serviço. Exemplos para VOEBEM:

Tabela 1 – Exemplos de SLIs para o Sistema VOEBEM

Categoria	SLI (Indicador)
Disponibilidade	% de requisições bem-sucedidas (HTTP 2xx/3xx) na API Gateway (endpoints chave)
Disponibilidade	% de requisições bem-sucedidas nas APIs (Reservas, Voos)
Latência	Tempo de resposta (p95, p99) para busca de voos na API Gateway
Latência	Tempo de resposta (p95) para criação de reserva na API de Reservas
Taxa de Erros	% de requisições com erro (HTTP 5xx) nas APIs (Gateway, Reservas, Voos)
Taxa de Erros	Taxa de falhas na integração com Sistema de Pagamentos
Taxa de Erros	Taxa de erros na publicação/consumo de mensagens (Sistema de Mensageria)
Saturação	Uso de CPU/Memória dos containers
Saturação	Uso de conexões do banco de dados
Saturação	Profundidade da fila no Sistema de Mensageria

3.1.2 SLOs (Service Level Objectives)

Metas claras e mensuráveis para os SLIs mais críticos, definindo o nível de serviço esperado. Exemplos:

Tabela 2 – Exemplos de SLOs para o Sistema VOEBEM

SLI Referente	Exemplo de SLO (Meta)	Janela
Disponibilidade API Gateway (Busca/Reserva)	$\geq 99.9\%$ de requisições bem-sucedidas	Mensal
Latência Busca de Voos (p95)	$< 800\text{ms}$	Contínua
Latência Criação de Reserva (p95)	$< 1500\text{ms}$	Contínua
Taxa de Erros API Reservas (5xx)	$< 0.1\%$	Mensal

(Nota: Estes são exemplos iniciais e devem ser refinados com base em dados históricos e necessidades de negócio).

3.1.3 Ferramentas Propostas

Tabela 3 – Ferramentas Propostas para Monitoramento e Observabilidade

Pilar	Ferramenta(s) Proposta(s)	Principal Responsabilidade
Métricas	Prometheus + Grafana	Coleta e Visualização de Métricas (SLIs, SLOs, Saúde)
Logs	Fluentd/Bit + Loki + Grafana (ou ELK Stack)	Coleta, Agregação e Consulta de Logs
Tracing	Jaeger + OpenTelemetry + Grafana	Coleta e Visualização de Traces Distribuídos
Alertas	Alertmanager + PagerDuty/Opsgenie	Definição de Regras de Alerta e Notificação On-Call

3.1.4 Alertas

- Configurados no **Alertmanager** (parte do ecossistema Prometheus).
- Baseados principalmente na **violação dos SLOs** (Exemplo: taxa de erro acima do limite por X minutos, latência p99 excedendo o objetivo) ou em **sintomas críticos** (Exemplo: serviço indisponível, erro de acesso ao banco de dados, fila de mensagens crescendo rapidamente, certificados expirando).
- Alertas devem ser **acionáveis**, indicando claramente o problema e o impacto potencial.
- Direcionamento para a equipe de plantão (on-call) através de ferramentas como **PagerDuty** ou **Opsgenie**, com diferentes níveis de severidade e canais de notificação (Exemplo: chat, telefone).

3.2 Automação de Recuperação

Para aumentar a resiliência e reduzir a necessidade de intervenção manual em caso de falhas, propõe-se a implementação de mecanismos de recuperação automática, principalmente aproveitando recursos do Kubernetes e serviços gerenciados na nuvem.

3.2.1 Auto-Healing (Kubernetes)

- **Liveness Probes:** Verificações periódicas configuradas nos Deployments/StatefulSets. Se um container falhar na verificação (Exemplo: travado, não respondendo a um endpoint `/healthz`), o Kubelet o reiniciará automaticamente na mesma instância (Node).
- **Readiness Probes:** Verificações que indicam se um container está pronto para receber tráfego (Exemplo: aplicação iniciada, conexões estabelecidas). O Kubernetes só enviará tráfego (via Services) para Pods que estejam "Ready". Se um Pod falhar na Readiness Probe, ele é temporariamente removido do balanceamento de carga até se recuperar.
- **ReplicaSets/Deployments:** Garantem que o número desejado de réplicas de um serviço esteja sempre em execução. Se um Node falhar, os Pods que estavam nele são automaticamente reagendados em outros Nodes saudáveis.

3.2.2 Auto-Scaling (Kubernetes)

- **Horizontal Pod Autoscaler (HPA):** Ajusta automaticamente o número de réplicas de um Deployment/StatefulSet com base em métricas observadas, como utilização média de CPU, memória ou métricas customizadas (Exemplo: requisições por segundo, profundidade de fila via KEDA). Isso garante que o sistema tenha capacidade suficiente para lidar com picos de carga e reduza custos em períodos de baixa utilização.
- **Cluster Autoscaler (Provedor de Nuvem):** Adiciona ou remove automaticamente Nós (VMs) ao cluster Kubernetes com base na demanda por recursos (Pods pendentes por falta de CPU/memória).

3.2.3 Failover Automático (Componentes Stateful)

- **Banco de Dados Central (PostgreSQL):** Utilizar um serviço de banco de dados gerenciado na nuvem (Exemplo: AWS RDS, Google Cloud SQL, Azure Database for PostgreSQL) configurado em modo **Multi-AZ (Multi-Availability Zone)**. O provedor de nuvem gerencia a replicação síncrona para uma instância standby em

outra AZ e realiza o failover automático para a standby em caso de falha da instância primária, com mínima interrupção.

- **Cache (Redis):** Utilizar um serviço gerenciado (Exemplo: AWS ElastiCache for Redis, Google Memorystore) com replicação e failover automático habilitados, se disponível e necessário para a criticidade dos dados em cache.

3.2.4 Chaos Engineering (Prática Recomendada)

- Após estabilizar o sistema e implementar as automações, introduzir falhas controladas periodicamente em ambientes de pré-produção (ou até mesmo produção, com cuidado) para validar a eficácia dos mecanismos de auto-healing, auto-scaling e failover.
- **Ferramentas:** Chaos Mesh (CNCF), LitmusChaos (CNCF), ou ferramentas específicas do provedor de nuvem.
- **Objetivo:** Descobrir fraquezas ocultas na resiliência do sistema antes que elas causem incidentes reais.

3.3 Gestão de Incidentes

Mesmo com automação, incidentes ocorrerão. Um processo claro e eficiente de gestão de incidentes é crucial para minimizar o impacto nos usuários e aprender com as falhas.

3.3.1 Técnicas Chave para Redução de MTTD e MTTR

3.3.2 Ciclo de Vida Básico de um Incidente

- **Redução de MTTD (Mean Time To Detect):**
 - **Alertas Acionáveis:** Garantir que os alertas configurados (baseados em SLOs e sintomas) sejam claros, relevantes e direcionem para a possível causa ou impacto. Evitar ruído excessivo de alertas não acionáveis.
 - **Dashboards Consolidados (Grafana):** Manter dashboards que mostrem rapidamente a saúde dos serviços principais, o status dos SLOs e métricas chave, facilitando a identificação visual de anomalias.
 - **Correlação:** Utilizar as ferramentas de observabilidade (Grafana com Loki/Jaeger/Prometheus) para correlacionar rapidamente métricas, logs e traces durante a investigação inicial.
- **Redução de MTTR (Mean Time To Recover):**

Ciclo de Vida Básico de um Incidente

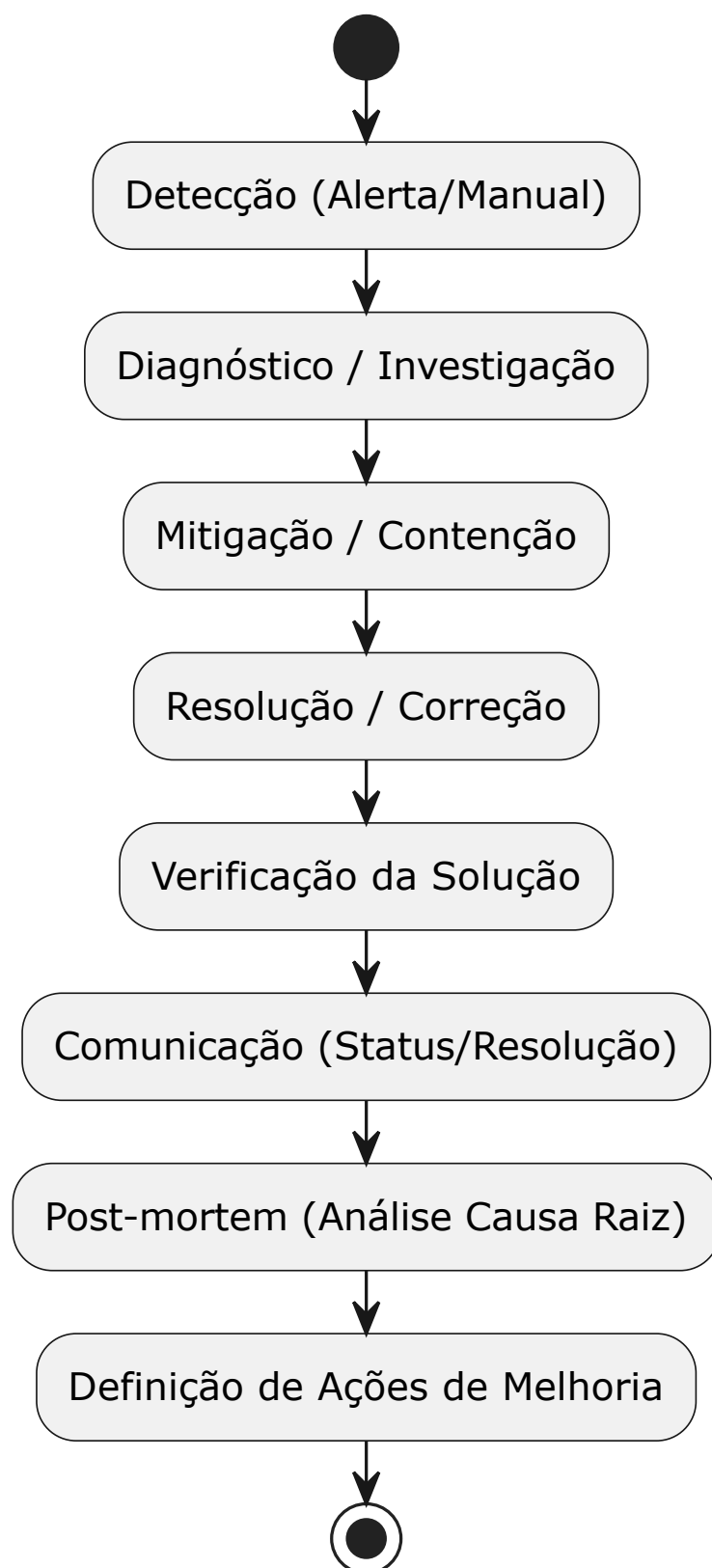


Figura 6 – Ciclo de Vida Básico de um Incidente

Tabela 4 – Técnicas para Redução de MTTD e MTTR

Foco	Técnica	Descrição/Objetivo
MTTD	Alertas Acionáveis	Garantir que alertas sejam claros, relevantes e indiquem o impacto/causa.
MTTD	Dashboards Consolidados	Visualizar rapidamente a saúde dos serviços, SLOs e métricas chave.
MTTD	Correlação (Métricas/Logs/Traces)	Usar ferramentas de observabilidade para conectar diferentes sinais rapidamente.
MTTR	Runbooks/Playbooks	Documentar procedimentos passo-a-passo para diagnóstico e mitigação.
MTTR	Escalas de Plantão (On-Call)	Definir responsabilidades claras e ferramentas de notificação eficientes.
MTTR	Ferramentas de Comunicação	Usar canais dedicados (chat) para comunicação focada durante o incidente.
MTTR	Automação de Mitigação	Automatizar ações de recuperação para incidentes bem compreendidos (opcional).
MTTR	Acesso e Permissões	Garantir que a equipe on-call tenha o acesso necessário e seguro.
Ambos	Post-mortems "Blameless"	Analisar a causa raiz sistêmica e definir ações de melhoria para prevenir recorrência.

- **Runbooks/Playbooks:** Documentar procedimentos passo-a-passo para diagnosticar e mitigar incidentes comuns ou alertas específicos. Devem ser mantidos atualizados e facilmente acessíveis.
- **Escalas de Plantão (On-Call):** Definir escalas de plantão claras, com responsabilidades bem definidas e ferramentas adequadas (PagerDuty/Opsgenie) para notificação e escalonamento.
- **Ferramentas de Comunicação:** Utilizar canais dedicados em ferramentas de chat (Slack, Teams) para comunicação focada durante um incidente ("War Room" virtual).
- **Automação de Mitigação (Opcional):** Para incidentes muito bem compreendidos, automatizar ações de mitigação (Exemplo: reiniciar um serviço específico, escalar temporariamente um recurso) via scripts ou ferramentas de automação.
- **Acesso e Permissões:** Garantir que a equipe on-call tenha o acesso necessário e seguro para investigar e aplicar correções nos ambientes.
- **Cultura de Post-mortems "Blameless":**

* Realizar análises pós-incidente detalhadas para cada incidente significativo.

- * Foco em entender a **causa raiz sistêmica** (tecnologia, processo, monitoramento) e não em culpar indivíduos.
- * Documentar o incidente, a linha do tempo, o impacto, as ações tomadas e, principalmente, as **ações de acompanhamento** (melhorias no código, infraestrutura, monitoramento, runbooks) para prevenir recorrências.

3.4 Feedback dos Clientes

A percepção do cliente é a medida final da confiabilidade. Coletar e agir sobre o feedback do cliente é essencial para complementar os dados técnicos de monitoramento.

3.4.1 Canais de Coleta

Tabela 5 – Canais de Coleta de Feedback do Cliente

Canal	Descrição / Exemplo
Pesquisas In-App/Web	Perguntas curtas sobre a experiência após ações chave (reserva, busca).
Formulários de Contato/Suporte	Canal direto para reportar problemas ou dificuldades específicas.
Análise de Chamados de Suporte	Categorizar e analisar os motivos dos contatos com a equipe de suporte.
Monitoramento de Redes Sociais/Avaliação	Acompanhar menções à VOEBEM em plataformas públicas (Twitter, Reclame Aqui).
Pesquisas de Satisfação (NPS/CSAT)	Medir a satisfação geral e a probabilidade de recomendação periodicamente.

3.4.2 Processamento e Ação

Fluxo Básico de Tratamento de Feedback:

- **Centralização:** Agregar o feedback de diferentes canais em uma ferramenta ou processo unificado (Exemplo: um quadro Kanban, uma ferramenta de gestão de feedback).
- **Análise e Categorização:** Identificar temas recorrentes, problemas específicos, sugestões de melhoria. Correlacionar reclamações (Exemplo: lentidão) com dados de monitoramento técnico.
- **Priorização:** Avaliar o impacto e a frequência dos problemas reportados pelos clientes.

Fluxo Básico de Tratamento de Feedback

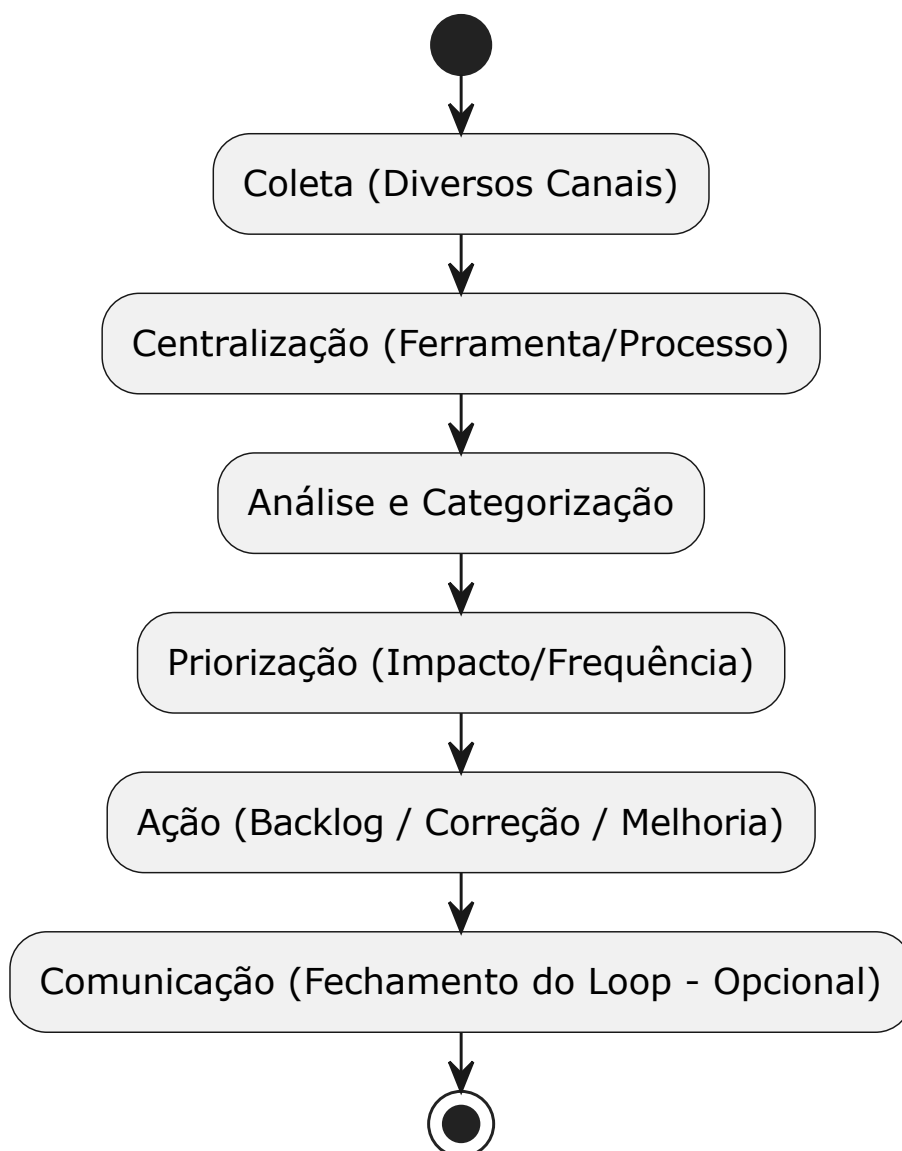


Figura 7 – Fluxo Básico de Tratamento de Feedback

- **Integração com Backlog:** Transformar feedback acionável em itens de trabalho (bugs, melhorias) para as equipes de desenvolvimento e SRE.
- **Refinamento de SLIs/SLOs:** Usar o feedback para validar se os SLIs/SLOs atuais refletem a experiência real do usuário ou se novos indicadores são necessários (Exemplo: sucesso na conclusão do fluxo de reserva ponta-a-ponta).
- **Comunicação (Fechamento do Loop):** Informar aos clientes (quando apropriado e possível) sobre as ações tomadas com base em seus feedbacks, demonstrando que a empresa ouve e age.

Anexo A - Esquema Entidade-Relacionamento (ER) e DBML

Este anexo descreve a estrutura do banco de dados relacional proposto para o sistema VOEBEM, mostrando as entidades principais, seus atributos e os relacionamentos entre elas.

Diagrama ER

(Nota: O diagrama acima representa visualmente o esquema definido abaixo.)

Descrição das Entidades e Relacionamentos

Entidades

PASSAGEIRO

Representa uma pessoa que faz uma reserva.

- **id_passageiro** (INTEGER): Chave primária, auto-incremento.
- **nome** (VARCHAR): Nome do passageiro, não nulo.

RESERVA

Representa uma reserva feita por um passageiro para um ou mais trechos de voo.

- **id_reserva** (INTEGER): Chave primária, auto-incremento.
- **codigo_reserva** (VARCHAR): Código único da reserva, não nulo.
- **data_criacao** (DATETIME): Data e hora de criação da reserva, não nulo (padrão: data/hora atual).
- **data_emissao** (DATETIME): Data e hora de emissão (confirmação) da reserva, pode ser nulo.
- **prazo_validade** (DATETIME): Prazo limite para confirmação da reserva, não nulo.
- **status** (VARCHAR): Status atual da reserva (Ex: Pendente, Confirmada, Cancelada, Emitida), não nulo.

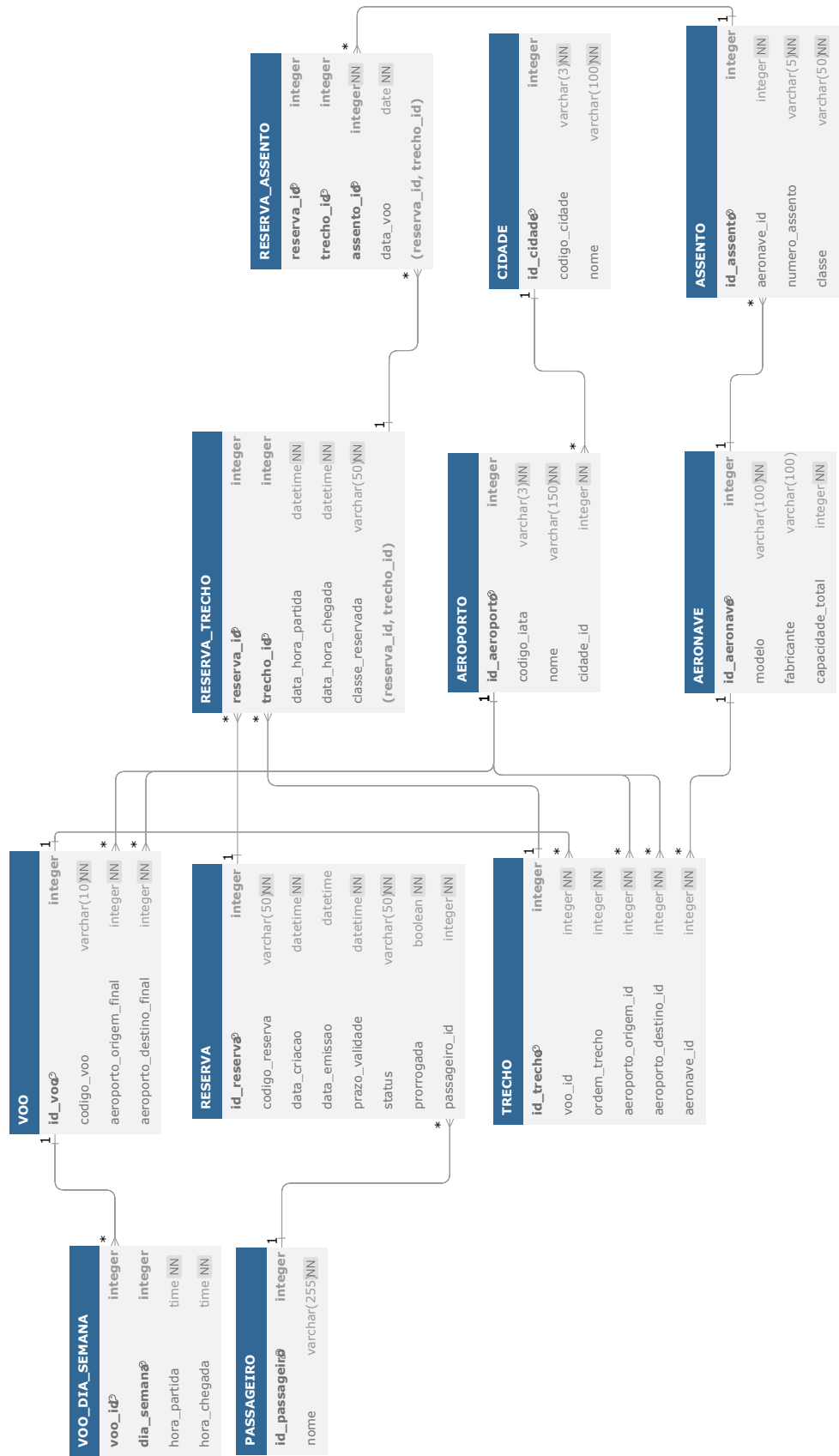


Figura 8 – Diagrama ER - Sistema VOEBEM

- **prorrogada** (BOOLEAN): Indica se o prazo de validade foi prorrogado, não nulo (padrão: false).
- **passageiro_id** (INTEGER): Chave estrangeira referenciando o passageiro que fez a reserva, não nulo.
- **fonte_reserva** (VARCHAR): Origem da reserva (Ex: Interno, Web, GDS_Amadeus), pode ser nulo.
- **id_externo_reserva** (VARCHAR): ID da reserva no sistema externo (Ex: GDS PNR), pode ser nulo.
- **id_transacao_pagamento** (VARCHAR): ID da transação no sistema de pagamento, pode ser nulo.
- **status_pagamento** (VARCHAR): Status do pagamento (Ex: Pendente, Aprovado, Falhou), pode ser nulo.
- **valor_pago** (DECIMAL): Valor efetivamente pago pela reserva, pode ser nulo.

VOO

Representa um voo como uma sequência de trechos, com origem e destino finais.

- **id_voo** (INTEGER): Chave primária, auto-incremento.
- **codigo_voo** (VARCHAR): Código único do voo, não nulo.
- **aeroporto_origem_final** (INTEGER): Chave estrangeira referenciando o aeroporto de origem final do voo, não nulo.
- **aeroporto_destino_final** (INTEGER): Chave estrangeira referenciando o aeroporto de destino final do voo, não nulo.

TRECHO

Representa um segmento individual de um voo, conectando dois aeroportos com uma aeronave específica.

- **id_trecho** (INTEGER): Chave primária, auto-incremento.
- **voo_id** (INTEGER): Chave estrangeira referenciando o voo ao qual este trecho pertence, não nulo.
- **ordem_trecho** (INTEGER): Ordem do trecho dentro do voo, não nulo (compõe chave única com **voo_id**).

- **aeroporto_origem_id** (INTEGER): Chave estrangeira referenciando o aeroporto de origem deste trecho, não nulo.
- **aeroporto_destino_id** (INTEGER): Chave estrangeira referenciando o aeroporto de destino deste trecho, não nulo.
- **aeronave_id** (INTEGER): Chave estrangeira referenciando a aeronave usada neste trecho, não nulo.

VOO_DIA_SEMANA

Indica em quais dias da semana um voo específico opera e seus horários.

- **voo_id** (INTEGER): Chave primária composta, chave estrangeira referenciando o voo.
- **dia_semana** (INTEGER): Chave primária composta, dia da semana (0=Domingo, 6=Sábado).
- **hora_partida** (TIME): Hora de partida neste dia da semana, não nulo.
- **hora_chegada** (TIME): Hora de chegada neste dia da semana, não nulo.

CIDADE

Representa uma cidade.

- **id_cidade** (INTEGER): Chave primária, auto-incremento.
- **codigo_cidade** (VARCHAR): Código único da cidade (Ex: SAO), não nulo.
- **nome** (VARCHAR): Nome da cidade, não nulo.

AEROPORTO

Representa um aeroporto.

- **id_aeroporto** (INTEGER): Chave primária, auto-incremento.
- **codigo_iata** (VARCHAR): Código IATA único do aeroporto (Ex: GRU), não nulo.
- **nome** (VARCHAR): Nome do aeroporto, não nulo.
- **cidade_id** (INTEGER): Chave estrangeira referenciando a cidade onde o aeroporto está localizado, não nulo.

AERONAVE

Representa uma aeronave.

- `id_aeronave` (INTEGER): Chave primária, auto-incremento.
- `modelo` (VARCHAR): Modelo da aeronave, não nulo.
- `fabricante` (VARCHAR): Fabricante da aeronave.
- `capacidade_total` (INTEGER): Capacidade total de passageiros da aeronave, não nulo.

ASSENTO

Representa um assento individual em uma aeronave.

- `id_assento` (INTEGER): Chave primária, auto-incremento.
- `aeronave_id` (INTEGER): Chave estrangeira referenciando a aeronave à qual o assento pertence, não nulo.
- `numero_assento` (VARCHAR): Número/identificação do assento (compõe chave única com `aeronave_id`), não nulo.
- `classe` (VARCHAR): Classe do assento (Ex: Econômica, Executiva), não nulo.

RESERVA_TRECHO

Tabela associativa que liga uma RESERVA a um TRECHO específico que faz parte dessa reserva.

- `reserva_id` (INTEGER): Parte da chave primária composta, chave estrangeira referenciando a RESERVA.
- `trecho_id` (INTEGER): Parte da chave primária composta, chave estrangeira referenciando o TRECHO.
- `data_hora_partida` (DATETIME): Data e hora de partida programada para este trecho na reserva, não nulo.
- `data_hora_chegada` (DATETIME): Data e hora de chegada programada para este trecho na reserva, não nulo.
- `classe_reservada` (VARCHAR): Classe em que o assento foi reservado para este trecho, não nulo.

RESERVA_ASSENTO

Tabela associativa que liga um **RESERVA_TRECHO** a um **ASSENTO** específico reservado para uma data de voo particular.

- **reserva_id** (INTEGER): Parte da chave primária composta, chave estrangeira referenciando **RESERVA_TRECHO**.
- **trecho_id** (INTEGER): Parte da chave primária composta, chave estrangeira referenciando **RESERVA_TRECHO**.
- **assento_id** (INTEGER): Parte da chave primária composta, chave estrangeira referenciando o **ASSENTO**, não nulo.
- **data_voo** (DATE): Data específica em que este trecho do voo está sendo reservado para este assento (compõe chave única com **assento_id** e **trecho_id**), não nulo.
- **status_checkin** (VARCHAR): Status do check-in para este assento/trecho (Ex: Pendente, Realizado), pode ser nulo.

Relacionamentos

PASSAGEIRO – RESERVA: PASSAGEIRO faz uma ou mais (o{ }) RESERVAs.

RESERVA – RESERVA_TRECHO: RESERVA contém__trecho um ou mais (o{ }) RESERVA_TRECHOs.

TRECHO – RESERVA_TRECHO: TRECHO eh__reservado__em zero ou mais (o{ }) RESERVA_TRECHOs.

VOO – TRECHO: VOO composto__por um ou mais (o{ }) TRECHOs.

AEROPORTO – TRECHO (Origem): AEROPORTO pode ser a **origem__de** zero ou mais (o{ }) TRECHOs.

AEROPORTO – TRECHO (Destino): AEROPORTO pode ser o **destino__de** zero ou mais (o{ }) TRECHOs.

AERONAVE – TRECHO: AERONAVE é usado__em zero ou mais (o{ }) TRECHOs.

VOO – VOO_DIA_SEMANA: VOO opera__em um ou mais (o{ }) VOO_DIA_SEMANAs.

CIDADE – AEROPORTO: CIDADE é localizado__em zero ou mais (o{ }) AEROPORTOs.

AERONAVE – ASSENTO: AERONAVE possui um ou mais (o{ }) ASSENTOs.

AEROPORTO – VOO (Origem Final): AEROPORTO pode ser a **origem__final__em** zero ou mais (o{ }) VOOs.

AEROPORTO – VOO (Destino Final): AEROPORTO pode ser o **destino_final_em** zero ou mais (o{ }) VOOs.

RESERVA_TRECHO – RESERVA_ASSENTO: RESERVA_TRECHO tem um **assento_reservado_para** zero ou mais (o{ }) RESERVA_ASSENTOS.

ASSENTO – RESERVA_ASSENTO: ASSENTO é **reservado_em** zero ou mais (o{ }) RESERVA_ASSENTOS.

Esquema DBML

Abaixo está o esquema do banco de dados definido usando a sintaxe DBML (Database Markup Language). Este esquema é uma representação textual do diagrama ER, facilitando a criação e manutenção do banco de dados.

Table PASSAGEIRO {

id_passageiro integer [pk, increment]

nome varchar(255) [not null]

}

Table RESERVA {

id_reserva integer [pk, increment]

codigo_reserva varchar(50) [unique, not null]

data_criacao datetime [default: 'now()', not null]

data_emissao datetime [null]

prazo_validade datetime [not null]

status varchar(50) [not null, note: 'Pendente, Confirmada, Cancelada, Expirada']

prorrogada boolean [default: false, not null]

passageiro_id integer [not null]

Indexes {

(codigo_reserva)

}

}

Table VOO {

id_voo integer [pk, increment]

codigo_voo varchar(10) [unique, not null]

aeroporto_origem_final integer [not null]

aeroporto_destino_final integer [not null]

Indexes {

```
        (codigo_voo)
    }
}
```

```
Table TRECHO {
    id_trecho integer [pk, increment]
    voo_id integer [not null]
    ordem_trecho integer [not null, note: 'Sequência do trecho dentro do voo (1, 2, .
    aeroporto_origem_id integer [not null]
    aeroporto_destino_id integer [not null]
    aeronave_id integer [not null, note: 'Aeronave planejada para este trecho']

    Indexes {
        (voo_id, ordem_trecho) [unique]
    }
}
```

```
Table VOO_DIA_SEMANA {
    voo_id integer [pk]
    dia_semana integer [pk, note: '0=Domingo, 1=Segunda,..., 6=Sábado']
    hora_partida time [not null]
    hora_chegada time [not null]
}
```

```
Table CIDADE {
    id_cidade integer [pk, increment]
    codigo_cidade varchar(3) [unique, not null, note: 'Ex: SAO, RIO']
    nome varchar(100) [not null]

    Indexes {
        (codigo_cidade)
    }
}
```

```
Table AEROPORTO {
    id_aeroporto integer [pk, increment]
    codigo_iata varchar(3) [unique, not null, note: 'Ex: GRU, GIG, POA']
    nome varchar(150) [not null]
    cidade_id integer [not null]
```

```
Indexes {
  (codigo_iata)
}
```

```
Table AERONAVE {
  id_aeronave integer [pk, increment]
  modelo varchar(100) [not null]
  fabricante varchar(100)
  capacidade_total integer [not null]
}
```

```
Table ASSENTO {
  id_assento integer [pk, increment]
  aeronave_id integer [not null]
  numero_assento varchar(5) [not null, note: 'Ex: 1A, 20F']
  classe varchar(50) [not null, note: 'Econômica, Executiva, Primeira Classe']

  Indexes {
    (aeronave_id, numero_assento) [unique]
  }
}
```

```
Table RESERVA_TRECHO {
  reserva_id integer [pk]
  trecho_id integer [pk]
  data_hora_partida datetime [not null, note: 'Data e hora exatas da partida deste
  data_hora_chegada datetime [not null, note: 'Data e hora exatas da chegada deste
  classe_reservada varchar(50) [not null, note: 'Classe específica reservada para e
}
```

```
Table RESERVA_ASSENTO {
  reserva_id integer [pk]
  trecho_id integer [pk]
  assento_id integer [pk, not null]
  data_voo date [not null, note: 'Data específica do voo para esta reserva de assen

  Indexes {
```

```
(assento_id, trecho_id, data_voo) [unique]
}
}
```

Ref: RESERVA.passageiro_id > PASSAGEIRO.id_passageiro

Ref: RESERVA_TRECHO.reserva_id > RESERVA.id_reserva

Ref: RESERVA_TRECHO.trecho_id > TRECHO.id_trecho

Ref: TRECHO.voo_id > VOO.id_voo

Ref: TRECHO.aeroporto_origem_id > AEROPORTO.id_aeroporto

Ref: TRECHO.aeroporto_destino_id > AEROPORTO.id_aeroporto

Ref: TRECHO.aeronave_id > AERONAVE.id_aeronave

Ref: VOO_DIA_SEMANA.voo_id > VOO.id_voo

Ref: AEROPORTO.cidade_id > CIDADE.id_cidade

Ref: ASSENTO.aeronave_id > AERONAVE.id_aeronave

Ref: VOO.aeroporto_origem_final > AEROPORTO.id_aeroporto

Ref: VOO.aeroporto_destino_final > AEROPORTO.id_aeroporto

Ref: RESERVA_ASSENTO.(reserva_id, trecho_id) > RESERVA_TRECHO.(reserva_id, trecho_id)

Ref: RESERVA_ASSENTO.assento_id > ASSENTO.id_assento