

Documentação Técnica - Sistema Integrado de Gestão de Almoxarifado (SIGA) - CBM MT

Versão 6.0 - Modelagem de Dados PostgreSQL

Data: 17 de junho de 2025

Autor: Manus AI

Versão: 6.0

1. Introdução

A versão 6.0 do Sistema Integrado de Gestão de Almoxarifado (SIGA) para o Corpo de Bombeiros Militar de Mato Grosso representa o ápice da evolução tecnológica na gestão de recursos materiais da corporação. Esta versão incorpora melhorias substanciais em performance, robustez, manutenibilidade e extensibilidade, estabelecendo um novo padrão de excelência para sistemas de gestão de almoxarifado em organizações militares.

O desenvolvimento da versão 6.0 foi orientado por uma análise metódica das versões anteriores, identificando oportunidades específicas de otimização e implementando soluções que atendem aos mais altos padrões de engenharia de software. As melhorias abrangem desde otimizações de baixo nível, como indexação especializada para dados JSONB, até funcionalidades de alto nível, como gestão automatizada do ciclo de vida de partições e validações de domínio aprimoradas.

Esta versão estabelece uma base tecnológica que não apenas atende às necessidades operacionais atuais do CBM MT, mas também proporciona uma plataforma robusta e flexível para crescimento futuro. A arquitetura implementada suporta volumes de dados significativamente maiores, oferece performance otimizada para operações críticas e mantém a flexibilidade necessária para adaptação a novos requisitos operacionais.

A documentação desta versão foi enriquecida com exemplos práticos e comentários detalhados em todas as colunas do banco de dados, proporcionando uma visão abrangente do funcionamento do sistema e facilitando a manutenção e evolução futuras. Esta abordagem garante que o conhecimento técnico seja preservado e transferido efetivamente entre equipes de desenvolvimento e administração.

2. Principais Inovações da Versão 6.0

2.1. Particionamento Expandido e Otimizado

A versão 6.0 expande significativamente o uso de particionamento, implementando esta técnica em todas as tabelas que apresentam crescimento volumétrico substancial. Além das tabelas `operacao` e `notificacao` já particionadas nas versões anteriores, esta versão introduz particionamento para `log_auditoria` e `historico_estoque`, duas tabelas críticas que podem acumular volumes massivos de dados ao longo do tempo.

O particionamento de `log_auditoria` é particularmente importante considerando que esta tabela registra todas as atividades críticas do sistema, incluindo operações de entrada, saída, transferência e modificações de configuração. Com o crescimento natural das operações do CBM MT, esta tabela pode facilmente acumular milhões de registros anualmente. O particionamento mensal implementado garante que consultas históricas mantenham performance adequada através de partition pruning, onde o PostgreSQL automaticamente elimina partições irrelevantes do plano de execução.

A tabela `historico_estoque` beneficia-se similarmente do particionamento, especialmente considerando que esta tabela mantém snapshots periódicos dos níveis de estoque para análise de tendências e auditoria. O particionamento trimestral implementado para esta tabela reflete o padrão típico de análise de estoque, onde relatórios trimestrais e anuais são mais comuns que análises diárias detalhadas.

O sistema de criação automática de partições foi aprimorado com tratamento robusto de concorrência. As funções de criação de partição agora implementam blocos `BEGIN ... EXCEPTION ... END` que capturam e tratam adequadamente situações onde múltiplas transações concorrentes tentam criar a mesma partição simultaneamente. Esta melhoria elimina falhas de transação que poderiam ocorrer durante picos de atividade, especialmente no início de novos períodos de particionamento.

2.2. Indexação JSONB Especializada

A implementação de índices GIN (Generalized Inverted Index) para todas as colunas JSONB representa uma melhoria fundamental na performance de consultas que utilizam dados semi-estruturados. Esta otimização é crítica considerando que a versão 6.0 expande significativamente o uso de campos JSONB para proporcionar extensibilidade sem alterações estruturais.

Os índices GIN implementados suportam operações complexas de consulta em dados JSONB, incluindo busca por chaves específicas, valores aninhados, operadores de

contenção e consultas de existência. Por exemplo, uma consulta que busca materiais com atributos específicos como `atributos_adicionais @> '{"categoria_especial": "combate_incendio"}'` agora utiliza o índice GIN para localização eficiente, evitando varreduras completas da tabela.

A estratégia de indexação foi cuidadosamente planejada para balancear performance de consulta com overhead de manutenção. Índices GIN são conhecidos por serem maiores que índices B-tree tradicionais e por terem overhead maior durante operações de inserção e atualização. No entanto, para dados JSONB que são frequentemente consultados mas relativamente estáveis após inserção, esta troca é altamente vantajosa.

A implementação inclui índices especializados para diferentes padrões de uso. Por exemplo, o índice em `tipo_viatura.especificacoes_tecnicas` é otimizado para consultas que buscam viaturas com capacidades específicas, enquanto o índice em `categoria_material.configuracoes_especificas` suporta consultas que filtram materiais baseados em regras de negócio específicas.

2.3. Validações de Domínio Aprimoradas

A versão 6.0 introduz um sistema abrangente de validações de domínio que vai além dos domínios básicos implementados nas versões anteriores. Novos tipos enumerados (ENUM) foram criados para campos que representam conjuntos finitos de estados ou situações, proporcionando validação rigorosa a nível de banco de dados e documentação implícita dos valores válidos.

O tipo `situacao_militar_enum` substitui validações baseadas em strings para o campo `situacao` na tabela `militar`, garantindo que apenas estados válidos como 'ATIVO', 'LICENCIADO', 'AFASTADO', 'RESERVISTA' e 'REFORMADO' sejam aceitos. Esta abordagem elimina inconsistências de dados que poderiam surgir de variações na digitação ou validações inadequadas na camada de aplicação.

Similarmente, o `status_operacao_enum` padroniza os estados possíveis para operações, incluindo 'PENDENTE', 'EM_ANDAMENTO', 'CONCLUIDA', 'CANCELADA' e 'FALHA'. Esta padronização facilita relatórios e análises, além de garantir consistência em integrações com sistemas externos.

Domínios especializados foram criados para validações complexas que vão além de enumerações simples. O domínio `percentual` garante que valores percentuais estejam sempre no range válido de 0 a 100, enquanto o domínio `codigo_material_padrao` implementa validação de formato para códigos de material que seguem padrões específicos da organização.

2.4. Gestão Automatizada do Ciclo de Vida de Partições

Uma das inovações mais significativas da versão 6.0 é a implementação de um sistema automatizado para gestão do ciclo de vida de partições. Este sistema aborda uma necessidade crítica identificada nas versões anteriores: a gestão proativa de dados históricos para manter performance adequada e controlar custos de armazenamento.

O sistema implementa políticas de retenção configuráveis que determinam por quanto tempo dados devem permanecer no banco de dados principal, quando devem ser arquivados e quando podem ser descartados. Por exemplo, a política padrão para a tabela `operacao` mantém dados dos últimos 5 anos online para acesso rápido, arquiva dados de 5 a 10 anos em tablespace de arquivo, e permite descarte de dados com mais de 10 anos após aprovação específica.

As procedures de manutenção de partições implementam lógica sofisticada para diferentes cenários de arquivamento. Para partições que devem ser arquivadas, o sistema pode mover a partição para um tablespace de arquivo (storage mais lento mas mais econômico), exportar dados para formatos externos como CSV ou Parquet para armazenamento em sistemas de arquivo ou cloud storage, ou desanexar partições para armazenamento offline.

O processo de arquivamento inclui validações rigorosas para garantir integridade de dados. Antes de descartar ou arquivar uma partição, o sistema verifica que não existem referências ativas para dados na partição, que backups adequados foram criados, e que políticas de compliance são respeitadas. Esta abordagem garante que dados críticos nunca sejam perdidos inadvertidamente.

2.5. Sistema de Monitoramento e Alertas Aprimorado

A versão 6.0 expande significativamente o sistema de monitoramento e alertas, implementando capacidades proativas de detecção de problemas e otimização automática. O sistema agora monitora não apenas condições operacionais básicas, mas também métricas de performance avançadas e indicadores de saúde do sistema.

O monitoramento de partições inclui verificação automática de que novas partições são criadas adequadamente, que partições antigas são arquivadas conforme políticas estabelecidas, e que a distribuição de dados entre partições está balanceada. Alertas são gerados quando partições crescem além de thresholds estabelecidos ou quando o processo de criação automática de partições falha.

O sistema de alertas foi expandido para incluir notificações sobre performance de consultas JSONB. Quando consultas em campos JSONB excedem thresholds de tempo

de execução, o sistema gera alertas que incluem sugestões de otimização, como criação de índices adicionais ou reestruturação de dados JSON.

Métricas de utilização de índices são monitoradas continuamente, com alertas gerados quando índices não são utilizados por períodos prolongados (indicando possível necessidade de remoção) ou quando consultas frequentes não utilizam índices disponíveis (indicando possível necessidade de otimização de consultas).

3. Arquitetura Técnica Detalhada

3.1. Estrutura de Particionamento

A arquitetura de particionamento da versão 6.0 implementa uma estratégia híbrida que combina particionamento por range baseado em data com particionamento por hash para casos específicos. Esta abordagem proporciona flexibilidade para diferentes padrões de acesso e crescimento de dados.

Para tabelas com padrões temporais claros como `operacao`, `notificacao`, `log_auditoria` e `historico_estoque`, o particionamento por range baseado em data é implementado com granularidades otimizadas para cada caso. A tabela `operacao` utiliza particionamento mensal, balanceando granularidade adequada para consultas com overhead de manutenção. A tabela `historico_estoque` utiliza particionamento trimestral, refletindo padrões típicos de análise de estoque.

O sistema de nomenclatura de partições segue convenções consistentes que facilitam identificação e manutenção. Partições são nomeadas usando o padrão `{tabela}_p{ano}_{periodo}`, onde período pode ser mês (01-12) para particionamento mensal ou trimestre (q1-q4) para particionamento trimestral. Esta convenção facilita scripts de manutenção e identificação visual de partições.

Constraints de partição são implementadas automaticamente para garantir que dados sejam inseridos nas partições corretas. O sistema inclui validações que verificam que datas de operação estão dentro dos ranges apropriados e que dados não são inseridos em partições incorretas devido a problemas de configuração ou bugs de aplicação.

3.2. Estratégia de Indexação

A estratégia de indexação da versão 6.0 implementa uma abordagem multicamada que combina índices tradicionais B-tree com índices especializados GIN para dados JSONB e índices de texto completo para busca textual. Esta combinação proporciona performance otimizada para diferentes tipos de consultas.

Índices B-tree são implementados para todas as chaves primárias, estrangeiras e colunas frequentemente utilizadas em cláusulas WHERE e JOIN. A seleção de colunas para indexação é baseada em análise de padrões de consulta reais, garantindo que índices sejam criados apenas onde proporcionam benefício real de performance.

Índices GIN para colunas JSONB são implementados com configurações otimizadas para diferentes padrões de uso. Para campos JSONB que contêm estruturas relativamente simples com chaves conhecidas, índices GIN padrão são utilizados. Para campos JSONB com estruturas complexas ou aninhadas, índices GIN com operadores específicos são implementados para otimizar consultas complexas.

Índices de texto completo utilizando `to_tsvector` são implementados para campos de descrição e comentários, permitindo busca textual eficiente. Estes índices suportam busca por palavras-chave, frases e operadores booleanos, facilitando localização rápida de materiais através de descrições parciais ou características específicas.

3.3. Sistema de Validação e Integridade

O sistema de validação da versão 6.0 implementa múltiplas camadas de verificação que garantem integridade de dados desde a entrada até o armazenamento. Esta abordagem multicamada proporciona robustez contra diferentes tipos de problemas de dados.

Validações de domínio implementadas através de tipos ENUM e domínios customizados proporcionam a primeira camada de validação, garantindo que dados estejam em formatos corretos antes mesmo de serem processados por lógica de negócio. Estas validações são executadas automaticamente pelo PostgreSQL durante operações de inserção e atualização.

Constraints de integridade referencial garantem que relacionamentos entre tabelas sejam mantidos consistentemente. Foreign keys são implementadas com ações apropriadas (CASCADE, RESTRICT, SET NULL) conforme a semântica de cada relacionamento. Por exemplo, a exclusão de uma unidade CBM pode cascatear para almoxarifados associados, mas deve ser restrita se existem operações ativas.

Triggers de validação implementam regras de negócio complexas que não podem ser expressas através de constraints simples. Por exemplo, validações que verificam se um militar tem autorização para retirar determinado tipo de material, se um material está em condições adequadas para operação, ou se operações estão sendo realizadas dentro de horários permitidos.

4. Funcionalidades Avançadas

4.1. Sistema de Auditoria Aprimorado

A versão 6.0 implementa um sistema de auditoria abrangente que registra não apenas mudanças em dados, mas também contexto operacional e metadados que facilitam investigações e análises de compliance. Este sistema vai além do logging básico, proporcionando rastreabilidade completa de todas as atividades críticas.

A tabela `log_auditoria` particionada registra todas as operações críticas com detalhamento completo, incluindo dados antes e depois da mudança, usuário responsável, timestamp preciso, endereço IP de origem e contexto da operação. Para operações que envolvem múltiplas tabelas, o sistema mantém identificadores de transação que permitem reconstruir sequências completas de mudanças.

O sistema de auditoria inclui capacidades de análise forense que facilitam investigação de incidentes. Consultas especializadas podem rastrear todas as atividades de um usuário específico, todas as mudanças em um material específico, ou todas as operações realizadas durante um período específico. Esta capacidade é crítica para investigações de segurança e auditorias de compliance.

Triggers de auditoria são implementados de forma eficiente para minimizar impacto na performance de operações normais. O sistema utiliza técnicas como logging assíncrono e batching de registros de auditoria para garantir que operações críticas não sejam impactadas pelo overhead de auditoria.

4.2. Gestão Avançada de Estoque

O sistema de gestão de estoque da versão 6.0 implementa algoritmos sofisticados para previsão de demanda, otimização de níveis de estoque e alertas proativos para situações que requerem atenção. Esta funcionalidade vai além do controle básico de entrada e saída, proporcionando inteligência operacional para otimização de recursos.

Algoritmos de previsão de demanda analisam padrões históricos de consumo para diferentes tipos de materiais, considerando fatores como sazonalidade, tendências de crescimento e eventos especiais. Por exemplo, o sistema pode identificar que materiais de combate a incêndio florestal têm demanda aumentada durante períodos secos específicos, permitindo planejamento proativo de estoque.

O sistema de alertas de estoque crítico foi expandido para incluir não apenas níveis baixos atuais, mas também projeções de esgotamento baseadas em padrões de

consumo. Alertas são gerados quando projeções indicam que materiais críticos podem esgotar antes do próximo ciclo de reposição, permitindo ação preventiva.

Otimização de localização de materiais utiliza algoritmos que consideram frequência de acesso, peso, volume e requisitos especiais de armazenamento para sugerir localizações ótimas dentro de almoxarifados. Esta funcionalidade reduz tempo de localização e movimentação de materiais, melhorando eficiência operacional.

4.3. Integração e Extensibilidade

A versão 6.0 implementa uma arquitetura de integração robusta que facilita conexão com sistemas externos e extensão de funcionalidades. Esta arquitetura reconhece que o SIGA opera dentro de um ecossistema mais amplo de sistemas organizacionais e deve ser capaz de trocar dados eficientemente.

APIs REST são implementadas sobre o banco de dados para permitir acesso programático por sistemas externos. Estas APIs implementam autenticação baseada em tokens, autorização granular baseada em roles, e rate limiting para garantir segurança e performance. Endpoints especializados são fornecidos para diferentes tipos de operações, desde consultas simples até operações complexas de transferência.

O sistema de extensibilidade baseado em campos JSONB é complementado por um framework de plugins que permite adição de funcionalidades específicas sem modificação do código core. Por exemplo, plugins podem ser desenvolvidos para integração com sistemas específicos de outras organizações ou para implementação de regras de negócio particulares de diferentes unidades.

Webhooks são implementados para notificação em tempo real de sistemas externos sobre eventos críticos. Quando operações específicas são realizadas, o sistema pode automaticamente notificar sistemas externos através de chamadas HTTP, permitindo integração em tempo real com sistemas de comando e controle ou sistemas de gestão empresarial.

5. Performance e Otimização

5.1. Otimizações de Consulta

A versão 6.0 implementa otimizações avançadas de consulta que vão além de indexação tradicional, incluindo técnicas como materialized views, query rewriting e caching inteligente. Estas otimizações são especialmente importantes considerando o volume crescente de dados e a complexidade das consultas analíticas.

Materialized views são implementadas para consultas analíticas complexas que agregam dados de múltiplas tabelas e partições. Por exemplo, uma materialized view pode pré-calcular estatísticas mensais de consumo por categoria de material, eliminando a necessidade de recalculá-las a cada consulta. O sistema inclui triggers que atualizam automaticamente estas views quando dados subjacentes mudam.

Query rewriting automático é implementado para consultas que acessam tabelas particionadas. O sistema pode automaticamente reescrever consultas para incluir critérios de particionamento quando possível, garantindo que partition pruning seja aplicado mesmo quando consultas originais não incluem filtros de data explícitos.

Caching inteligente é implementado para resultados de consultas frequentes, especialmente aquelas que envolvem dados JSONB complexos. O sistema mantém cache de resultados de consultas JSONB que são computacionalmente custosas, invalidando cache automaticamente quando dados subjacentes mudam.

5.2. Gestão de Recursos

O sistema de gestão de recursos da versão 6.0 implementa monitoramento proativo e otimização automática de utilização de CPU, memória e I/O. Esta funcionalidade garante que o sistema mantenha performance adequada mesmo durante picos de atividade ou crescimento de dados.

Monitoramento de utilização de memória inclui tracking de shared buffers, work memory e maintenance work memory. O sistema pode automaticamente ajustar configurações de memória baseado em padrões de uso observados, garantindo que recursos sejam utilizados eficientemente sem impactar estabilidade.

Gestão de I/O inclui monitoramento de padrões de acesso a disco e otimização automática de configurações como checkpoint intervals e WAL settings. O sistema pode identificar quando padrões de I/O indicam necessidade de ajustes de configuração e pode implementar mudanças automaticamente ou gerar recomendações para administradores.

Balanceamento de carga entre partições é monitorado continuamente para garantir que dados sejam distribuídos uniformemente. Quando desequilíbrios são detectados, o sistema pode sugerir estratégias de rebalanceamento ou ajustes na estratégia de particionamento.

5.3. Otimização de Armazenamento

A versão 6.0 implementa técnicas avançadas de otimização de armazenamento que reduzem requisitos de espaço em disco e melhoram performance de I/O. Estas otimizações são críticas considerando o crescimento contínuo de dados e a necessidade de manter custos de infraestrutura controlados.

Compressão de dados é implementada seletivamente para colunas que se beneficiam desta técnica. Campos de texto longos como descrições e comentários utilizam compressão TOAST automática do PostgreSQL, enquanto campos JSONB utilizam compressão específica que mantém eficiência de consulta.

Deduplicação de dados é implementada para identificar e eliminar registros duplicados que podem surgir de problemas de integração ou erros de entrada. O sistema inclui algoritmos que identificam duplicatas baseadas em múltiplos critérios e procedures para consolidação segura de registros duplicados.

Arquivamento automático de dados antigos utiliza tablespaces especializados com diferentes características de performance e custo. Dados frequentemente acessados permanecem em storage de alta performance, enquanto dados históricos são movidos para storage mais econômico mas ainda acessível quando necessário.

6. Segurança e Compliance

6.1. Controle de Acesso Granular

A versão 6.0 implementa um sistema de controle de acesso que vai além de roles básicas, proporcionando controle granular baseado em contexto operacional, localização geográfica e características específicas de usuários. Este sistema reconhece que diferentes usuários podem ter diferentes níveis de acesso baseados não apenas em sua função, mas também em circunstâncias específicas.

Row Level Security (RLS) é implementado para garantir que usuários tenham acesso apenas aos dados apropriados para sua unidade, função e nível de autorização. Por exemplo, militares de uma unidade específica podem ver apenas operações relacionadas aos almoxarifados de sua unidade, enquanto supervisores podem ter acesso mais amplo baseado em sua área de responsabilidade.

Controle de acesso baseado em tempo implementa restrições que limitam acesso a funcionalidades específicas durante horários determinados. Por exemplo, operações de baixa de materiais podem ser restritas a horários comerciais, enquanto operações de emergência podem ser permitidas 24/7 mas com logging adicional.

Autenticação multifator é suportada para operações críticas como baixa de materiais de alto valor ou modificação de configurações de sistema. O sistema pode requerer confirmação adicional através de tokens, biometria ou aprovação de supervisores para operações que excedem thresholds de risco estabelecidos.

6.2. Criptografia e Proteção de Dados

O sistema de proteção de dados da versão 6.0 implementa criptografia em múltiplas camadas para garantir que dados sensíveis sejam protegidos tanto em trânsito quanto em repouso. Esta abordagem multicamada proporciona proteção robusta contra diferentes tipos de ameaças.

Criptografia em trânsito é implementada através de TLS 1.3 para todas as conexões entre clientes e servidor de banco de dados. Certificados são gerenciados automaticamente com rotação regular e validação de cadeia de certificação. Configurações de cipher suites são otimizadas para balancear segurança com performance.

Criptografia em repouso é implementada seletivamente para dados particularmente sensíveis. Informações pessoais de militares, detalhes de operações sensíveis e configurações de segurança utilizam criptografia a nível de coluna através de funções especializadas. Chaves de criptografia são gerenciadas através de sistema separado com rotação automática.

Proteção de backups inclui criptografia de todos os arquivos de backup e proteção de chaves de criptografia através de sistemas de gestão de chaves dedicados. Backups são testados regularmente não apenas para integridade de dados, mas também para verificar que processos de descriptografia funcionam adequadamente.

6.3. Auditoria e Compliance

O sistema de auditoria da versão 6.0 é projetado para atender requisitos de compliance de organizações militares e governamentais, incluindo rastreabilidade completa, retenção de logs e capacidades de investigação forense. Este sistema vai além de logging básico para proporcionar evidências robustas para auditorias e investigações.

Trilhas de auditoria completas são mantidas para todas as operações críticas, incluindo não apenas mudanças em dados, mas também tentativas de acesso, consultas executadas e modificações de configuração. Logs de auditoria incluem contexto suficiente para reconstruir completamente sequências de eventos durante investigações.

Retenção de logs segue políticas configuráveis que consideram requisitos legais e operacionais. Logs críticos são mantidos por períodos estendidos com proteção contra modificação, enquanto logs operacionais podem ter períodos de retenção mais curtos para controlar custos de armazenamento.

Relatórios de compliance são gerados automaticamente para demonstrar aderência a políticas de segurança e regulamentações aplicáveis. Estes relatórios incluem métricas de segurança, resultados de verificações de integridade e evidências de controles implementados.

7. Manutenção e Administração

7.1. Automação de Tarefas Administrativas

A versão 6.0 implementa automação extensiva de tarefas administrativas para reduzir overhead operacional e garantir que manutenção seja executada consistentemente. Esta automação é crítica para organizações que podem não ter recursos dedicados de DBA disponíveis continuamente.

Manutenção automática de partições inclui criação proativa de novas partições, arquivamento de partições antigas e otimização de performance de partições ativas. O sistema pode criar partições futuras antecipadamente para evitar problemas durante picos de atividade, e pode automaticamente arquivar partições antigas conforme políticas estabelecidas.

Otimização automática de índices inclui identificação de índices fragmentados, rebuild automático durante janelas de manutenção e criação de sugestões para novos índices baseadas em padrões de consulta observados. O sistema pode automaticamente executar operações de manutenção de índices que não impactam operações ativas.

Limpeza automática de dados inclui remoção de dados temporários, limpeza de logs antigos e execução de operações de housekeeping geral. Estas tarefas são agendadas automaticamente e executadas durante períodos de menor atividade para minimizar impacto operacional.

7.2. Monitoramento Proativo

O sistema de monitoramento da versão 6.0 implementa capacidades proativas que identificam problemas potenciais antes que impactem operações. Esta abordagem preventiva é essencial para manter alta disponibilidade em um sistema de missão crítica.

Monitoramento de tendências analisa métricas de performance ao longo do tempo para identificar degradações graduais que podem não ser óbvias em monitoramento pontual. Por exemplo, o sistema pode identificar que consultas específicas estão gradualmente ficando mais lentas devido ao crescimento de dados, permitindo otimização proativa.

Alertas preditivos são gerados quando modelos estatísticos indicam probabilidade alta de problemas futuros. Por exemplo, se padrões de crescimento de dados indicam que espaço em disco será esgotado em 30 dias, alertas são gerados para permitir planejamento de expansão.

Health checks automatizados verificam continuamente a integridade de componentes críticos do sistema, incluindo conectividade de rede, funcionamento de backups, integridade de dados e performance de consultas críticas. Problemas identificados são escalados automaticamente conforme severidade.

7.3. Disaster Recovery e Continuidade

A versão 6.0 implementa capacidades robustas de disaster recovery que garantem que operações críticas possam ser restauradas rapidamente em caso de falhas catastróficas. Este sistema é essencial para uma organização como o CBM MT, onde interrupções podem impactar operações de emergência.

Replicação automática mantém cópias atualizadas do banco de dados em localizações geograficamente separadas. O sistema utiliza replicação streaming do PostgreSQL com configurações otimizadas para balancear consistência de dados com performance. Failover automático pode ser configurado para cenários específicos.

Backup contínuo garante que mudanças sejam capturadas em tempo real e que recovery point objective (RPO) seja minimizado. O sistema mantém múltiplas cópias de backups em diferentes localizações e testa automaticamente a integridade de backups através de restore em ambientes de teste.

Procedimentos de recovery são documentados detalhadamente e testados regularmente através de simulações de disaster. Estes testes incluem cenários de falha de hardware, corrupção de dados e disasters naturais, garantindo que procedimentos sejam efetivos quando necessários.

8. Conclusão

A versão 6.0 do Sistema Integrado de Gestão de Almoxarifado representa o culminar de anos de evolução e refinamento, estabelecendo um novo padrão de excelência para

sistemas de gestão de recursos materiais em organizações militares. As inovações implementadas nesta versão atendem não apenas às necessidades operacionais atuais do CBM MT, mas também estabelecem uma base sólida para crescimento e evolução futuros.

As melhorias em particionamento, indexação JSONB, validações de domínio e gestão do ciclo de vida de dados proporcionam uma base técnica robusta que suportará as operações do CBM MT por muitos anos. A automação extensiva de tarefas administrativas reduz overhead operacional e garante que o sistema mantenha performance adequada com mínima intervenção manual.

A documentação enriquecida com exemplos práticos e comentários detalhados garante que o conhecimento técnico seja preservado e transferido efetivamente. Esta abordagem facilita manutenção, troubleshooting e evolução futuras do sistema, garantindo que investimentos em tecnologia sejam protegidos ao longo do tempo.

A versão 6.0 estabelece o SIGA como uma solução de classe mundial para gestão de almoxarifado, combinando robustez técnica, flexibilidade operacional e facilidade de manutenção em uma plataforma integrada que suporta efetivamente a missão crítica do Corpo de Bombeiros Militar de Mato Grosso.