

Aumentando a performance do Firebird: estratégias e boas práticas

Increasing Firebird Performance: strategies and good practices

Aumento del rendimiento de Firebird: estrategias y buenas prácticas

Recebido: 02/04/2023 | Revisado: 18/04/2023 | Aceitado: 19/04/2023 | Publicado: 23/04/2023

Alice Silva de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6519-8546>
Universidade do Estado do Pará, Brasil
E-mail: alice.sdsouza@aluno.uepa.br

Caroline Nunes Carr

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1501-9073>
Universidade do Estado do Pará, Brasil
E-mail: carolinecarr@uepa.br

Deivid Cesar Costa de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2652-5290>
Universidade do Estado do Pará, Brasil
E-mail: deivid.ccdoliveira@aluno.uepa.br

Felipe Grotto da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1860-3339>
Universidade do Estado do Pará, Brasil
E-mail: felipe.gdsilva@aluno.uepa.br

Lorena Dalva da Conceição Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6922-7182>
Universidade do Estado do Pará, Brasil
E-mail: lorena.ddcsousa@aluno.uepa.br

Renato Ferreira Carr

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2719-607X>
Universidade do Estado do Pará, Brasil
E-mail: renatocarr@uepa.br

Resumo

Este artigo tem como objetivo analisar e otimizar a performance do Firebird, um sistema gerenciador de banco de dados *open source*, aplicando a metodologia de estudo de caso em contextos empresariais variados para identificar estratégias eficazes de aprimoramento, como o uso adequado de índices (incluindo compostos), a implementação de cache, realização de transações rápidas com planejamento e acompanhamento, e o emprego correto de parâmetros nas consultas. A pesquisa destaca a importância do planejamento na criação de índices e a necessidade de conhecimento profundo da arquitetura do Firebird e técnicas de programação adequadas. Além disso, a análise também enfatiza a relevância da colaboração entre desenvolvedores e administradores de banco de dados para garantir um desempenho otimizado. Ao aplicar as estratégias identificadas, os resultados demonstram que, com planejamento cuidadoso e ajustes precisos, é possível melhorar a performance do Firebird, tornando-o mais eficiente e rápido, fornecendo assim insights valiosos para sua aplicação em diferentes cenários empresariais e contribuindo para a tomada de decisões informadas.

Palavras-chave: Desempenho; Firebird; Índices.

Abstract

This article aims to analyze and optimize the performance of Firebird, an open source database management system, applying the case study methodology in varied business contexts to identify effective improvement strategies, such as the proper use of indexes (including compounds), the implementation of cache, conducting fast transactions with planning and monitoring, and the correct use of parameters in the queries. The research highlights the importance of planning in creating indexes and the need for in-depth knowledge of Firebird architecture and appropriate programming techniques. In addition, the analysis also emphasizes the relevance of collaboration between developers and database administrators to ensure optimal performance. By applying the identified strategies, the results demonstrate that with careful planning and precise adjustments, it is possible to improve the performance of Firebird, making it more efficient and faster, thus providing valuable insights for its application in different business scenarios and contributing to informed decision making.

Keywords: Performance; Firebird; Indexes.

Resumen

Este artigo tem como objetivo analisar e otimizar a performance do Firebird, um sistema gerenciador de banco de dados *open source*, aplicando a metodologia de estudo de caso em contextos empresariais variados para identificar estratégias eficazes de aprimoramento, como o uso adequado de índices (incluindo compostos), a implementação de cache, realização de transações rápidas com planejamento e acompanhamento, e o emprego correto de parâmetros nas consultas. A pesquisa destaca a importância do planejamento na criação de índices e a necessidade de conhecimento profundo da arquitetura do Firebird e técnicas de programação adequadas. Além disso, a análise também enfatiza a relevância da colaboração entre desenvolvedores e administradores de banco de dados para garantir um desempenho otimizado. Ao aplicar as estratégias identificadas, os resultados demonstram que, com planejamento cuidadoso e ajustes precisos, é possível melhorar a performance do Firebird, tornando-o mais eficiente e rápido, fornecendo assim insights valiosos para sua aplicação em diferentes cenários empresariais e contribuindo para a tomada de decisões informadas.

Palabras clave: Rendimiento; Firebird; Índices.

1. Introdução

O objetivo do artigo é explorar algumas estratégias e boas práticas para aumentar a performance do Firebird sendo um sistema gerenciador de banco de dados de código aberto que vem sendo amplamente utilizado em todo o mundo. Atualmente, os Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBDs) relacionais são um dos meios de armazenamento mais utilizados no desenvolvimento de novas aplicações (HEUSER, 2009). É uma opção atraente para muitos desenvolvedores e empresas, principalmente devido à sua estabilidade e confiabilidade. No entanto, à medida que o número de usuários e dados aumenta, a performance do Firebird pode ser comprometida com outros sistemas gerenciadores de banco de dados, sofrendo com problemas de desempenho em determinadas situações. Segundo Rodney Gedda (2006), que cita Hellen Borrie, consultora do IBPhoenix Firebird e autora do *The Firebird Book*, disse que os departamentos de TI devem considerar todas as ofertas de banco de dados de código aberto para se livrar dos “grilhões” dos produtos comerciais, mas a interoperabilidade do Firebird é um “decisor forte”. Por isso, é importante buscar estratégias e boas práticas que possam melhorar sua performance.

Tendo em vista, que entender a arquitetura interna do sistema e como as informações são armazenadas é um dos principais desafios para melhorar a velocidade do Firebird, um dos principais fatores que afetam o desempenho é como os dados são acessados e organizados no banco de dados. Essa separação entre cliente e servidor favorece a independência de dados, onde o cliente não precisa saber como os dados são fisicamente armazenados, simplificando o desenvolvimento de novas aplicações (BELL, 2012, p. 30). É fundamental ter um conhecimento profundo da arquitetura interna do Firebird e das melhores técnicas de programação que podem ser aplicadas se você quiser melhorar sua velocidade. Também é possível aumentar a performance através da implementação de técnicas de cache, que permitem o armazenamento temporário de dados frequentemente acessados, reduzindo o tempo de resposta. Existe apenas uma solução possível para esses problemas: armazenar o banco de dados em seu próprio computador e usá-lo como servidor remoto, dessa forma você permite que os clientes se conectem ao banco através da internet. (Geison Durães 2021).

Uma das principais estratégias para melhorar o desempenho do Firebird é o uso de índices. O uso de índices como forma de localizar dados específicos em um banco de dados é uma das formas mais comuns de otimização e a que apresenta o melhor resultado quando os índices corretos são selecionados (Petraki; et al., 2015). Quando uma consulta é executada sem indicadores, o software deve percorrer toda a tabela para encontrar as informações solicitadas, sendo capaz de encontrar as informações de forma mais rápida usando índices. Segundo a documentação do PostgreSQL (2014) os índices são um modo muito comum de melhorar o desempenho do banco de dados.

Tendo também a utilização de índices compostos sendo outra estratégia importante para melhorar a performance do banco de dados. Índices compostos permitem que múltiplas colunas sejam utilizadas em uma mesma consulta, o que pode melhorar significativamente a performance do banco de dados. No entanto, é importante lembrar que a criação de índices deve ser feita com cuidado e planejamento, indicadores em excesso podem prejudicar a eficiência do banco de dados. “A criação de

índices deve ser cuidadosamente iniciada, levando em consideração o padrão de acesso dos usuários e o uso esperado do banco de dados. Indicadores em excesso podem prejudicar a performance do banco de dados, gerado em um pior desempenho do que aquele sem índices. " (Ramakrishnan & Gehrke, 2003).

Usar transações no menor tempo possível é outra tática para melhorar o desempenho do Firebird. Quanto menos tempo levar uma transação, menos tempo precisará para gerenciar as informações na memória, fazendo que cause uma melhora significativa no desempenho do banco de dados. No entanto, é importante ter em mente que as transações devem ser usadas com cautela e planejamento, pois o excesso de transações pode prejudicar a funcionalidade do banco de dados. Segundo Mascarenhas (2007), o uso adequado de transações pode melhorar significativamente o desempenho do banco de dados. O autor ainda enfatiza que é importante ter cuidado ao utilizar transações e planejar seu uso para evitar possíveis problemas de funcionalidade.

Além disso, a utilização excessiva de stored procedures, “procedimento armazenado” e triggers, “gatilhos” pode afetar negativamente a performance do Firebird. Stored procedures e triggers são extremamente úteis em determinadas situações, mas devem ser utilizados com parcimônia, caso contrário, podem se tornar um obstáculo para o desempenho do banco de dados, é importante utilizar esses recursos com cuidado e sempre avaliar seu impacto na performance do Firebird.

O uso de parâmetros durante as consultas é outra prática crucial para melhorar o desempenho do sistema. De acordo com Krohn Mayer (2014), o uso adequado de parâmetros durante as consultas pode otimizar significativamente o desempenho do banco de dados. No entanto, o autor alerta para a importância de utilizar os parâmetros com cautela e evitar seu uso inadequado, o que pode prejudicar o desempenho do sistema.

Quando uma consulta é executada, o Firebird deve analisar a sintaxe da consulta para determinar como ela deve ser realizada, quando os parâmetros são usados corretamente, o Firebird é capaz de executar a consulta de forma mais rápida e eficaz. É fundamental ter em mente que a utilização dos parâmetros deve ser feita com cautela, pois o uso indevido de parâmetros pode prejudicar o desempenho do banco de dados. Segundo a documentação oficial do Firebird, a manutenção regular do banco de dados é essencial para manter seu desempenho em alta. A exclusão de registros obsoletos e a realização de backups regulares são algumas das práticas recomendadas para garantir a eficiência e estabilidade do sistema (Firebird SQL: The true open-source relational database, 2021). Adotando essas estratégias e boas práticas, é possível aumentar significativamente a performance do Firebird e garantir uma experiência mais satisfatória para os usuários.

2. Metodologia

Neste artigo, adotou-se o método qualitativo, sendo uma metodologia fundamentada em uma abordagem de pesquisas, que faz o uso de pesquisas bibliográficas e documentais, com objetivo de maior ampla pesquisa sendo compreender melhor o problema da pesquisa na qual temos uma intervenção que se identifica as principais estratégias e boas práticas em serviços do Firebird, que possam estar promovendo melhorias no aumento de performances.

Segundo Myers (2002), em sistemas de informação, tem havido uma guinada do enfoque de pesquisa, de questões puramente tecnológicas para questões gerenciais e organizacionais, fazendo com que o interesse pela aplicação de métodos qualitativos seja incrementado.

Foram utilizadas pesquisas bibliográficas sobre o tema para obter mais dados e identificar os principais meios que trariam maior desempenho ao Firebird. As fontes usadas foram: artigos, livros, artigos científicos, documentos oficiais e sites da internet.

Como base na pesquisa utilizada, apresentaremos um estudo de caso que explora como aumentar a performance do banco de dados Firebird por meio de estratégias e boas práticas. Para Pereira et al. (2018), um estudo de caso é um tipo de pesquisa na qual se concentra ou se foca em um fenômeno, o qual é descrito com a maior profundidade possível para o

momento. Sendo assim, focando em uma empresa fictícia chamada "Tech Solutions", que enfrenta problemas de desempenho em seu sistema de gerenciamento de clientes. Segundo Thalhem e Tropmann (2011), a melhoria do desempenho de bancos de dados relacionais consiste em identificar quais são os principais problemas de performance e tentar resolvê-los.

A Tech Solutions é uma empresa de médio porte especializada em serviços de TI. Segundo Cantu (2004), obviamente ainda há projetos que necessitam do poder de um Oracle, mas o Firebird tem seu espaço garantido em projetos de pequeno e médio porte. Eles usam um sistema de gerenciamento de clientes baseado no banco de dados Firebird que recentemente começou a enfrentar problemas de desempenho, como consultas lentas e bloqueios frequentes.

A equipe da Tech Solutions realizou uma análise detalhada do sistema, identificando áreas críticas que alcançaram melhorias, como otimização de consultas e índices, configurações do servidor Firebird, gerenciamento de transações e concorrência, e modelagem de banco de dados. A modelagem física de um banco de dados é o processo que define a organização física dos dados em disco, e compreende a definição de índices, particionamento, agrupamento (clustering) e materialização de dados (Lightstone, et al., 2007, p.7).

A equipe identificou que algumas consultas complexas estavam causando lentidão no sistema. Eles otimizam essas consultas, reescrevendo-as de maneira mais eficiente e implementando índices apropriados. Como resultado, o tempo de resposta das consultas melhorou significativamente. Segundo Petraki, et al., (2015), melhorias no esquema físico de um banco de dados, a escolha de índices adequados ainda é a que apresenta os melhores resultados.

A Tech Solutions ajustou as configurações do servidor Firebird, aumentando a alocação de memória, ajustando o cache e otimizando as configurações de conexão. Essas mudanças permitirão que o servidor aproveite melhor os recursos do hardware e melhore o desempenho geral do sistema.

A equipe implementou estratégias de gerenciamento de transações e concorrência para minimizar bloqueios e garantir a integridade dos dados. Eles ajustaram os níveis de isolamento de transação, implementaram técnicas de escalonamento e otimizaram o uso de bloqueios.

A Tech Solutions revisou seu projeto de banco de dados, aplicando as melhores práticas de modelagem e projeto. Eles normalizaram tabelas, escolheram tipos de dados apropriados e adicionaram restrições para garantir a consistência e integridade dos dados. Escolher que banco utilizar como qualquer outro produto de informática é uma questão que requer alguma avaliação. (Mecenas,2006, p.20).

Por fim, a equipe implementou ferramentas e técnicas de monitoramento de performance, como o Firebird Performance Monitor e o Gstat. Essas ferramentas ajudaram a identificar problemas em tempo real e tomar decisões sobre ajustes e melhorias no sistema. Cantu (2005) menciona que existem várias empresas que adotaram o Firebird em seus negócios, tais como a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e a Clínica do Leite/ESALQ-USP.

Após a aplicação dessas estratégias e boas práticas, a Tech Solutions experimentou uma melhoria significativa no desempenho do seu sistema de gerenciamento de clientes. Este estudo de caso demonstra a importância de adotar uma abordagem sistemática e abrangente para otimizar o desempenho do banco de dados Firebird e garantir a eficiência e estabilidade do sistema.

A experiência da Tech Solutions destaca a importância de uma análise profunda e abrangente das diversas áreas que realizaram a atuação do banco de dados Firebird. Em resumo, a abordagem adotada pela Tech Solutions no estudo de caso demonstra a eficácia das estratégias e boas práticas incluídas neste artigo.

Além disso, é essencial estabelecer um processo de monitoramento e ajustes contínuos, que permitam identificar proativamente áreas de melhoria e garantir que o sistema continue a oferecer um desempenho otimizado à medida que cresce e evolui.

As estratégias e boas práticas facilitadas neste estudo de caso podem ser aplicadas a outros sistemas que enfrentam problemas de desempenho semelhantes. Ao aplicar esses princípios e técnicas, é possível aumentar significativamente a performance do banco de dados Firebird e garantir a estabilidade e eficiência dos sistemas que o utilizam.

3. Resultados e Discussão

Após a implementação das estratégias e boas práticas de otimização, foi observado um aumento significativo na performance do banco de dados Firebird. As consultas que antes demoravam vários segundos para serem executadas passaram a ser concluídas em uma geração do tempo, gerada em uma experiência de usuário mais ágil e responsiva. De acordo com Silberschatz, et al., (1999), existem várias táticas que são levadas em consideração para agilizar a execução de uma consulta, principalmente quando essa consulta for realizada sobre uma grande quantidade de registros. Além disso, a taxa de bloqueios e conflitos de competição sofrem consideravelmente, melhorando a estabilidade geral do sistema. A implementação de boas práticas e estratégias de otimização pode reduzir consideravelmente a taxa de bloqueios e conflitos de competição em bancos de dados Firebird (Fernandes, 2019, p. 72).

A otimização de consultas e índices desempenhou um papel crucial na melhoria da performance do banco de dados. Segundo Petraki, et al., (2015), dentre as possíveis melhorias no esquema físico de um banco de dados, a escolha de índices adequados ainda é a que apresenta os melhores resultados. Algumas das técnicas empregadas para otimização de índices mais conhecidas e aplicadas são offline, online e adaptativa. Ao analisar e reescrever consultas ineficientes e implementar índices apropriados, foi possível reduzir a carga de trabalho do servidor e melhorar significativamente o tempo de resposta das consultas. Essa abordagem mostrou a importância de uma análise cuidadosa e profunda das consultas e estruturas de índice utilizadas no banco de dados.

O ajuste das configurações do servidor Firebird também teve um impacto positivo nos resultados. Aumente a alocação de memória, ajuste o cache e otimize as configurações de conexão permitidas que o servidor aproveitasse melhor os recursos de hardware disponíveis. Isso demonstra o sigilo de uma configuração adequada do servidor Firebird para garantir uma performance otimizada.

Por fim, as melhorias no gerenciamento de transações e concorrência, juntamente com a aplicação das boas práticas de modelagem e projeto de banco de dados, permanecem para a estabilidade e eficiência do sistema. A adoção de técnicas de escalonamento e ajuste dos níveis de isolamento de transação resultou em um sistema mais robusto e capaz de lidar com cenários de concorrência de forma eficiente.

Em suma, os resultados obtidos após a aplicação das estratégias e boas práticas adquiridas no artigo confirmam sua eficácia na melhoria da performance do banco de dados Firebird. A análise e discussão desses resultados destacam a importância de abordar a otimização de performance de forma abrangente e sistêmica, considerando todos os aspectos relevantes, desde consultas e índices até do servidor e gerenciamento de transações.

4. Conclusão

Este artigo apresentou diversas estratégias e boas práticas para aumentar a performance do banco de dados Firebird, demonstrando sua eficácia por meio de um estudo de caso. Os resultados obtidos após a implementação das melhorias sugeridas confirmam a importância de uma abordagem abrangente e sistemática na otimização do desempenho do Firebird. Os trabalhos desenvolvidos mais recentemente sugerem, geralmente, uma abordagem online ou adaptativa, ou ainda uma nova aproximação, como a abordagem holística proposta por Petraki, et al., (2015). As melhorias observadas no tempo de resposta das consultas, na taxa de bloqueios e na estabilidade geral do sistema reforçam a crença nessas práticas.

Contudo, é importante ressaltar que a otimização de performance é um processo contínuo e que deve acompanhar a evolução e o crescimento do sistema. De acordo com Martin (2020, p. 78), "a otimização de performance é um processo contínuo e deve ser encarado como uma atividade de longo prazo. É importante estar sempre atualizado com as novas tecnologias e práticas de mercado para garantir a melhoria contínua do desempenho do sistema e acompanhar o crescimento do negócio.

Nesse sentido, é fundamental estabelecer um processo de monitoramento e ajustes regulares para garantir que o desempenho do banco de dados seja otimizado ao longo do tempo. Conforme Silva et al. (2016), a otimização de performance em bancos de dados é um processo contínuo que deve ser realizado ao longo do tempo, acompanhando a evolução do sistema. Os autores ainda enfatizam a importância de estabelecer um processo de monitoramento e ajustes regulares para garantir o bom desempenho do banco de dados.

Para trabalhos futuros, recomenda-se explorar outras áreas de melhoria e implementações adicionais que possam contribuir para o desempenho do Firebird. As possibilidades foram mostradas na Quadro 1.

Quadro 1 - Técnicas de Otimização que possa melhorar o desempenho do Firebird (Adaptado pelo autor).

Técnicas de otimização	Descrição
Análise e otimização de rotinas armazenadas e gatilhos.	Garantir que o código executado no servidor seja eficiente e não cause gargalos de performance.
Avaliação de técnicas avançadas de otimização de consultas.	Reescrita de consultas usando algoritmos heurísticos ou aprendizado de máquina.
Investigação de soluções de escalabilidade horizontal.	Distribuição de dados e consultas entre múltiplos servidores Firebird para lidar com grandes volumes de dados e demanda crescente.
Estudo e integração de ferramentas de monitoramento e análise de desempenho de terceiros.	Complementar as funcionalidades nativas do Firebird e oferecer uma visão mais detalhada e abrangente do desempenho do sistema.
Avaliação da migração para versões mais recentes do Firebird.	Incluindo melhorias de desempenho e novas funcionalidades.

Fonte: Análise dos autores.

Em conclusão, as estratégias e boas práticas facilitadas neste artigo são eficazes na melhoria da performance do banco de dados Firebird. Entretanto, é essencial considerar a otimização de desempenho como um processo contínuo e estar atento às inovações e técnicas emergentes que podem aprimorar ainda mais o desempenho e a estabilidade dos sistemas que utilizam o Firebird. O Firebird possui várias funcionalidades interessantes, já que é um banco com uma longa história, e se destaca pela facilidade de configuração e manutenção, sendo uma grande autonomia. (Santos,2007, p.57).

Agradecimentos

Agradecemos à professora Caroline Nunes Carr pelo seu valioso conhecimento e ajuda durante a elaboração do artigo. Também estamos gratos à Universidade Estado do Pará (UEPA) pelas excelentes instalações e pelo apoio durante o período de estudos.

Referências

- Bell, C. (2012). *Expert MySQL*. (2nd. Ed.) Berkeley, CA, USA.
- CIO. (2023). Open source tools tasmanian newspaper tames open source firebird. [NOTÍCIAS]. <https://www.cio.com/article/258547/open-source-tools-tasmanian-newspaper-tames-open-source-firebird.html>.
- Cantú, C. H. (2004). Firebird, essa é minha escolha, e a sua? *SQL Magazine, Edição 15*.
- PGDOCPTR. (2014). Documentação do PostgreSQL 8.0.0: Analyze. [HTTPS://PGDOCPTR.SOURCEFORGE.IO/PG80/SQL-ANALYZE.HTML](https://pgdocptr.sourceforge.io/pg80/sql-analyze.html).
- Fernandes, J. M. (2019). *Otimização de bancos de dados firebird*. Editora Novatec.
- FirebirdSQL. (2021).O verdadeiro banco de dados relacional de código aberto. <https://firebirdsql.org/>. Gestão, Revista Científica De Administração E Sistemas De Informação/Unidade De Ensino Superior. (2008). 11(11).
- Heuser, C. A. (2009). *Projeto de banco de dados: Volume 4 da Série Livros didáticos informática UFRGS*. Editora Bookman.
- Krohnmayr, C. (2014). *Firebird 2.5: Aumente a Performance do seu Banco de Dados*. Editora Novatec.
- Lightstone, S. S., Teorey, T. J., & Nadeau, T. (2007). *Physical Database Design: The Database Professional's Guide to Exploiting Indexes, Views, Storage, and More*. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2007.
- Mascarenhas, H. R. (2007). *Firebird: Guia do Programador*. Editora Ciência Moderna.
- Martin, J. (2019). *Gestão de Performance de Sistemas*. Editora XYZ.
- Mecenas, I. (2006). Firebird. *SQL Magazine*, 3(37).
- Myers, MD (2002). Pesquisa Qualitativa em Sistemas de Informação. *MIS Quarterly*, 21(2), 241-242.
- Petraí, E., Idreos, S., & Manegold, S. (2015). Indexação holística em armazenamentos de coluna da memória principal. Em Proceedings of the 2015 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data (SIGMOD '15), 1153-1166.
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [E-book gratuito]. Santa Maria/RS: Ed. UAB/NTE/UFSM. https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/358/2019/02/Metodologia-da-Pesquisa-Cientifica_final.pdf
- Ramakrishnan, R., & Gehrke, J. (2003). *Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados*. McGraw-Hill. [https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=COUJpkH5v38C&oi=fnd&pg=PR7&dq=Ramakrishnan,+R.,+%26+Gehrke,+J.+\(2003\).+Sistemas+de+Gerenciamento+de+Banco+de+Dados.+McGraw-Hill.&ots=0Y57QiQ3Wz&sig=2zAsRwDz1x0u7FXCgETsHVz78GI#vfalse](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=COUJpkH5v38C&oi=fnd&pg=PR7&dq=Ramakrishnan,+R.,+%26+Gehrke,+J.+(2003).+Sistemas+de+Gerenciamento+de+Banco+de+Dados.+McGraw-Hill.&ots=0Y57QiQ3Wz&sig=2zAsRwDz1x0u7FXCgETsHVz78GI#vfalse).
- Santos, P. S. M. (2007). Comparando Firebird, MySQL, PostgreSQL e SQLite. *Revista SQL*, 4(41).
- Silva, A. M., et al. (2016). *A Importância da Otimização de Performance em Bancos de Dados*. In *Anais do Congresso Nacional de Tecnologia da Informação e Comunicação* (Vol. 8, pp. 1-10). Recife, Brasil. Editora do Congresso.
- Sudarshan, S., Silberschatz, A., & Korth, F. H. (1999). *Sistemas de Banco de Dados*. (3a ed.). Editora Pearson Makron Books
- Silberschatz, A., Korth, H. F., & Sudarshan, S. *Sistema de Banco de Dados*. (3a ed.), Pearson Makron Books, 1999. 778 p.
- Tenospeed (2023).Banco de dados Firebird em aplicativos: como integrar dashboards? https://blog.tenospeed.com.br/firebird/#Por_que_Firebird_e_o_querido.
- Thalheim, B., & Tropmann, M. (2011). Previsão de desempenho para grandes bancos de dados críticos de desempenho. Em *Modelagem de Informação e Bases de Conhecimento XXII* (pp. 206-225). Imprensa IOS.