UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA E TECNOLOGIA BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

**ALEXSANDRO MATIAS DE ALMEIDA**

**ANÁLISE DE DESEMPENHO APÓS OTIMIZAÇÕES NO BANCO DE DADOS MYSQL**

PALMARES, 2021

**ALEXSANDRO MATIAS DE ALMEIDA**

**ANÁLISE DE DESEMPENHO APÓS OTIMIZAÇÕES NO BANCO DE DADOS MYSQL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Bacharelado em Sistemas de informação, pelo aluno ALEXSANDRO MATIAS DE ALMEIDA, sob orientação da professora Dra. Juliana Regueira Basto Diniz, para conclusão do Curso de Sistemas de Informação.

PALMARES, 2021

**AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, a Deus pela oportunidade dessa formação e por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

A esta faculdade, seu corpo docente, direção, administração e funcionários que sempre me serviram da melhor maneira possível nos momentos que precisei.

A minha mãe, irmãs e esposa, por todo amor, paciência, incentivo e apoio incondicional que me deram durante a minha jornada no curso.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

**RESUMO**

O presente estudo mensura o desempenho quando são realizados ajustes nas variáveis de configuração do sistema de Banco de Dados MySQL utilizando o Sistema Operacional Linux Debian Buster. Para realização deste teste será utilizado um modelo internacional para avaliação de benchmark chamado TPC-H que serve para medição de carga de trabalho auxiliando no suporte à decisão. Para isso, serão criadas quatro bases de dados: As duas primeiras serão criadas seguindo o modelo de criação e população das tabelas indicado pelo TPC-H, tendo estas os tamanhos de 1 GB e outra de 10 GB. A partir deste momento serão realizadas as 22 consultas propostas pelo teste de Benchmark e realizadas as respectivas medições do tempo de médio de cada consulta. Já na próxima etapa, serão realizadas as alterações nos valores das variáveis de configuração do MySQL como memória de cache e memoria buffer com o intuito de tornar as consultas ao banco mais rápidas. A partir dos dados coletados, será descrito se houve ganho ou perda no tempo médio nas consultas nessas bases de dados supostamente otimizadas.

**Palavras-Chave:** MySQL, Desempenho, TPC-H.

**ABSTRACT**

The present study measures performance when adjustments are made to the configuration variables of the MySQL Database system using the Debian Buster Linux Operating System. To perform this test, an international model for benchmark evaluation called TPC-H will be used, which serves to measure workload, helping to support the decision. For this, four databases will be created: The first two will be created following the model of creation and population of the tables indicated by TPC-H, these having the sizes of 1 GB and another of 10 GB. From this moment on, the 22 queries proposed by the Benchmark test will be carried out and the respective measurements of the average time of each consultation will be carried out. In the next step, changes will be made to the values ​​of the MySQL configuration variables such as cache memory and buffer memory in order to make queries to the bank faster. From the collected data, it will be described if there was a gain or loss in the average time in the consultations in these supposedly optimized databases.

**Keywords:** MySQL, Performance, TPC-H.

**LISTA DE FIGURAS**

[Figura 1 - Modelo simplificado Memória Buffer 19](file:///C:\Users\pb7p\git\TPC-H\final-doc\alexsandro-matias-final-doc.docx#_Toc61207787)

[Figura 2 - Modelo detalhado da Memória Buffer 20](#_Toc61207788)

[Figura 3 - Esquema TPC-H – fonte da imagem 23](file:///C:\Users\pb7p\git\TPC-H\final-doc\alexsandro-matias-final-doc.docx#_Toc61207789)

**LISTA DE TABELAS**

[Tabela 1 - Características do innodb\_buffer\_pool\_instances 17](#_Toc61775476)

[Tabela 2 - Tamanho Estimado Banco de Dados Fator Escala 10GB (em tuplas) 24](#_Toc61775477)

[Tabela 3 – Tempos de consulta da Query 01 da Base de Dados de 10 GB 26](#_Toc61775478)

[Tabela 4 - Tempo Médio das Consultas da Base de Dados não Otimizada de tamanho 10 GB 28](#_Toc61775479)

[Tabela 5 - Tempos de consulta da Query 01 da Base de Dados de 1 GB 29](#_Toc61775480)

[Tabela 6 - Tempo Médio das Consultas da Base de Dados não Otimizada de tamanho 1 GB 30](#_Toc61775481)

[Tabela 7 – Relação entre as médias de todas as bases de dados 31](#_Toc61775482)

**LISTA DE SIGLAS**

BD – Banco de Dados.

DDL - Data Definition Language.

DML - Data Manipulation Language.

SGBD – Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados.

SGBDR – Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados Relacional.

SQL – Structured Query Language.

TPC – Transaction Performance Council.

**SUMÁRIO**

[1. INTRODUÇÃO 7](#_Toc61208544)

[1.1 OBJETIVOS 7](#_Toc61208545)

[1.1.1 OBJETIVO GERAL 7](#_Toc61208546)

[1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 8](#_Toc61208547)

[1.2 JUSTIFICATIVA 8](#_Toc61208548)

[2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 9](#_Toc61208549)

[2.1 SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE BANCO DE DADOS 9](#_Toc61208550)

[2.2 BANCO DE DADOS MySQL 10](#_Toc61208551)

[2.2.1 DDL DATA DEFINITION LANGUAGE 11](#_Toc61208552)

[2.2.2 DML DATA MANIPULATION LANGUAGE 11](#_Toc61208553)

[2.2.3 DCL DATA CONTROL LANGUAGE 11](#_Toc61208554)

[2.3 CHAVES 12](#_Toc61208555)

[2.3.1 CHAVE PRIMÁRIA 12](#_Toc61208556)

[2.3.2 CHAVE ESTRANGEIRA 12](#_Toc61208557)

[2.3.3 INTEGRIDADE REFERENCIAL 12](#_Toc61208558)

[2.4 VARIÁVEIS DE SISTEMA DO SERVIDOR MYSQL 12](#_Toc61208559)

[2.4.1 INNODB\_BUFFER\_POOL\_SIZE 15](#_Toc61208560)

[2.4.2 INNODB\_BUFFER\_POOL\_INSTANCES 17](#_Toc61208561)

[2.4.3 INNODB\_BUFFER\_POOL\_CHUNK\_SIZE 18](#_Toc61208562)

[2.4.4 THREAD\_CACHE\_SIZE 20](#_Toc61208563)

[2.5 TPC-H 21](#_Toc61208564)

[2.5.1 ENTIDADES E RELACIONAMENTOS DO BANCO DE DADOS 22](#_Toc61208565)

[2.5.2 GERAÇÃO DOS DADOS E POPULAÇÃO DAS TABELAS 23](#_Toc61208566)

[3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 25](#_Toc61208567)

[3.1 METODOLOGIA 25](#_Toc61208568)

[3.2 AMBIENTE DE TESTES 25](#_Toc61208569)

[3.3 COLETA DE DADOS 26](#_Toc61208570)

[3.3.1 BASE DE DADOS NÃO OTIMIZADA DE 10 GB 26](#_Toc61208571)

[3.3.2 ANÁLISE DOS TEMPOS DA BASE DE DADOS NÃO OTIMIZADA DE 10 GB 29](#_Toc61208572)

[3.3.3 MÉDIAS DE TODAS AS BASES DE DADOS 29](#_Toc61208573)

[4. ANÁLISE DOS DADOS DA PESQUISA (OBTIDOS) 31](#_Toc61208574)

[5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 33](#_Toc61208575)

[6. REFERÊNCIAS 34](#_Toc61208576)

1. INTRODUÇÃO

A utilização dos bancos de dados é indispensável em sistemas de informação para aplicações no campo empresarial. Isso se torna visível quando cinco dos bancos dados mais utilizados no mercado nos últimos cinco anos, quatro deles são relacionais. Estes são representados em ordem crescente em Oracle, MySQL, Microsoft SQL Server, PostgreSQL e MongoDB (DB-ENGINES, 2020).

Então, já que os banco MySQL está entre os cinco mais utilizados no mercado (DB-ENGINES, 2020), se torna interessante conhecimento mais específico quanto à performance do mesmo no que diz respeito ao tempo gasto nas operações de consulta dos dados quando aplicada determinada carga de dados no sistema.

Dito isto, na seção 2 deste trabalho serão apresentados os conceitos básicos, e aplicação desses bancos de dados, assim como serão explanados os comandos que viabilizam os testes. Na seção 3 será apresentada a metodologia e preparação do ambiente para o teste de carga, indicando quais os softwares (com suas respectivas versões) e hardware foram utilizados, além de tratar de algumas métricas preestabelecidas juntamente com as configurações especificas dos bancos de dados estudados. Já na seção 4 serão mostrados os resultados obtidos no teste de carga, para que se possa concluir qual o ganho percentual dessas otimizações.

* 1. OBJETIVOS

Serão apresentados os objetivos que nortearam este trabalho final de curso.

* + 1. OBJETIVO GERAL

Mensurar a variação de desempenho após alterações dos valores das variáveis de configuração no banco de dados MySQL utilizando como referência de Benchmark o padrão TPC-H.

* + 1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS
* Realizar criação e população das tabelas nos bancos de dados MySQL utilizando o modelo TPC-H;
* Realizar medição de consultas aos registros sem otimizações;
* Analisar os resultados obtidos;
* Realizar as alterações nas variáveis de sistema no mesmo banco de dados;
* Analisar o tempo gasto nessas consultas depois das otimizações.
  1. JUSTIFICATIVA

O aumento crescente da utilização dos bancos de dados é atribuído aos avanços nas tecnologias de sistemas de informação que consideram os dados de qualquer instituição como um bem intangível e extremamente valioso. Assim, com o crescimento exponencial, a disponibilidade, integridade, confidencialidade e forma de armazenamento desses dados são imprescindíveis neste processo de competitividade empresarial. Outra aplicação direta do uso de banco de dados é a manipulação de grandes volumes de dados visando também promover subsídios para a tomada de decisão.

Visando a otimização ao acesso dessa informação, os profissionais que trabalham com Banco de Dados procuram realizar configurações rápidas que já impactam positivamente no desempenho desta tecnologia, dentre elas, a alteração das variáveis do sistema como por exemplo, memória de acesso ao disco e memória compartilhada entre o sistema de Gerenciamento de Banco de Dados e o sistema operacional.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção são abordados conceitos básicos necessários para a compreensão dos principais temas abordados nesta pesquisa. De uma forma geral serão explanados os conceitos fundamentais em torno de Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados, os comandos SQL e suas particularidades.

* 1. SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE BANCO DE DADOS

Originalmente da sigla em inglês DBMS (Data Base Management System), ou Sistema de Gerenciamento de banco de dados (SGBD), é um pacote de softwares projetado cuja função é gerenciar uma base de dados. Algumas das vantagens do seu uso, de acordo com o que é proposto por (RAMAKRISHNAN e GEHRKE, 2009):

* Independência de Dados: Os programas aplicativos não devem, idealmente, ser expostos aos detalhes de representação e armazenamento de dados.
* Acesso Eficiente aos Dados: Um SGBD utiliza uma variedade de técnicas sofisticadas para armazenar e recuperar dados eficientemente.
* Integridade e Segurança dos Dados: Se os dados são sempre acessados através do SGBD, ele pode forçar restrições de integridade.
* Administração de Dados: Quando diversos usuários compartilham dados, centralizar a administração dos dados pode oferecer melhorias significativas.
* Acesso Concorrente e Recuperação de Falha: Um SGBD planeja o acesso concorrente aos dados de maneira tal que os usuários podem achar que os dados estão sendo acessados por apenas um único usuário de cada vez. Além disso, o SGBD protege os usuários dos efeitos de falhas de sistema.
* Tempo Reduzido de Desenvolvimento de Softwares: O SGBD suporta funções importantes que são comuns a várias linguagens de programação que acessam os dados no SGBD.
  1. BANCO DE DADOS MySQL

O MySQL é um sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD), que utiliza a linguagem SQL (Linguagem de Consulta Estruturada, ou do inglês Structured Query Language) como interface. É atualmente um dos sistemas de gerenciamento de bancos de dados mais populares da Oracle Corporation, com mais de 10 milhões de instalações pelo mundo. Segundo (CABRAL e MURPHY, 2009), o MYSQL possui algumas características relevantes como por exemplo:

* É um Software Livre com base na GPL;
* Alta portabilidade já que suporta praticamente qualquer plataforma atual;
* Excelente desempenho e estabilidade;
* Pouco exigente quanto a recursos de novos hardwares;
* Facilidade no manuseio;
* Contempla a utilização de vários Storage Engines como MyISAM, InnoDB, Falcon, BDB, Archive, Federated, CSV, Solid;
* Suporta controle transacional;
* Suporta Triggers;
* Suporta Stored Procedures e Functions;
* Replicação facilmente configurável;

A linguagem utilizada no MySQL é a Structured Query Language (SQL) que representa a linguagem usada nos SGBDs por padrão. No entanto, cada um tem suas particularidades dentro da própria linguagem, tendo implementações diferentes. A linguagem SQL tem algumas divisões, que facilitam o entendimento da mesma, categorizando seus comandos.

* + 1. DDL DATA DEFINITION LANGUAGE

Linguagem de Definição de Dados, é a parte da Linguagem SQL que trata, como o próprio nome diz, da definição da estrutura dos dados, cujos efeitos se dão sobre objetos. Esses comandos são utilizados para a criação de bancos de dados, tabelas, views, triggers (ATANAZIO, 2019). Exemplos de comandos: CREATE (criação), ALTER (alteração), DROP (remoção) .

* + 1. DML DATA MANIPULATION LANGUAGE

Linguagem de Manipulação de Dados, é a parte da Linguagem SQL que não altera a estrutura, mas sim os registros de uma base de dados, cujos efeitos se darão sobre registros (ATANAZIO, 2019). São comandos que fazem consultas, inserem, alteram ou apagam registros. Exemplos de comandos: SELECT (consulta), INSERT (inserção), UPDATE (alteração), DELETE (remoção).

* + 1. DCL DATA CONTROL LANGUAGE

Linguagem de Controle de Dados, é a parte da linguagem SQL referente ao controle de acesso a objetos por usuários e seus respectivos privilégios (ATANAZIO, 2019). Os principais comandos são:

* GRANT: Garante (permite) acesso dado a um usuário;
* REVOKE: Revoga (retira) direitos dados a um usuário. Os direitos dados a um usuário podem ser: ALL, CREATE, EXECUTE, REFERENCES, SELECT, TRIGGER, USAGE, CONNECT, DELETE, INSERT, RULE, TEMPORARY, UPDATE, etc.
  1. CHAVES
     1. CHAVE PRIMÁRIA

Uma chave primária é uma ou mais colunas que identificam exclusivamente uma linha. Nenhuma das colunas que fazem parte da chave primária pode ser anulável, ou seja, com ausência de algum valor. Uma tabela não deve ter mais do que uma chave primária (TPC, 2018).

* + 1. CHAVE ESTRANGEIRA

Uma chave estrangeira é uma coluna ou combinação de colunas usada para estabelecer a relação entre os dados em duas tabelas. Isso é possível adicionando a coluna ou colunas que contêm os valores de chave primária de uma tabela à outra tabela. Esta coluna se torna uma chave estrangeira na segunda tabela. Também pode ser referido como uma restrição de chave estrangeira (TPC, 2018).

* + 1. INTEGRIDADE REFERENCIAL

Integridade referencial é uma propriedade de dados pela qual uma chave estrangeira em uma tabela tem uma chave primária correspondente em uma tabela diferente (TPC, 2018).

* 1. VARIÁVEIS DE SISTEMA DO SERVIDOR MYSQL

O servidor MySQL mantém muitas variáveis de sistema que configuram sua operação. Cada variável do sistema possui um valor padrão. As variáveis do sistema podem ser definidas na inicialização do servidor usando opções na linha de comando ou em um arquivo de opções (MYSQL, 2020). A maioria deles pode ser alterada dinamicamente em tempo de execução usando a instrução SET que permite modificar a operação do servidor sem precisar interrompê-lo e reiniciá-lo. Também é possível realizar a alteração dos valores dessas variáveis através ou de um arquivo de configuração no Debian localizado <**devo ou não colocar a localização**>. Porém neste último caso, é necessário reiniciar o servidor (serviço em execução do MySQL).

Como na alteração destes valores pode comprometer a integridade do Banco de Dados e/ou do sistema operacional, por motivos de segurança, é indispensável que o usuário que executa tais alterações tenha os privilégios administrador ou de superusuário. Já para definir um valor de variável de tempo de execução do sistema de sessão normalmente não requer privilégios especiais e pode ser feito por qualquer usuário, embora haja exceções (MYSQL, 2020).

Tendo em vista que para otimização de um parâmetro, percebe-se uma grande possibilidade de valores disponíveis para esta nova configuração são inúmeros para cada parâmetro. Pensando no caso especificoh do SGBDR MySQL que possui mais de 100 variáveis que podem ser configuradas, se fossem escolhidos apenas dois valores para cada parâmetro existente no SGBDR, a quantidade dos testes realizados seriam 2100, o que ocasionaria um trabalho extremamente dispendioso.

Com o mecanismo de armazenamento InnoDB, você tem controle sobre o formato e a localização do espaço de tabela. Um espaço de tabela é um grupo lógico de um ou mais arquivos de dados em um banco de dados. A Tabela 11-3 lista as variáveis usadas para configurar o espaço de tabela. O caminho completo para cada espaço de tabela compartilhado é formado adicionando **innodb\_data\_home\_dir** a cada caminho especificado no innodb\_data\_file\_path. Os tamanhos dos arquivos são especificados em kilobytes, megabytes ou gigabytes, acrescentando K ou M ou G ao valor do tamanho, caso contrário, os números são assumido estar em bytes. Os arquivos de dados centralizados devem adicionar até 10 Mb ou mais. Um disco bruto partição pode ser usada como um espaço de tabela compartilhado.

O MySQL precisa para que funcione de forma satisfatória necessita da maior quantidade de memória para caches possível. Ele usa caches para evitar o acesso ao disco, que é muito mais lento do que o acesso aos dados na memória. O sistema operacional pode armazenar em cache alguns dados em nome do MySQL (especialmente para MyISAM), mas o MySQL precisa de muita memória para si também. A seguir estão os caches mais importantes a serem considerados para a maioria das instalações (SCHWARTZ, TKACHENKO e ZAITSEV, 2012):

* O pool de buffer InnoDB;
* Os caches do sistema operacional para arquivos de log InnoDB e dados MyISAM;
* Caches de chave MyISAM;
* O cache de consulta;
* Caches que você não pode realmente configurar, como caches de logs binários e arquivos de definição de tabela do sistema operacional.

É muito mais fácil configurar um servidor se você estiver usando apenas um mecanismo de armazenamento. Se você estiver usando apenas tabelas MyISAM, você pode desativar o InnoDB completamente, e se você estiver usando apenas InnoDB, você precisa alocar apenas recursos mínimos para MyISAM (MySQL usa Tabelas MyISAM internamente para algumas operações). Mas se você estiver usando uma mistura de mecanismos de armazenamento, pode ser muito difícil descobrir o equilíbrio certo entre eles. A melhor abordagem que encontramos é fazer um palpite e, em seguida, observar o servidor em operação (SCHWARTZ, TKACHENKO e ZAITSEV, 2012) – 349.

Levando em consideração as memoriash mencionada anteriormente, os parâmetros que fazem com que seus valores sejam alterados serão explicados a seguir:

* + 1. INNODB\_BUFFER\_POOL\_SIZE

Espaço de memória que contém muitas estruturas de dados em memória do InnoDB, buffers, caches, índices e até mesmo dados de linha. innodb\_buffer\_pool\_size é o parâmetro de configuração do MySQL que especifica a quantidade de memória alocada para o pool de buffer InnoDB pelo MySQL. Esta é uma das configurações mais importantes na configuração de hospedagem MySQL e deve ser definida com base na RAM do sistema disponível (SCALEGRID, 2018).

Determina o tamanho do buffer que o mecanismo de armazenamento InnoDB usa para armazenar dados e índices em cache.

**VALOR PADRAO**

Um buffer maior configurado por innodb\_buffer\_pool\_size significa que há menos E / S necessária para acessar os dados nas tabelas. Isso ocorre porque o mecanismo de armazenamento InnoDB armazena seus dados usados com frequência na memória. Em um servidor de banco de dados dedicado usando principalmente tabelas InnoDB, esta deve ser uma porcentagem significativa da memória total disponível para o mysqld. Tenha muito cuidado com esta configuração porque se ela for configurada para usar muita memória, ela causará a troca pelo sistema operacional, o que é muito ruim para o desempenho do mysqld. Na pior das hipóteses, usar muita memória fará com que o mysqld trave. (CABRAL e MURPHY, 2009) – 385 .

Se você usa principalmente tabelas InnoDB, o buffer pool do InnoDB provavelmente precisa de mais memória do que qualquer outra coisa. O pool de buffer do InnoDB não armazena apenas índices em cache: ele também contém dados de linha, o índice de hash adaptável, o buffer de inserção, bloqueios e outras estruturas internas. O InnoDB também usa o buffer pool para ajudá-lo a atrasar as gravações, de modo que possa mesclar muitas gravações e executá-las sequencialmente. Resumindo, o InnoDB depende muito do buffer pool, e você deve ter certeza de alocar memória suficiente para ele, normalmente com um processo como o mostrado anteriormente neste capítulo. Você pode usar variáveis ​​de comandos SHOW ou ferramentas como innotop para monitorar o uso de memória do pool de buffer do InnoDB.

Se você não tem muitos dados e sabe que seus dados não crescerão rapidamente, não é necessário alocar memória no buffer pool. Não é realmente benéfico torná-lo muito maior do que o tamanho das tabelas e índices que ele conterá. Não há nada de errado em planejar com antecedência um banco de dados em rápido crescimento, é claro, mas às vezes

vemos enormes pools de buffer com uma pequena quantidade de dados. Isso não é necessário. Grandes pools de buffer apresentam alguns desafios, como longos períodos de desligamento e aquecimento. Se houver muitas páginas sujas (modificadas) no pool de buffer, o InnoDB pode levar muito tempo para encerrar, porque grava as páginas sujas nos arquivos de dados durante o encerramento.

Quando você tem um buffer pool grande, especialmente em combinação com discos lentos, o servidor pode levar muito tempo (muitas horas ou mesmo dias) para aquecer após uma reinicialização. Nesses casos, você pode se beneficiar do uso do recurso do Percona Server para recarregar as páginas após a reinicialização. Isso pode reduzir o tempo de aquecimento para alguns minutos. O MySQL 5.6 apresentará um recurso semelhante. Isso é especialmente benéfico em réplicas, que pagam uma penalidade de aquecimento extra devido à natureza de replicação de thread único (SCHWARTZ, TKACHENKO e ZAITSEV, 2012) – 350 .

* + 1. INNODB\_BUFFER\_POOL\_INSTANCES

Essa variável representa o número de regiões, ou segmentos, nas quais o buffer pool do InnoDB é dividido. Este parâmetro é provavelmente uma das maneiras mais importantes de melhorar a escalabilidade do MySQL em máquinas com vários núcleos com uma carga de trabalho altamente simultânea. Para sistemas com buffer pools em o intervalo de vários gigabytes, dividindo o pool de buffer em instâncias separadas pode melhorar a simultaneidade, reduzindo a contenção à medida que diferentes threads leem e gravam nas páginas em cache. Cada página que é armazenada em ou lido do buffer pool é atribuído a uma das instâncias do buffer pool aleatoriamente, usando uma função de hash (MYSQL, 2020).

De acordo com a documentação oficial (MYSQL, 2020) as caracteriticas desta variável estah representada na tabela abaixo:

Tabela - Características do innodb\_buffer\_pool\_instances

|  |  |
| --- | --- |
| COMMAND-LINE FORMAT | --INNODB-BUFFER-POOL-INSTANCES=# |
| SYSTEM VARIABLE INNODB\_BUFFER\_POOL\_INSTANCES | INNODB\_BUFFER\_POOL\_INSTANCES |
| SCOPE | GLOBAL |
| DYNAMIC | NO |
| SET\_VAR | HINT APPLIES NO |
| TYPE | INTEGER |
| DEFAULT VALUE | (OTHER) 8 (OR 1 IF INNODB\_BUFFER\_POOL\_SIZE < 1GB |
| DEFAULT VALUE (WINDOWS, 32 - BIT PLATFORMS) | (AUTOSIZED) |
| MINIMUM VALUE | 1 |
| MAXIMUM VALUE | 64 |

Ainda não está claro que tipo de diretrizes devemos desenvolver para escolher o número de instâncias do buffer pool. Executamos a maioria de nossos benchmarks com oito instâncias, mas provavelmente não entenderemos algumas das sutilezas de várias instâncias de buffer pool até que o MySQL 5.5 tenha sido implantado de forma mais ampla por um longo tempo.

Não queremos dizer que isso significa que o MySQL 5.5 não é amplamente implantado na produção. Acontece que os casos mais extremos de contenção de mutex que ajudamos a resolver foram para usuários muito grandes e conservadores, para os quais uma atualização pode levar muitos meses para planejar, validar e executar. Esses usuários às vezes estão executando uma versão altamente personalizada do MySQL, o que torna duplamente importante para eles serem cuidado com as atualizações. Quando mais dessas pessoas fizerem upgrade para o MySQL 5.5 e o enfatizarem de suas próprias maneiras exclusivas, provavelmente aprenderemos algumas coisas interessantes sobre vários buffer pools que ainda não vimos. Até então, podemos dizer que parece ser muito benéfico executar com oito instâncias de buffer pool. É importante notar que o Percona Server tem uma abordagem diferente para resolver os problemas de contenção mutex do InnoDB. Em vez de particionar o pool de buffer - um reconhecidamente

Abordagem testada e comprovada em muitos sistemas como InnoDB - optamos por dividir alguns dos mutexes globais em mutexes menores e de uso mais especial. Nossos benchmarks mostram que a melhor melhoria de todas vem de uma combinação das duas abordagens, que está disponível no Percona Server versão 5.5: vários buffer pools e mutexes mais refinados (SCHWARTZ, TKACHENKO e ZAITSEV, 2012) – 384 .

* + 1. INNODB\_BUFFER\_POOL\_CHUNK\_SIZE

innodb\_buffer\_pool\_chunk\_size define o tamanho do bloco para redimensionamento do buffer pool do InnoDB operações.

Para evitar a cópia de todas as páginas do buffer pool durante as operações de redimensionamento, a operação é executada por partes. De acordo com a documentação do mysql (MYSQL, 2020), as características dessa variável é representada na tabela abaixo:

Tabela - Características do innodb\_buffer\_pool\_chunk\_size

|  |  |
| --- | --- |
| COMMAND-LINE FORMAT | --INNODB-BUFFER-POOL-CHUNK-SIZE=# |
| SYSTEM VARIABLE INNODB\_BUFFER\_POOL\_INSTANCES | INNODB\_BUFFER\_POOL\_CHUNK\_SIZE |
| SCOPE | GLOBAL |
| DYNAMIC | NO |
| SET\_VAR | NO |
| TYPE | INTEGER |
| DEFAULT VALUE | 134217728 |
| MINIMUM VALUE | 1048576 |
| MAXIMUM VALUE | INNODB\_BUFFER\_POOL\_SIZE / INNODB\_BUFFER\_POOL\_INSTANCES |

O número de páginas contidas em um bloco depende do valor de innodb\_page\_size. innodb\_buffer\_pool\_chunk\_size pode ser aumentado ou diminuído em unidades de 1 MB (1048576 bytes). As seguintes condições se aplicam ao alterar o valor innodb\_buffer\_pool\_chunk\_size:

Desde o MySQL 5.7.5, podemos redimensionar dinamicamente o pool de buffers do InnoDB. Esse novo recurso também introduziu uma nova variável innodb\_buffer\_pool\_chunk\_size - que define o tamanho do bloco pelo qual o buffer pool é ampliado ou reduzido. Esta variável não é dinâmica e se for configurada incorretamente, pode levar a situações indesejadas. A representação da interação entre as o innodb\_buffer\_pool\_size, innodb\_buffer\_pool\_instances e innodb\_buffer\_pool\_chunk\_size interagem:



Figura - Modelo simplificado Memória Buffer

O buffer pool pode conter várias instâncias e cada instância é dividida em partes. Existem algumas informações que devemos levar em consideração: o número de instâncias pode ir de 1 a 64 e a quantidade total de blocos não deve exceder 1000.



Figura - Modelo detalhado da Memória Buffer

Seguindo o exemplo da figura 02, um pool de buffer de 2 GB com 8 instâncias e blocos no valor padrão (128 MB), obteremos 2 blocos por instância, que acarreta, de acordo com o exemplo, 16 blocos de memória.

Dentre os vários benefícios de ter várias instâncias são (DAVID DUCOS, 2018):

* Em um servidor virtual, é possível adicionar memória dinamicamente;
* Para um servidor físico, você pode querer reduzir o uso de memória do banco de dados para abrir caminho para outros processos;
  + 1. THREAD\_CACHE\_SIZE

Esta variável dimensiona quantos threads o servidor deve armazenar em cache para reutilização de comandos. Ela pode ser aumentada para melhorar o desempenho se você tiver muitas novas conexões. Normalmente, isso não fornece um desempenho notável melhoria se você tiver uma boa implementação de thread. No entanto, se o seu servidor vê centenas de conexões por segundo, você normalmente deve definir thread\_cache\_size alto o suficiente para que a maioria novas conexões usam threads em cache.

O cache de encadeamentos contém encadeamentos que não estão associados a uma conexão, mas estão prontos para atender a novas conexões. Quando há um thread no cache e uma nova conexão é criada, o MySQL remove o thread do cache e o entrega para a nova conexão. Quando a conexão é fechada, o MySQL coloca a thread de volta no cache, se houver espaço. Se não houver espaço, o MySQL destrói o thread. Contanto que o MySQL tenha um thread livre no cache, ele pode responder rapidamente às solicitações de conexão, porque não precisa criar um novo thread para cada conexão. A variável thread\_cache\_size especifica o número de threads que o MySQL pode manter no cache. Você provavelmente não precisará configurar esse valor, a menos que seu servidor receba muitas solicitações de conexão. Para verificar se o cache de thread é grande o suficiente, observe a variável de status Threads\_created. Geralmente tentamos manter o cache de thread grande o suficiente para ver menos de 10 novos threads criados a cada segundo, mas muitas vezes é muito fácil para obter este número inferior a 1 por segundo. Uma boa abordagem é observar a variável Threads\_connected e tentar definir o thread \_cache\_size grande o suficiente para lidar com a flutuação típica em sua carga de trabalho. Por exemplo, se Threads\_connected normalmente fica entre 100 e 120, você pode definir o tamanho do cache para 20. Se ficar entre 500 e 700, um cache de thread de 200 deve ser grande o suficiente. Pense desta forma: em 700 conexões, provavelmente não há threads no cache; em 500 conexões, há 200 threads em cache prontos para serem usados ​​se a carga aumentar para 700 novamente. Tornar o cache de thread muito grande provavelmente não é necessário para a maioria dos usos, mas mantê-lo pequeno não economiza muita memória, então há poucos benefícios em fazer isso. Cada thread que está no cache de thread ou em espera normalmente usa cerca de 256 KB de memória. Isso não é muito comparado à quantidade de memória que um thread pode usar quando uma conexão está processando ativamente uma consulta. Em geral, você deve manter seu cache de thread grande o suficiente para que Threads\_created não aumente com muita frequência. Se este for um número muito grande, no entanto (por exemplo, muitos milhares de threads), você pode querer diminuí-lo porque alguns sistemas operacionais não lidam bem com um grande número de threads, mesmo quando a maioria deles está inativo (SCHWARTZ, TKACHENKO e ZAITSEV, 2012) – 354 .

* + 1. VALORES PADRAO DA VARIAVEIS

A partir de todas as variáveis anteriormente denominadas, se torna necessário para o estudo deste trabalho centralizar os valores padrão que servirão de ponto de partida para este trabalho.

* 1. TPC-H

O TPC-H é um benchmark de suporte à decisão que consiste em um conjunto de consultas orientadas para os negócios e modificações de dados simultâneas (TPC, 2018). As consultas e os dados que povoam o banco de dados foram escolhidos para ter ampla relevância em todo o setor, mantendo um grau suficiente de facilidade na sua implementação. Alguns tópicos que ilustram esse sistema são (TPC, 2018):

* Examinar grandes volumes de dados;
* Executar consultas com alto grau de complexidade;
* Dar respostas a perguntas de negócios do mundo real;
* Inclui uma ampla variedade de operadores e restrições de seletividade;
* Gerar atividade intensiva por parte do componente servidor de banco de dados do sistema em teste;
* São executados em um banco de dados em conformidade com a população específica e requisitos de escala;

Apesar do fato de que este benchmark oferecer um ambiente rico representativo, estas métricas não refletem toda a gama de requisitos de suporte à decisão já que que o desempenho relativo deste sistema em produção provalvamente varia de acordo com esses e outros fatores como por exemplo, a carga de trabalho, requisitos de aplicativos específicos e da implementação de sistemas (TPC, 2018).

* + 1. ENTIDADES E RELACIONAMENTOS DO BANCO DE DADOS

As tabelas e relacionamentos que compõem o esquema do banco de dados do benchmark TPC-H são representados por CUSTOMER, NATION, PART, PARTSUPP, REGION, SUPPLIER, ORDERS e LINEITEM. Estas tabelas, assim como os seus relacionamentos são ilustrados na figura abaixo (TPC, 2018).

* + 1. GERAÇÃO DOS DADOS E POPULAÇÃO DAS TABELAS

Figura – Modelo do TPC-H – (TPC, 2018)

A geração dos dados para popular a base do benchmark TPC-H, é realizada através da ferramenta escrita em ANSI C denominada de DBGEN (Database Generator). Este programa, depois de compilado e executado, tem a função de automatizar a criação dos dados para população das.

O tamanho do banco de dados é definido com referência ao Scale Factor (fator de escala) igual a 1, ou seja, representando uma base de dados com tamanho de aproximadamente 1 GB. Assim, os espaços de armazenamento aproximados dos fatores de escala geralmente utilizados são 1 GB, 10 GB, 30 GB, 100 GB, 300 GB, 1000 GB, 3000 GB, 10.000 GB, 30000 GB ou 100000 GB.

O fator de escala escolhido para a geração do banco de dados, é multiplicado pelo tamanho de cada tabela, como se pode ver na tabela 1.

Tabela 3 - Tamanho Estimado Banco de Dados Fator Escala 10GB (em tuplas)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| TABELA | TUPLAS | TUPLAS \* FS |
| SUPPLIER | 10000 | 100000 |
| PART | 200000 | 2000000 |
| PARTSUPP | 800000 | 8000000 |
| CUSTOMER | 150000 | 1500000 |
| ORDERS | 1500000 | 15000000 |
| LINEITEM | 6001215 | 59986052 |
| NATION | 25 | 25 |
| REGION | 5 | 5 |
| TOTAL | 8661245 | 86586132 |

Os valores do resultante do produto TUPLAS \* FS podem ser encontrados na parte superior de cada tabela, de acordo com a figura 3 (TPC, 2018).

Neste momento, com a base totalmente criada e populada, já é possível a realização de medição dos tempos das consultas.

1. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS
   1. METODOLOGIA

A metodologia de elaboração deste trabalho está dividida nas seguintes etapas:

* Etapa 1: Utilização do Modelo Entidade Relacionamento (MER) indicado pelo padrão TPC-H;
* Etapa 2: Instalação e configuração dos bancos de dados;
* Etapa 3: Criação e população das tabelas de uma base de dados de tamanho de 10GB e outra de 1GB;
* Etapa 4: Execução das consultas nestas bases recém-criadas utilizando as configurações que vêm por padrão no MySQL depois de instalado;
* Etapa 5: Proposição de novos valores das variáveis com base nos estudos bibliográfico;
* Etapa 6: Alteração dos valores das variáveis de configuração do MYSQL proposta neste trabalho;
* Etapa 6: Execução novamente das consultas propostas pelo benchmark TPC-H;
* Etapa 7: Coleta e análise de resultados.
  1. AMBIENTE DE TESTES

Para a realização dos testes foi utilizado o sistema com as seguintes características no que tange aos softwares utilizados:

* OS: Debian GNU/Linux 10 (Buster) x86\_64;
* Kernel: 4.19.0-10-amd64;
* MySQL: 8.0.21 for Linux on x86\_64 (MySQL Community Server - GPL);
* Engine utilizado nas tabelas: InnoDB;
* Packages: 1426 (dpkg);
* Shell: bash 5.0.3;
* DE: XFCE4;

Já no que se refere ao hardware, o teste foi executado nas seguintes configurações:

* CPU: AMD Ryzen 3 2200G (4) @ 3.500GHz;
* GPU: AMD ATI Radeon Vega Series / Radeon Vega Mobile Seri;
* Memória do Sistema: 15026 MB;
* Disk /dev/sda: 111.8 GiB, 120034123776 bytes, 234441648 sectors
* Disk model: KINGSTON SA400S3
* Units: sectors of 1 \* 512 = 512 bytes
  1. COLETA DE DADOS

Para medição do tempo médio de cada consulta foi implementado um script (arquivo) .sql que automatiza a repetição de uma determinada consulta.

Do ponto de vista estatístico, quanto maior o número de testes mais próximo da realidade o benchmark se torna. Porém, este número de repetições (iterações) não pode ser alto, uma vez que comprometeria o prazo de entrega deste teste. Desta forma, foram realizadas 30 (trinta) repetições da mesma consulta objetivando obter o tempo médio de determinada consulta. O resultado ao final da execução do script, é obtido o resultado dos tempos acumulados da consulta executada. Assim, para se determinar o tempo de cada consulta, deve-se subtrair o tempo atual com o valor da iteração anterior.

* + 1. BASE DE DADOS NÃO OTIMIZADA DE 10 GB

Como exemplo, os valores de retorno da primeira consulta (Query 01) quando executadas na base de dados de tamanho de 10 GB são apresentados na tabela abaixo:

Tabela 4 – Tempos de consulta da Query 01 da Base de Dados de 10 GB

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Iteração | Tempo Acumulado (segundos) | Tempo Absoluto (segundos) | Tempo Absoluto (minutos) |
| 1 | 138,45 | 138,45 | 2,31 |
| 2 | 277,03 | 138,58 | 2,31 |
| 3 | 415,54 | 138,51 | 2,31 |
| 4 | 554,01 | 138,47 | 2,31 |
| 5 | 692,57 | 138,56 | 2,31 |
| 6 | 831,18 | 138,61 | 2,31 |
| 7 | 969,78 | 138,60 | 2,31 |
| 8 | 1.108,32 | 138,54 | 2,31 |
| 9 | 1.246,98 | 138,66 | 2,31 |
| 10 | 1.385,55 | 138,57 | 2,31 |
| 11 | 1.524,24 | 138,69 | 2,31 |
| 12 | 1.662,76 | 138,52 | 2,31 |
| 13 | 1.801,35 | 138,59 | 2,31 |
| 14 | 1.939,96 | 138,61 | 2,31 |
| 15 | 2.078,59 | 138,63 | 2,31 |
| 16 | 2.217,34 | 138,75 | 2,31 |
| 17 | 2.355,86 | 138,52 | 2,31 |
| 18 | 2.494,44 | 138,58 | 2,31 |
| 19 | 2.633,06 | 138,62 | 2,31 |
| 20 | 2.771,71 | 138,65 | 2,31 |
| 21 | 2.910,31 | 138,60 | 2,31 |
| 22 | 3.048,89 | 138,58 | 2,31 |
| 23 | 3.187,48 | 138,59 | 2,31 |
| 24 | 3.326,09 | 138,61 | 2,31 |
| 25 | 3.464,60 | 138,51 | 2,31 |
| 26 | 3.603,12 | 138,52 | 2,31 |
| 27 | 3.741,71 | 138,59 | 2,31 |
| 28 | 3.880,45 | 138,74 | 2,31 |
| 29 | 4.018,96 | 138,51 | 2,31 |
| 30 | 4.157,68 | 138,72 | 2,31 |

* + 1. VALORES DOS TEMPO MÉDIO DE TODAS AS CONSULTAS DA BASE DE DADOS NÃO OTIMIZADA DE 10 GB

Nesta etapa depois de concluído o teste da base dados de 10 GB, os valores dos tempos gastos das consultas no banco de dados não otimizado de tamanho 10 GB são representados na tabela abaixo:

Tabela 5 - Tempo Médio das Consultas da Base de Dados não Otimizada de tamanho 10 GB

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Consulta | Média do Tempo Acumulado (segundos) | Média do Tempo Absoluto (s) | Média do Tempo Absoluto (minutos) |
| 1 | 2.147,93 | 138,59 | 2,31 |
| 2 | 2.145,27 | 138,41 | 2,31 |
| 3 | 1.002,43 | 57,55 | 0,96 |
| 4 | 247,00 | 12,93 | 0,21 |
| 5 | 624,00 | 37,32 | 0,62 |
| 6 | 341,48 | 21,37 | 0,35 |
| 7 | 362,16 | 21,02 | 0,35 |
| 8 | 359,68 | 21,85 | 0,36 |
| 9 | 4.375,18 | 269,60 | 4,49 |
| 10 | 359,68 | 21,85 | 0,36 |
| 11 | 75,88 | 4,91 | 0,08 |
| 12 | 599,28 | 34,83 | 0,18 |
| 13 | 2.433,88 | 157,14 | 2,62 |
| 14 | 521,64 | 31,47 | 0,18 |
| 15 | 717,24 | 46,29 | 0,15 |
| 16 | 89,39 | 5,78 | 0,10 |
| 17 | 180,83 | 11,87 | 0,14 |
| 18 | 550,82 | 33,10 | 0,55 |
| 19 | 66,86 | 3,85 | 0,07 |
| 20 | 201,54 | 11,12 | 0,19 |
| 21 | 1.257,41 | 78,84 | 1,31 |
| 22 | 37,01 | 2,16 | 0,03 |

* + 1. BASE DE DADOS NÃO OTIMIZADA DE 1 GB

Da mesma forma que realizada na base dados de tamanho de 10 GB, os valores obtidos do retorno da primeira consulta (Query 01) quando executadas na base de dados de tamanho de 1 GB são apresentados na tabela abaixo:

Tabela - Tempos de consulta da Query 01 da Base de Dados de 1 GB

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Iteração | Tempo Acumulado (segundos) | Tempo Absoluto (segundos) | Tempo Absoluto (minutos) |
| 1 | 13,44 | 13,44 | 0,22 |
| 2 | 26,92 | 13,48 | 0,22 |
| 3 | 40,52 | 13,6 | 0,23 |
| 4 | 54,22 | 13,7 | 0,23 |
| 5 | 67,74 | 13,52 | 0,23 |
| 6 | 81,32 | 13,58 | 0,23 |
| 7 | 94,88 | 13,56 | 0,23 |
| 8 | 108,43 | 13,55 | 0,23 |
| 9 | 122,04 | 13,61 | 0,23 |
| 10 | 135,62 | 13,58 | 0,23 |
| 11 | 149,26 | 13,64 | 0,23 |
| 12 | 162,92 | 13,66 | 0,23 |
| 13 | 176,52 | 13,6 | 0,23 |
| 14 | 190,05 | 13,53 | 0,23 |
| 15 | 203,66 | 13,61 | 0,23 |
| 16 | 217,29 | 13,63 | 0,23 |
| 17 | 230,84 | 13,55 | 0,23 |
| 18 | 244,25 | 13,41 | 0,22 |
| 19 | 257,86 | 13,61 | 0,23 |
| 20 | 271,29 | 13,43 | 0,22 |
| 21 | 284,85 | 13,56 | 0,23 |
| 22 | 298,46 | 13,61 | 0,23 |
| 23 | 312,01 | 13,55 | 0,23 |
| 24 | 325,56 | 13,55 | 0,23 |
| 25 | 339,08 | 13,52 | 0,23 |
| 26 | 352,73 | 13,65 | 0,23 |
| 27 | 366,28 | 13,55 | 0,23 |
| 28 | 379,86 | 13,58 | 0,23 |
| 29 | 393,4 | 13,54 | 0,23 |
| 30 | 406,97 | 13,57 | 0,23 |

* + 1. VALORES DOS TEMPO MÉDIO DE TODAS AS CONSULTAS DA BASE DE DADOS NÃO OTIMIZADA DE 1 GB

Nesta etapa depois de concluído o teste da base dados de 1 GB, os valores dos tempos gastos das consultas no banco de dados não otimizado de tamanho 1 GB são representados na tabela abaixo:

Tabela 7 - Tempo Médio das Consultas da Base de Dados não Otimizada de tamanho 1 GB

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Consulta | Média do Tempo Acumulado (segundos) | Média do Tempo Absoluto (s) | Média do Tempo Absoluto (minutos) |
| 1 | 210,28 | 13,57 | 0,23 |
| 2 | 1,65 | 0,11 | 0 |
| 3 | 18,14 | 1,11 | 0,02 |
| 4 | 9,06 | 0,58 | 0,01 |
| 5 | 13,51 | 0,86 | 0,01 |
| 6 | 27,62 | 1,78 | 0,03 |
| 7 | 11,98 | 0,77 | 0,01 |
| 8 | 37,08 | 2,39 | 0,04 |
| 9 | 26,91 | 1,65 | 0,03 |
| 10 | 18,5 | 1,15 | 0,02 |
| 11 | 2,02 | 0,12 | 0 |
| 12 | 40,33 | 2,6 | 0,04 |
| 13 | 44,59 | 2,88 | 0,05 |
| 14 | 27,51 | 1,77 | 0,03 |
| 15 | 58,57 | 3,78 | 0,06 |
| 16 | 5 | 0,32 | 0,01 |
| 17 | 4,22 | 0,27 | 0 |
| 18 | 41,22 | 2,66 | 0,04 |
| 19 | 2,79 | 0,17 | 0 |
| 20 | 12,91 | 0,81 | 0,01 |
| 21 | 11,87 | 0,76 | 0,01 |
| 22 | 3,57 | 0,21 | 0 |

* + 1. RELAÇÃO ENTRE TODAS AS BASES DE DADOS

Depois de todos os testes, os valores obtidos de todos os bancos criados estão representados na tabela abaixo:

Tabela – Relação entre as médias de todas as bases de dados

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1GB | | | | 10GB | | |
|
| Consulta | Media do Tempo (segundos) – Sem alteração | Media do Tempo (segundos) – Depois da alteração | Percentual de Ganho ou perda | Media do Tempo (segundos) – Sem alteração | Media do Tempo (segundos) – Depois da alteração | Percentual de Ganho ou perda |
| 1 | 13,83 | 13,5657 | -1,91% | 138,5893 | 135 | -2,59% |
| 2 | 0,106 | 0,105 | -0,94% | 138,4093 | 1,368 | -99,01% |
| 3 | 4,4657 | 1,1135 | -75,06% | 57,549 | 89,5033 | 55,53% |
| 4 | 0,58 | 0,5827 | 0,46% | 12,9313 | 7,305 | -43,51% |
| 5 | 2,7257 | 0,8626 | -68,35% | 37,322 | 11,4407 | -69,35% |
| 6 | 2,08 | 1,7807 | -14,39% | 21,37 | 20,2969 | -5,02% |
| 7 | 1,7817 | 0,7714 | -56,70% | 21,0213 | 9,077 | -56,82% |
| 8 | 6,5713 | 2,3937 | -63,57% | 21,8473 | 30,7483 | 40,74% |
| 9 | 7,5917 | 1,6473 | -78,30% | 269,6007 | 377,461 | 40,01% |
| 10 | 1,762 | 1,152 | -34,62% | 21,8473 | 14,1997 | -35,01% |
| 11 | 0,4513 | 0,1237 | -72,60% | 4,9117 | 1,9287 | -60,73% |
| 12 | 3,015 | 2,5993 | -13,79% | 34,8333 | 132,0593 | 279,12% |
| 13 | 1,515 | 2,8777 | 89,94% | 34,8333 | 35,5354 | 2,02% |
| 14 | 1,5233 | 1,7743 | 16,48% | 31,4677 | 105,8877 | 236,50% |
| 15 | 4,4237 | 3,7787 | -14,58% | 46,294 | 39,0483 | -15,65% |
| 16 | 0,5923 | 0,315 | -46,82% | 5,7837 | 3,6267 | -37,29% |
| 17 | 1,2233 | 0,266 | -78,26% | 11,867 | 2,3441 | -80,25% |
| 18 | 3,009 | 2,6623 | -11,52% | 33,1013 | 129,46 | 291,10% |
| 19 | 0,3039 | 0,172 | -43,40% | 3,8523 | 2,284 | -40,71% |
| 20 | 0,81 | 0,2207 | -72,76% | 11,1193 | 6,9877 | -37,16% |
| 21 | 0,81 | 5,199 | 541,85% | 78,8357 | 151,268 | 91,88% |
| 22 | 0,2087 | 0,1633 | -21,73% | 2,162 | 1,76 | -18,59% |

1. ANÁLISE DOS RESULTADOS DA PESQUISA

Ocorrencias em cada banco – números quantidade valores absolutos -- êxito -

Com base nos valores médios dos tempos de consultas, pode-se observar que uma base de dados menor pode sofrer uma maior interferência quando ajustados os valores das variáveis alteradas neste estudo. Mesmo os valores de tempo médio de algumas consultas ter aumentado, na grande maioria dos valores obtidos se mostraram com ganhos no tempo de consulta.

1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo se tornou bastante frutífero, pois foi capaz de demostrar que não se torna determinante o ganho de performance nas consultas apenas aumentando a memória disponível para o SGBD.

Fluxo do trabalho resumido desde o início até o final - Quais objetivos específicos – retomando – limitações – diferenças que poderiam ser feitas – possibilidades de pesquisas sobre este tema – o que deixou de ser feito devido a recursos. Contribuições com foram atingidas – trabalhos futuros.

1. REFERÊNCIAS

ALEXSANDRO MATIAS DE ALMEIDA. Como instalar do LAMP no Ubuntu. **SempreUpdate**, 2019. Disponivel em: <https://sempreupdate.com.br/como-instalar-do-lamp-no-ubuntu/>. Acesso em: 19 Julho 2020.

ALEXSANDRO MATIAS DE ALMEIDA. GitHub. **TPCH**, 2020. Disponivel em: <https://github.com/alexsandro-matias/TPC-H.git>. Acesso em: 01 Agosto 2020.

ATANAZIO, J. **PostgreSQL - SQL Básico**. [S.l.]: [s.n.], 2019. Disponivel em: <https://github.com/juliano777/pgsql\_fs2w/blob/master/postgresql\_sql\_basico.pdf>. Acesso em: 10 Outubro 2020.

CABRAL, S.; MURPHY, K. **MySQL Administrator’s Bible**. Indianapolis: Wiley, 2009.

DAVID DUCOS. Percona. **InnoDB Buffer Pool Resizing:** Chunk Change, 2018. Disponivel em: <https://www.percona.com/blog/2018/06/19/chunk-change-innodb-buffer-pool-resizing/>. Acesso em: 08 Janeiro 2021.

DB-ENGINES. **DB-Engines Ranking**, 14 Junho 2020. Disponivel em: <https://db-engines.com/en/ranking>. Acesso em: 14 Junho 2020.

MYSQL. **MySQL 8.0 Reference Manual**, 09 Setembro 2020. Disponivel em: <https://downloads.mysql.com/docs/refman-8.0-en.pdf>. Acesso em: 2020.

RAMAKRISHNAN, R.; GEHRKE, J. **Sistemas de Gerenciamento Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados**. São Paulo: McGraw-Hill, 2009.

SCALEGRID. **What is an InnoDB Buffer Pool?**, 2018. Disponivel em: <https://scalegrid.io/blog/calculating-innodb-buffer-pool-size-for-your-mysql-server/>. Acesso em: 08 Janeiro 2020.

SCHWARTZ, B.; TKACHENKO, ; ZAITSEV,. **High Performance MySQL**. Third Edition. ed. Sebastopol: O’Reilly Media, 2012.

TARGETTRUST. **Performance e Otimização de Banco de Dados MySQL**, 2017. Disponivel em: <http://materiais.targettrust.com.br/ebook-otimizacao-banco-de-dados-mysql-lp>. Acesso em: 19 Setembro 2020.

TPC. **BENCHMARK (Decision Support) Standard Specification Revision**, 2018. Disponivel em: <http://www.tpc.org/tpc\_documents\_current\_versions/pdf/tpc-h\_v2.18.0.pdf>.

WIKIPEDIA. **David DeWitt**, 14 Julho 2020. Disponivel em: <https://en.wikipedia.org/wiki/David\_DeWitt>. Acesso em: 01 Setembro 2020.