

Armazenamento de Dados Abertos com NoSQL: Um estudo de caso com Dados do Bolsa Família e NoSQL Cassandra

Jorge Luiz Andrade

Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso

Universidade de Brasília

7 de dezembro de 2017

Introdução

Fundamentação Teórica

- Dados Abertos

- NoSQL

- Modelos NoSQL

- Cassandra

Metodologia

- Bolsa Família

- Modelo de Dados

- Arquitetura do Ambiente

- Aplicação

Resultados

- Carga de Dados

- Consultas

Conclusão

- Resultados

- Trabalhos futuros

- Bibliografia

Introdução

Introdução

Bancos não relacionais, conhecidos como NoSQL, tem se tornado uma alternativa para o armazenamento de grandes volumes de dados em ambientes distribuídos.

Problema

Órgãos da administração pública brasileira disponibilizam seus dados de forma aberta na *web*. Entretanto, o grande volume desses dados pode gerar um desempenho não satisfatório ao se realizar inserções e consultas em um banco de dados relacional.

Hipótese

O uso de múltiplas máquinas em um ambiente Cassandra distribuído pode oferecer uma melhora do desempenho que justifique sua utilização na análise de dados abertos.

Introdução

Objetivos

Comparar o desempenho de um banco Cassandra para inserções e consultas em diferentes tamanhos de *cluster* e de volumes de dados;

- ▶ Desenvolver uma aplicação para inserção e busca dos dados do Bolsa Família;
- ▶ Realizar testes de inserção e busca com diferentes configurações;
- ▶ Comparar o desempenho do Cassandra nas diferentes configurações;

Fundamentação Teórica

Dados Abertos

Contextualização e Características

- ▶ Conceito de dados abertos surgiu em 1995, no contexto de abertura de dados geofísicos e ambientais;
- ▶ *Open Knowledge Foundation* define um dado como aberto se qualquer pessoa está livre para acessá-lo, utilizá-lo, modificá-lo e compartilhá-lo;

Dados Abertos

Classificação

Tim Berners-Lee propôs em 2010 o princípio de cinco estrelas para classificação de dados abertos:

- ▶ **1 estrela:** O dado está disponível na Internet, em qualquer formato, acompanhado de licença aberta.
- ▶ **2 estrelas:** O dado está disponível de maneira estruturada, em um formato que permita sua leitura por máquinas.
- ▶ **3 estrelas:** Deve estar em formato não proprietário.
- ▶ **4 estrelas:** Deve estar dentro dos padrões estabelecidos pela W3C para identificar recursos, que podem ser apontados por outras pessoas.
- ▶ **5 estrelas:** Ter conexão com outros dados para fornecer contexto.

Dados Abertos

Dados Governamentais

Governo tem papel fundamental devido à grande quantidade de dados que coleta.

- ▶ Transparência;
- ▶ Vida Pessoal;
- ▶ Econômica;
- ▶ Eficiência governamental;

Contexto Brasileiro

- ▶ *Open Government Partnership*, aliança de 65 países firmada em 2011;
- ▶ Portal dados.gov.br;
- ▶ INDA (Infraestrutura Nacional de Dados Abertos), conjunto de padrões, tecnologias, procedimentos e mecanismos de controle, criada em 2012;

Bancos de Dados

NoSQL

Modelos relacionais possuem restrições, como as propriedades ACID e Normalização, gerando problemas de escalabilidade e rigidez de esquema.

- ▶ Termo utilizado pela primeira vez em 1998(Strozzi NoSQL)
- ▶ Evitam complexidade desnecessária;
- ▶ Buscam alto rendimento, escalabilidade e disponibilidade;

NoSQL

Teorema CAP

Proposto em 2000 por Eric Brewer, define limitações em sistemas distribuídos;

- ▶ Consistência;
 - ▶ Disponibilidade;
 - ▶ Tolerância a partições;
-
- ▶ Revisado em 2012 também por Eric Brewer;

Modelos NoSQL

Chave-Valor

Consiste em uma tabela *hash*, com consultas a um valor a partir de uma chave.

- ▶ Berkeley DB;
- ▶ Amazon DynamoDB;

Modelo Orientado a Documentos

Acesso à um documento de esquema flexível a partir de uma chave.

- ▶ CouchDB;
- ▶ MongoDB;

Modelos NoSQL

Modelo Orientado a Grafos

Dados altamente conectados, com consultas baseadas em relacionamentos.

- ▶ Neo4j
- ▶ OrientDB

Modelo Orientado a Colunas

Dados armazenados em famílias de colunas. Possui esquema flexível, permitindo a modificação de colunas a qualquer momento.

- ▶ HBase
- ▶ **Cassandra**

Cassandra

Histórico

- ▶ Criado em 2007 pelo *Facebook*, buscando alta performance, confiabilidade, eficiência e que suportasse contínuo crescimento;
- ▶ Aberto em 2008 e adotado pela *Apache* em 2009;
- ▶ Utilizado por companhias como *Netflix* e *Spotify*;

Cassandra

Características

- ▶ **Distribuído e Descentralizado:** Execução em múltiplas máquinas, utilizando protocolos *peer-to-peer*;
- ▶ **Elasticamente Escalável:** Suporta adição e remoção de máquinas de forma transparente;
- ▶ **Altamente disponível e Tolerante a falhas:** Replicação e redundância de dados;
- ▶ **Variavelmente consistente:** Consistência ajustada por aplicação;

Cassandra

Características

- ▶ *Keyspace* contendo famílias de colunas, ou tabelas;
- ▶ Tabelas são agrupamentos de colunas;
- ▶ Colunas são compostas por um nome, valor e um *timestamp*;
- ▶ Linguagem CQL, introduzida na versão 0.8;

Metodologia

Metodologia

Programa Bolsa Família

Programa de transferência de renda criado em 2003.

Em 2016, atendia 13,9 milhões de famílias, que recebiam uma média de R\$182,00 cada, totalizando R\$27,4 bilhões.

- ▶ Dados disponibilizados no Portal da Transparência;
- ▶ Arquivos mensais em formato .csv;

Metodologia

Dados Utilizados

Foram utilizados um total de trinta arquivos, referentes aos meses de Julho de 2014 a Dezembro de 2016. Os arquivos totalizam 16Gib de tamanho e cerca de 14 mil registros.

Campo	Utilizado	Tipo
UF	Sim	Text
Código SIAFI Município	Sim	Int
Nome Município	Sim	Text
Código Função	Não	-
Código Subfunção	Não	-
Código Programa	Não	-
Código Ação	Não	-
NIS Favorecido	Sim	Bigint
Nome Favorecido	Sim	Text
Fonte-Finalidade	Sim	Text
Valor Parcela	Sim	Double
Mês Competência	Sim	Timestamp

Metodologia

Modelo de Dados

- ▶ Fator de replicação de 1 (sem tolerância a falhas);
- ▶ *SimpleStrategy* (*datacenter* único);
- ▶ Criação do ambiente com uso de CQL;

Código 1: Código CQL para criação do keyspace

```
CREATE KEYSPACE bolsa_familia WITH replication
    ↪ = {'class': 'SimpleStrategy', '
    ↪ replication_factor': 1};
```

Modelo de Dados

- ▶ `nis_favorecido`, `periodo` e `valor` identificam unicamente cada registro;

Código 2: Código CQL para criação da tabela

```
CREATE TABLE bolsa_familia.dados (uf TEXT,  
  ↳ periodo TIMESTAMP, valor DOUBLE,  
  ↳ nis_favorecido BIGINT, cod_municipio INT,  
  ↳ fonte TEXT, nome_favorecido TEXT,  
  ↳ nome_municipio TEXT, PRIMARY KEY(  
  ↳ nis_favorecido , periodo , valor));
```

Metodologia

Arquitetura do Ambiente

- ▶ *Cluster* composto por seis máquinas Intel i5-4570 3.20GHz, 16GB de RAM, com sistema operacional Ubuntu;
- ▶ Cliente Cassandra versão 3.0.4;
- ▶ Configuração do arquivo *cassandra.yaml*;

Configurações do Linux:

- ▶ Remoção do limite de memória;
- ▶ Aumento do limite do número de arquivos abertos;
- ▶ Desativação do *swap*;

Código 3: Configuração cassandra.yaml

```
cluster_name: 'BolsaFamilia_C2M_FR1'

num_tokens: 256

partitioner: org.apache.cassandra.dht.
    ↪ Murmur3Partitioner

seed_provider:
- class_name: org.apache.cassandra.locator.
    ↪ SimpleSeedProvider
parameters:
- seeds: "164.41.40.35"

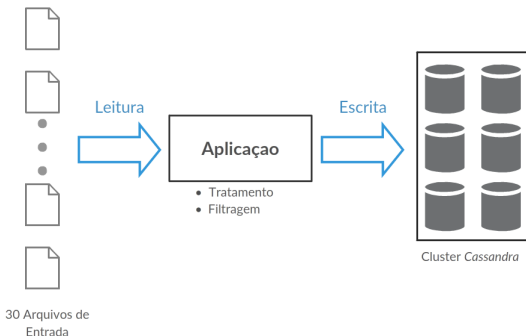
endpoint_snitch: SimpleSnitch
```

Metodologia

Desenvolvimento da Aplicação

Foi desenvolvida uma aplicação em Java responsável pela leitura dos arquivos de entrada, inserção no banco e busca de dados:

- ▶ *Driver Datastax;*
- ▶ Tratamento e filtragem dos campos;
- ▶ Interações com o banco por meio de CQL;



Resultados

Resultados

Carga dos Dados

A aplicação desenvolvida realiza a filtragem dos campos e tratamento dos valores:

- ▶ Remoção do separador de milhares(,) em Valor Parcela;
- ▶ Alteração do padrão de data de MM/AAAA para DD/MM/AAAA;

Foi realizada a carga com dois volumes de dados, correspondentes a dezoito e trinta meses do programa Bolsa Família.

Tabela: Volume de dados

Carga	Tamanho
18 meses	8,79 GB
30 meses	14,69 GB

Resultados

Carga dos Dados

- ▶ Inserção realizada com uso do *driver* da *Datastax*, por meio de query CQL, tendo seus parâmetros substituídos;
- ▶ Em cada configuração de *cluster* foram realizadas 10 repetições das operações de inserção;

Código 4: Código CQL para inserção

```
INSERT INTO bolsa_familia.dados (uf,  
    ↪ cod_municipio, nome_municipio,  
    ↪ nis_favorecido, nome_favorecido, fonte,  
    ↪ valor, periodo) VALUES (?, ?, ?, ?, ?, ?,  
    ↪ ?, ?)
```

Resultados

Tempos de Inserção

Tabela: Tempos de Inserção

Volume	2 nós	4 nós	6 nós
18 meses	1h	55m	52m
30 meses	2h31m	2h19m	2h06m

Tabela: Comparativo

Volume	2 para 4 máquinas	4 para 6 máquinas	Média
18 meses	8,70%	4,22%	6,46%
30 meses	8,13%	8,94%	8,54%

Resultados

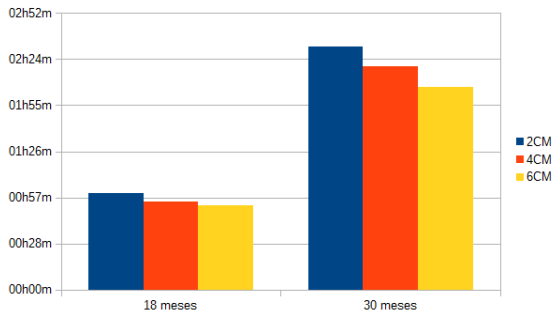


Figura: Tempos de Inserção

Resultados

Consultas

- ▶ As consultas também foram realizadas por meio do *driver* da *Datastax*. Foram realizadas 30 consultas, buscando um registro específico por chave primária, escolhido de forma aleatória.
- ▶ Em cada configuração de *cluster* foram realizadas 10 repetições das operações de busca;

Código 5: Código CQL para consulta

```
SELECT * FROM dados WHERE nis_favorecido =  
    ↪ 00020915229557 AND periodo = '2014-07-01'  
    ↪ AND valor = 147.00
```

Resultados

Tempos de Consulta

Tabela: Tempos de Consulta

Volume	2 nós	4 nós	6 nós
18 meses	10,26 s	1,95 s	1,73 s
30 meses	12,98 s	4,38 s	1,43 s

Tabela: Comparativo

Volume	2 para 4 máquinas	4 para 6 máquinas	Média
18 meses	81,00%	11,41%	46,20%
30 meses	66,21%	67,48%	66,85%

Resultados

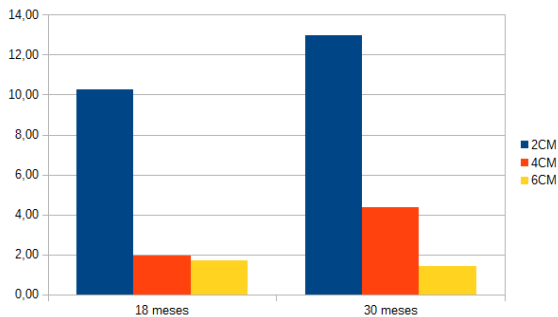


Figura: Tempos de Consulta

Resultados

Tempos de Consulta

O gráfico a seguir apresenta os resultados das dez consultas efetuadas em cada configuração do *cluster* com volume de dados de 18 meses.

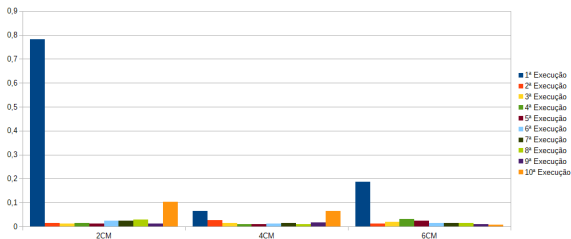


Figura: Detalhamento dos tempos de consulta

Conclusão

Conclusão

Resultados

Comparação do aumento do número de máquinas:

- ▶ Melhora média de 7,5% na inserção dos dados;
- ▶ Melhora média de 56,53% na busca dos dados;

Conclusão

Trabalhos Futuros

- ▶ Isolamento da rede no ambiente utilizado;
- ▶ Comparação com outros bancos;
- ▶ Implementar diferentes modelagens no banco Cassandra;

Bibliografia



C.J. Date.

An Introduction to Database Systems.

Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA, 8 edition, 2003.



Eben Hewitt.

Cassandra: The Definitive Guide.

O'Reilly Media, 2016.



Seiji Isotani and Ig I. Bittencourt.

Dados Abertos Conectados.

Novatec, 2015.



Pramod J. Sadalage and Martin Fowler.

NoSQL Essencial.

Novatec, 2013.