

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE INFORMÁTICA

ANA LETÍCIA HERCULANO DA SILVA

**Técnicas e Critérios de Testes em uma
Aplicação de Banco de Dados
Relacioanal
Estudo de Caso**

Goiânia
2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE INFORMÁTICA

**AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE TRABALHO DE
CONCLUSÃO DE CURSO EM FORMATO ELETRÔNICO**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, **AUTORIZO** o Instituto de Informática da Universidade Federal de Goiás – UFG a reproduzir, inclusive em outro formato ou mídia e através de armazenamento permanente ou temporário, bem como a publicar na rede mundial de computadores (*Internet*) e na biblioteca virtual da UFG, entendendo-se os termos “reproduzir” e “publicar” conforme definições dos incisos VI e I, respectivamente, do artigo 5º da Lei nº 9610/98 de 10/02/1998, a obra abaixo especificada, sem que me seja devido pagamento a título de direitos autorais, desde que a reprodução e/ou publicação tenham a finalidade exclusiva de uso por quem a consulta, e a título de divulgação da produção acadêmica gerada pela Universidade, a partir desta data.

Título: Técnicas e Critérios de Testes em uma Aplicação de Banco de Dados Relacional – Estudo de Caso

Autor(a): Ana Letícia Herculano da Silva

Goiânia, 03 de Julho de 2017.

Ana Letícia Herculano da Silva – Autor

Dr. Cássio Leonardo Rodrigues – Orientador

Dr. Edmundo Sérgio Spoto – Co-Orientador

ANA LETÍCIA HERCULANO DA SILVA

Técnicas e Critérios de Testes em uma Aplicação de Banco de Dados Relacionaional

Estudo de Caso

Trabalho de Conclusão apresentado à Coordenação do Curso de Sistemas de Informação do Instituto de Informática da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Área de concentração: Teste de Software.

Orientador: Prof. Dr. Cássio Leonardo Rodrigues

Co-Orientador: Prof. Dr. Edmundo Sérgio Spoto

Goiânia
2017

ANA LETÍCIA HERCULANO DA SILVA

Técnicas e Critérios de Testes em uma Aplicação de Banco de Dados Relacioanal

Estudo de Caso

Trabalho de Conclusão apresentado à Coordenação do Curso de Sistemas de Informação do Instituto de Informática da Universidade Federal de Goiás como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação, aprovada em 03 de Julho de 2017, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:

Prof. Dr. Cássio Leonardo Rodrigues
Instituto de Informática – UFG
Presidente da Banca

Prof. Dr. Edmundo Sérgio Spoto
Instituto de Informática – UFG

Profa. Dra. Luciana de Oliveira Berretta
Instituto de Informática – UFG

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador(a).

Ana Letícia Herculano da Silva

Graduanda em Sistemas de Informação na UFG - Universidade Federal de Goiás. Durante sua graduação, participou do projeto de homologação de PAF-ECF (Programa Aplicativo Fiscal - Emissor de Cupom Fiscal), prestando consultoria em homologação e teste de software para empresas de todo o Brasil. Possui certificação CTFL (Certified Tester, Foundation Level) e atuou em empresas goianas de software, especificamente na área de teste de software. Possui experiência com sistemas de escrituração fiscal, documentos fiscais eletrônicos (NF-e, CT-e e afins), GRP (Government Resource Planning) e ITSM (IT Service Management). Atualmente trabalha como Analista de Testes em um sistema voltado para glosa de convênios hospitalares.

Dedico este trabalho ao meu querido Prof. Dr. Edmundo Sérgio Spoto, por ter me apresentado a área de testes, pela qual hoje sou apaixonada, e ao Danilo Guimarães, que é minha inspiração diária dentro da área de Tecnologia da Informação.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente aos meus pais, Umbelina Luzia Herculano e José Pereira da Silva, que incontestavelmente sempre me nutriram de amor, carinho e atenção para que eu pudesse alcançar meus objetivos. Também aos meus irmãos, Gustavo e Júlia Pereira Herculano, por me esperarem acordados, a chegar em casa a noite após a aula para um abraço e beijo de boa noite, os quais eu amo incondicionalmente.

Agradeço imensamente ao meu marido Danilo Guimarães Justino Lemes pela força, paciência, companheirismo e amor depositados para que eu tenha superado todos os desafios. Sem seu apoio eu não conseguiria.

Deixo minha gratidão aos amigos que conquistei durante essa jornada: a Daniel Melo, que nunca mediu esforços para me ajudar, com sua sabedoria, paciência e sensatez admirável. Ao Bruno Nogueira, sempre disposto a colaborar com seu conhecimento e sua incrível agilidade. A Jéssica Milene, que amenizou o sofrimento dessa jornada com seu carisma contagiante. Vocês são história, que carrego comigo com bastante carinho.

Agradeço ao meu co-orientador Prof. Dr. Edmundo Sérgio Spoto, que com sua dedicação, experiência e conhecimento, soube me guiar com confiança de bons resultados, e aprendizados para uma vida inteira. Sem sua instrução não poderia ter alcançado este objetivo.

Agradeço a Deus pela sabedoria a mim concedida e a saudável vida de minha avó, Erci Dias Herculano, que sempre zelou pelo meu bem.

Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes.

Marthin Luther King Jr.,
Pastor, ativista político, notório líder do movimento dos direitos civis dos negros e Nobel da Paz de 1964.

Resumo

Silva, Ana Letícia Herculano da. **Técnicas e Critérios de Testes em uma Aplicação de Banco de Dados Relacioanal**. Goiânia, 2017. 79p. Relatório de Graduação. Instituto de Informática, Universidade Federal de Goiás.

A garantia de qualidade de um software é importante para agregação de valor aos clientes que o utilizam. Uma das fases para a obtenção dessa qualidade é a de Testes de Software. O testes de software pode ser aplicado em diferentes níveis e de diferentes técnicas. A proposta para aumentar a confiabilidade do software é aplicar técnicas de testes funcional ou baseado em erros ou estrutural com base nas dependência de dados e integridade das informações trabalhadas no Banco de Dados. Muitas vezes todas as técnicas podem ser aplicadas de forma complementar, já que nenhuma inclui a outra. Neste Trabalho foi aplicado um estudo de caso de um software real, onde é aplicado técnicas e critérios de testes funcional e teste de mutantes em uma Aplicação de Banco de Dados Relacional. São apresentados a contextualização teórica, um estudo de caso, os resultados obtidos e uma análise geral desses resultados.

Palavras-chave

Teste de Software, Banco de Dados, Teste Funcional e Teste de Mutantes

Abstract

Silva, Ana Letícia Herculano da. **Testing Techniques and Criteria in a Relational Database Application - A Case Study**. Goiânia, 2017. 79p. Relatório de Graduação. Instituto de Informática, Universidade Federal de Goiás.

Software quality assurance is important for adding value to users who use it. One of the phases to obtain this quality is Software Testing. The software testing can be applied at different levels and using different techniques. The proposal to increase the reliability of the software is the application of testing techniques, can be functional or structural or based on errors (Mutation). Often the techniques can be applied in a complementary way, since there is no technique that is able to cover all aspects of the system. This paper contains a case study of real software, where the techniques functional testing criteria and mutant testing are applied in a Relational Database Application. (RDA) We present the theoretical contextualisation necessary to understand the case study, applied techniques and a general analysis of the results obtained. This work contributes to the understanding and practice of testing techniques in the RDA.

Keywords

Software Testing, Databases, Fuctional Testing, Mutants Testing

Sumário

Lista de Figuras	11
Lista de Tabelas	12
1 Introdução	13
1.1 Objetivos	14
1.2 Motivação	14
1.3 Organização do trabalho	14
1.4 Lista de abreviaturas e siglas	15
2 Teste de Software	17
2.1 Conceitos de Teste de Software	17
2.2 Técnicas e Critérios de Teste de Software	18
2.3 Teste Funcional	19
2.4 Teste de Mutação	21
3 Banco de Dados	23
3.1 Restrições de Banco de Dados	24
3.1.1 Restrições de Domínio	25
3.1.2 Restrições de Integridade Semântica	25
3.1.3 Restrições de Integridade Referencial e de Chave Primária	26
3.2 Aplicações de Banco de Dados	27
3.3 Linguagem de Banco de Dados	27
4 Técnicas de Testes aplicadas em Banco de Dados Relacional	29
4.1 Critérios de Teste Funcional em Aplicações de Banco de Dados	29
4.1.1 Critérios Para Testes Intra - Tabelas	30
4.1.2 Critérios Para Testes Inter-Tabelas	30
4.2 Técnica de Teste Mutante em Banco de Dados	31
5 Estudo de Caso	33
6 Plano de Teste	36
6.1 Plano de Testes Baseado no Teste Funcional em BDR	36
6.1.1 Testes Intra - Tabelas	36
6.1.2 Testes Inter - Tabelas	44

7	Resultados obtidos	46
7.1	Casos de Testes Intra-Tabelas	46
7.2	Casos de Testes Inter-Tabelas	46
7.3	Análise dos Resultados Obtidos na Técnica Funcional	46
7.4	Aplicação de Teste de Mutantes em Scripts de Banco de Dados (SQL)	48
7.4.1	Caso 1	49
7.4.2	Caso 2	50
7.4.3	Caso 3	53
7.5	Análise dos Resultados obtidos em Testes de Mutante	54
8	Conclusão e trabalhos futuros	56
	Referências Bibliográficas	58
A	Script de criação da base de dados	60
B	Script de Inserção inicial no Banco	64
C	Scripts dos casos de testes	67
D	Scripts dos Testes de Mutantes	73

Lista de Figuras

3.1	Principais elementos de uma relação	24
3.2	Tabela de critérios de Testes Funcionais para Banco de Dados propostos por Souza, 2008[19]	27
4.1	Tabela das perspectivas dos critérios de Souza (2008)[19] em comparação sobre os critérios propostos	31
5.1	Diagrama Entidade-Relacionamento do software objeto do estudo de caso	34
6.1	Restrição de Domínio de Atributo da tabela <i>empresa</i>	39
6.2	Restrição de Domínio de Atributo da tabela <i>filial</i>	39
6.3	Restrição de Domínio de Atributo da tabela <i>conta</i>	40
6.4	Restrição de Domínio de Atributo da tabela <i>plano</i>	40
6.5	Restrição de Domínio de Atributo da tabela <i>conta-plano</i>	41
6.6	Restrição de Domínio de Atributo da tabela <i>preco-modulo</i>	41
6.7	Restrição de Domínio de Atributo da tabela <i>matriz-empresa-modulo</i>	42
6.8	Restrição de Domínio de Atributo da tabela <i>usuario</i>	42
6.9	Restrição de Domínio de Atributo da tabela <i>grupo</i>	43
6.10	Restrição de Domínio de Atributo da tabela <i>grupo-permissao</i>	43
6.11	Restrição de Domínio de Atributo da tabela <i>conta</i>	43
6.12	Restrição de Integridade Referencial entre as tabelas <i>empresa</i> , <i>filial</i> e <i>matriz_empresa_modulo</i>	44
6.13	Restrição de Integridade Referencial entre as tabelas <i>empresa</i> , <i>conta_plano</i> e <i>conta</i> .	44
6.14	Restrição de Integridade Referencial entre as tabelas <i>conta_plano</i> , <i>plano</i> e <i>preco_modulo</i>	45
6.15	Restrição de Integridade Referencial entre as tabelas <i>usuario</i> , <i>grupo</i> , <i>usuario_grupo</i> e <i>grupo_permissao</i> .	45
7.1	Restrição de Unicidade (a), Integridade de Domínio (b), Integridade Referencial(c) e Total (d).	48
	(b) Integridade de domínio.	48
	(d) Total.	48
7.2	Definição de Operadores Utilizados	49
7.3	Porcentagem de Mutantes gerados por grupo	54

Lista de Tabelas

6.1	Restrição de Chave Primária : Restrição de Unicidade	37
6.2	Restrição de Chave Primária : Restrição de Entidade	38
7.1	Comparação entre os 3 critérios utilizados	47
7.2	Execução dos Mutantes Caso1	52
7.3	Execução dos Mutantes Caso2	52
7.4	Execução dos Mutantes Caso3	55
7.5	Relação de Mutantes gerados nos exemplos	55

Introdução

A onipresença de software ao redor do planeta é indiscutível. Produzimos e, principalmente, consumimos em uma escala inimaginável até mesmo pelos mais otimistas de tempos passados. Vivemos em constante contato, mesmo que às vezes seja um contato discreto e inconsciente. Lidamos com software ao acordarmos, ao usarmos um elevador, ao entrarmos em nossos veículos, durante o trabalho, ao comprar uma passagem aérea, ao agendar um quarto de hotel. Ele está no celular, na TV, no carro, em relógios e até em roupas. Em nossas residências, no banco, no hospital, na loteria e no *happy hour* da sexta-feira à noite. É até complexo imaginar uma atividade cotidiana em que não envolva nenhum tipo de interação com algum tipo de sistema.

Um software basicamente, a grosso modo, faz duas coisas: cálculos e manipulação de dados. Os cálculos são realizados em uma unidade processadora (CPU, GPU etc) em conjunto com memórias de rápido acesso, e geralmente o estado do processamento precisa ser armazenado em um meio persistente para posterior recuperação. Desde a década de 70, com a introdução do conceito de base de dados relacional proposto por Codd[3] e com os trabalhos posteriores a ele, esta tem sido a opção mais comumente adotada em projetos de software: persistir informações em um banco de dados relacional.

A qualidade do software aos poucos vem ocupando espaço no seu processo de desenvolvimento. O teste de software em si é a principal etapa para que a qualidade seja garantida. Testes unitários e funcionais (geralmente manuais), são frequentemente os mais exercitados nos projetos. Porém, o teste de banco de dados raramente é realizado, quando muito, conhecido.

Foram realizados alguns trabalhos e pesquisa com base nas diversas técnicas de testes, importantes para a realização deste trabalho em si.

Souza, 2008[19] realizou uma pesquisa a qual foi a base para alguns critérios de testes aplicados neste trabalho. Ela propôs alguns critérios de testes em Banco de Dados Relacionais baseados na especificação de requisitos através da UML. Para apoiar a aplicação dos conjuntos de critérios propostos, foi desenvolvido uma abordagem denominada mapeamento Conceitual de Informação. Esse mapeamento foi o resultado de estudo e pesquisa para chegar a conclusão da importância dos critérios para se testar um ABDR.

Cabeça, et. al, 2008[2] definiram que o teste de mutação em [SQL](#) é uma das formas de contribuição para a detecção de defeitos não detectados no banco de dados e que podem resultar em corrupção irrecoverável dos dados e [SQL](#) é a interface mais ampla usada em aplicações de banco de dados. Eles realizaram experimento em [SQL](#) com teste de mutantes que pode constatar uma boa contribuição na detecção de defeitos.

1.1 Objetivos

O objetivo deste trabalho é mostrar diferentes técnicas de testes que podem ser aplicadas em um banco de dados relacional e apontar quais benefícios cada técnica pode trazer na detecção de defeitos. Mostrar que as duas técnicas utilizadas neste trabalho são complementares para que uma aplicação de banco de dados relacional possa alcançar níveis mais satisfatórios de qualidade. Os objetivos específicos são:

- Mostrar como cada técnica funciona;
- Mostrar como são gerados os planos de Testes de cada Técnica;
- Mostrar a execução de cada técnica em um BDR;
- Realizar uma análise de cada técnica, comparando os resultados obtidos;

1.2 Motivação

Grande parte dos testes aplicados atualmente levam em consideração apenas o código fonte do software ou o executável. Poucos se preocupam em realizar testes no Banco de Dados e nas partes do código que se relacionam com o Banco de Dados. O exemplo de [ABDR](#) utilizado neste trabalho, foi extraído de uma empresa que não realizam as técnicas de testes no [BDR](#). Sendo assim foi com esse intuito gerar essa demonstração aplicando as técnicas de testes funcional e de mutantes aplicados em Banco de Dados, para assim manter a integridade de seus dados.

1.3 Organização do trabalho

Esse trabalho foi organizado da seguinte forma:

- No Capítulo 1 foi apresentado uma introdução sobre testes em Banco de Dados que são referenciados por vários trabalhos anteriores,
- No Capítulo 2 foram colocados as principais teorias que serão utilizadas sobre Teste de Software,
- No Capítulo 3 foram elencadas as características essenciais de um Banco de Dados, com foco em Banco de Dados Relacional,

- No Capítulo 4 foram apresentadas as técnicas de testes de Banco de Dados Relacional,
- No Capítulo 5 foram apresentados um estudo de caso,
- No Capítulo 6 são mostrados os planos de testes das duas técnicas utilizadas (Funcional e Mutantes),
- No Capítulo 7 são apresentados os resultados obtidos e, por fim,
- no Capítulo 8 são apresentadas as conclusões e trabalhos futuros.

1.4 Lista de abreviaturas e siglas

ABDR Aplicação de Banco de Dados Relacional

BD Banco de Dados

BDR Banco de Dados Relacional

CPU Central Processing Unit

DB Database

DBMS Database Management System

DDL Data Definition Language

DER Diagrama Entidade Relacionamento

DML Data Manipulation Language

FK Foreign Key

GPU Graphical Processing Unit

MER Modelo Entidade Relacionamento

PK Primary Key

RDBMS Relational Database Management System

SGBD Sistema Gerenciador de Banco de Dados

SQL Structured Query Language

UML Unified Modeling Language

Teste de Software

2.1 Conceitos de Teste de Software

Com o passar do tempo, o desenvolvimento de software requer **níveis** de qualidade cada vez maiores, a estabilidade do produto em um momento crítico - por exemplo, ganha a confiança do cliente e do produto. Uma das garantias da qualidade esperada é o teste do software.

Embora durante o processo de desenvolvimento de software possam ser utilizadas técnicas, critérios e ferramentas a fim de evitar que erros sejam introduzidos no produto de software, a atividade de teste continua sendo de fundamental importância para eliminação de erros que persistem (Maldonado, 1991)[10]. Por isso, o teste de software é um elemento crítico para a garantia da qualidade do produto e representa a última revisão de especificação, projeto e codificação (Pressman, 2002) [14].

O teste de software consiste em uma verificação dinâmica de que o programa provê comportamentos esperados, dado um conjunto finito de casos de testes (SWEBOK V3, 2014) [21].

O processo de teste focaliza os aspectos lógicos internos do software, garantindo que todos os comandos sejam testados (teste estrutural), e os aspectos externos funcionais; isto é, conduz testes para descobrir erros e garantir que entradas definidas produzirão resultados reais, que concordam com os resultados exigidos (Pressman, 2002)[14].

Os testes podem ser aplicados em diferentes níveis através dos processos de construção e de manutenção. Os níveis podem ser distinguidos com base no propósito, ou no alvo do que se quer testar. O alvo do teste pode ser uma simples função (ou método), um módulo, um conjunto de módulos ou até mesmo o sistema inteiro.

O nível mais elementar de alvo de teste é o chamado teste unitário, ou teste de unidade. Consiste basicamente em checar o comportamento de uma função isoladamente. Tipicamente, testes unitários ocorrem com acesso ao código-fonte e com o suporte de ferramentas de debugging. Frequentemente, mas nem sempre é verdadeiro, os próprios desenvolvedores são responsáveis pela condução do teste unitário.

O próximo alvo são os testes de integração, onde um sistema é colocado em uma situação onde depende de um outro sistema, ou um conjunto de sistemas. Um exemplo básico de integração é checar se a camada de persistência de um software está se comunicando adequadamente com o software gerenciador do banco de dados.

E por último, o teste de sistema é o mais abrangente de todos e foca no comportamento do sistema como um todo, de forma que as integrações estejam coesas e que os resultados esperados sejam alcançados. Testes de sistema também são comumente utilizados para avaliar aspectos não-funcionais do sistema, tais como segurança, performance e tolerância à falhas. Interfaces externas, equipamentos de hardware e ambientes operacionais são geralmente exercitados durante esse tipo de teste.

Para a realização de testes é preciso criar casos de testes especificando as entradas de dados que devem ser implantadas no sistema, cada entrada gera uma determinada saída com declarações do que está sendo testado no sistema e os dados de testes são as entradas geradas automaticamente. A saída é analisada e comparada com o resultado esperado ou previsto por quem entende o que o sistema executa. Se apontar a presença de defeitos é depurado e feito correção do mesmo (Sommerville, 2008)[18].

2.2 Técnicas e Critérios de Teste de Software

É importante ressaltar que as técnicas de teste devem ser vistas como complementares e a questão está em como utilizá-las de forma que as vantagens de cada uma sejam melhor exploradas, possibilitando uma estratégia que leve a uma atividade de teste de boa qualidade, ou seja, eficaz e de baixo custo (Howden, 1987)[8]. Segundo Modesto (2006)[11], as técnicas e critérios de teste fornecem ao desenvolvedor uma abordagem sistemática e teoricamente fundamentada para se conduzir e avaliar a qualidade do teste de software. Dentre as várias técnicas existentes, pode-se destacar as técnicas de teste estrutural, funcional e baseada em erro.

Apresenta-se, a seguir, uma definição para cada uma das técnicas citadas acima (Pressman, 2002)[14]:

- **Teste Funcional:** Também chamado de caixa-preta ou comportamental, focaliza os requisitos funcionais do software. O teste caixa-preta permite ao engenheiro de software derivar conjuntos de condições de entrada que vão exercitar plenamente todos os requisitos funcionais de um programa.
- **Teste Estrutural:** Também chamado de caixa-branca, é um método de projeto de casos de teste que usa a estrutura de controle do projeto procedimental para derivar casos de teste. Usando métodos de teste caixa-branca, o engenheiro de software pode derivar casos de teste que: (1) garantam que todos os caminhos independentes

de um módulo tenham sido exercitados pelo menos uma vez; (2) exercitam todas as decisões lógicas em seus lados verdadeiros e falsos; (3) executam todos os ciclos nos seus limites e dentro de seus intervalos operacionais; e (4) exercitam as estruturas de dados internas para garantir a sua validade.

- Baseada em erros: O objetivo do teste baseado em erros em um sistema é projetar testes que tenham uma grande probabilidade de descobrir erros sutis. Como o produto ou sistema deve satisfazer a requisitos do cliente, o planejamento preliminar necessário para realizar este tipo de teste começa com o modelo de análise. O testador procura erros sutis (aspectos da implementação do sistema que podem resultar em defeitos), para determinar se esses erros existem, casos de teste são projetados para exercitar o projeto ou código.

Neste trabalho será abordada apenas a técnica de Teste Funcional, sendo que a mesma servirá como base para a proposta: Teste Funcional em Banco de Dados.

Formalmente, critérios de teste definem qual é o conjunto de elementos requeridos do software que devem ser exercitados (Rocha et al, 2001)[16].

De um modo bem específico, serve para direcionar a atividade de teste e tomar decisões relativas ao teste. Os critérios de teste podem ser usados de duas maneiras:

- Critério de seleção (também chamado de critério de geração): quando o critério é utilizado para selecionar um conjunto de dados de teste;
- Critério de adequação (também chamado de critério de cobertura): quando o critério é utilizado para avaliar a qualidade de um conjunto de dados de teste. (Modesto - 2006)[11]

2.3 Teste Funcional

O teste funcional avalia o sistema do ponto de vista do usuário, isto é, não considera a estrutura interna ou a forma de implementação do sistema, olhando-se o Software apenas através de suas interfaces. Sendo este o único tipo de teste possível quando não se dispõem do código-fonte do sistema. Os erros encontrados através do teste funcional são: erros de interfaces, funções incorretas, erros na estrutura de dados ou no acesso a dados externos, erros de desempenho e erros de iniciação ou finalização (Crespo, et al., 2000)[4].

Dadas às entradas, as saídas são examinadas, se as saídas não são aquelas previstas, pode-se dizer que o teste detectou com sucesso um problema no Software. O problema enfrentado pelos responsáveis dos testes é selecionar as entradas que tenham grande possibilidade de provocarem comportamento anômalo. Além de demonstrar a operacionalidade das funcionalidades do sistema, e adequação da saída em relação à

entrada o teste caixa preta serve também para demonstrar que a integridade da informação externa, por ex.: uma base de dados é mantida (Pressman, 2006)[15].

Na Técnica de teste funcional os critérios mais conhecidos são Particionamento de Equivalência, análise do Valor Limite e Grafo Causa-Efeito. Esses critérios de testes podem ser aplicados em todas as fases de testes, e não levam em consideração a implementação.

Segundo Pressman (2006)[15], o critério Particionamento em Classes de Equivalência, é um método de teste caixa-preta, que divide o domínio de entrada por meio das condições de especificações de um determinado programa em classes de dados (classes de equivalência), das quais casos de testes são derivados. Este critério divide-se, portanto, em duas funções: identificar classes de equivalência; definir os casos de teste a partir das classes de equivalência.

De acordo com Rocha et al. (2004)[16], a identificação das classes de equivalência é feita derivando-se cada condição de entrada, obtida na especificação, para a criação de dois tipos de classes: válidas (entradas válidas esperadas do programa); e inválidas (outros possíveis valores associados à condição, ou seja, entradas não esperadas) (Myers, 1976)[12].

Pressman (2006)[15] apresenta algumas definições para as classes de equivalência. Se uma variável de entrada exigir o:

- Uso de intervalos: uma classe válida e duas inválidas são definidas, ou seja, um valor inválido seria bem abaixo do limite inferior e bem acima do limite superior;
- Uso de valor específico: uma classe válida e duas inválidas são definidas; ou seja, o próprio valor (válido) e um valor inferior e outro superior (inválido);
- Uso de um elemento de um conjunto: uma classe válida (dentro do conjunto) e uma inválida (fora do conjunto) são definidas; ? Uso de booleano: uma classe válida (V ou F) e uma inválida (diferente de V ou F) são definidas.

Após a identificação das classes válidas e inválidas, cada uma delas é enumerada para serem elaborados os casos de testes. Para Pressman (2006)[15] e Rocha et al. (2004), o Particionamento em Classes de Equivalência busca produzir casos de teste que descubram diversas classes de erros, podendo-se desta forma, reduzir o número total de casos.

Já a Análise do Valor Limite é um outro critério de teste caixa-preta que utiliza as abordagens do Particionamento em Classes de Equivalência como complemento, assim, tornando-o mais sistemático Pressman (2006)[15].

De acordo com Meyers (2004)[13], a experiência mostra que casos de teste que exploram condições limites têm uma maior probabilidade de encontrar defeitos. Tais condições correspondem a valores que estão exatamente sobre ou imediatamente acima ou abaixo dos limitantes das classes de equivalência.

O critério Análise do Valor Limite também exercita as condições de entrada, deriva-se também, casos de teste para o domínio de saída (Myers, 1976)[12].

De acordo com Pressman (2006)[15], as diretrizes para a Análise do Valor Limite são semelhantes ao critério de Particionamento em Classes de Equivalência, a seguir:

- Se uma condição de entrada especificar um intervalo limitado pelos valores a e b, casos de teste devem ser projetados com valores a e b, logo acima e logo abaixo de a e b;
- Se uma condição de entrada especificar diversos valores, são criados casos de teste para exercitar valores mínimos e máximos. Os valores logo abaixo e logo acima do mínimo e do máximo são testados;

Aplicação para as condições de saída, da primeira e segunda diretriz; ? Se as estruturas internas de dados do programa têm limites identificados, deve ser projetado um caso de teste para exercitar essa estrutura de dados no seu limite.

Com essas condições, o testador que aplica essas diretrizes, o teste será mais sistemático e completo, tendo uma maior probabilidade de encontrar defeitos.

2.4 Teste de Mutação

O Teste de mutação ou análise de Mutantes, como também é conhecido, é um critério de testes da técnica baseada em defeitos. Nessa técnica são utilizados defeitos típicos do processo de implementação de software para que sejam derivados os requisitos de testes. No caso de testes de mutação, o programa ou o script que está sendo testado é alterado diversas vezes incluindo um pequeno defeito, gerando um mutante. Desta forma cria-se um conjunto de programas alternativos ou mutantes, como se defeitos fossem inseridos no programa original. O trabalho do testador é escolher casos de testes que mostrem a diferença de comportamento entre o programa original e o programa mutante, quando existir uma entrada de dados. Assim como nas demais técnicas, cada mutante determina um subdomínio do domínio de entrada, formado por aqueles dados capazes de distinguir o comportamento do programa original e do mutante. A diferença, nesse caso, é que cada subdomínio está claramente relacionado com a capacidade de revelar um defeito específico. (Delamaro et al. 2007)[6]

Segundo Javier (Tuya et al 2006)[22] a análise de mutação consiste em gerar um grande número de programas alternativos chamados mutantes, cada um com um defeito simples que consiste em uma única mudança sintática no programa original.

Em (Cabeça, et al, 2008)[2] foram gerados operadores de mutação com base em 5 itens importantes que sempre estão presentes nas aplicações de Banco de Dados sendo:

Operador Matemáticos (+, -, *, /, %), Operadores de Comparação (<, >, =, <>), Operador Conjuntivos, Operadores Lógicos (and, or) e Operador de Negação (not).

Os mutantes são criados transformando o código fonte usando um conjunto de regras definidas (operadores de mutação) que são desenvolvidos para induzir alterações de sintaxe simples com base em erros que os programadores geralmente fazem ou para forçar metas de teste comuns. Cada mutante é executado com os dados de teste e quando produz uma saída incorreta (a saída é diferente da do programa original), o mutante é dito ser morto. Um caso de teste é dito ser eficaz se ele mata alguns mutantes que ainda não foram mortos por qualquer um dos casos de teste executados anteriormente. Alguns mutantes sempre produzem a mesma saída que o programa original, portanto nenhum caso de teste pode matá-los. Diz-se que estas mutações são mutantes equivalentes

Banco de Dados

Atualmente todas as empresas que utilizam algum software para administração de seus negócios precisam manter seus dados armazenados e protegidos de alguma maneira. O acesso a esses dados muitas vezes necessitam de agilidade e confiabilidade, para quem o utiliza.

Elmasri e Navathe (2005)[7], explicam que Banco de Dados é uma coleção de dados com relacionados, ele é projetado, construído e são inseridos dados nele. Os dados são fatos que podem ser gravados e possui um significado implícito. O Banco de Dados pode ser de qualquer tamanho e sua complexidade pode ser variável. Um **SGBD** é uma coleção de programas que permite ao usuário criar, acessar e modificar esses programas. Ele facilita a definição, construção, manipulação e compartilhamento do BD entre aplicações e usuários diversos. Algumas funções importantes de um SGBD é a proteção do sistema com relação à falhas, funcionamento e tipos de acessos não autorizados e também a manutenção do BD (Elmasri; Navathe, 2005)[7].

Em 1970 Edgar Frank Codd[3], da IBM, publicou um artigo sobre o modelo relacional baseado em álgebra relacional e cálculos matemáticos, mas somente na década de 80 esse modelo foi disponibilizado, era o Oracle e o SQL/DS (Structured Query Language/Data System) da IBM (International Business Machines). Hoje em dia existem outros tipos de modelo relacional da Oracle, IBM e Microsoft. O SQL/DS atualmente é o DB2 da IBM, o Oracle, o Access da Microsoft, entre outros (Elmasri; Navathe, 2005)[7].

Segundo Spoto(2000)[20] O modelo relacional representa uma base de dados como uma coleção de relações. Informalmente, cada relação pode ser considerada como uma tabela. Existem importantes diferenças entre relações e arquivos; a principal delas é a formação estruturada de seus componentes. Quando uma relação é tratada como uma tabela de valores, cada linha na tabela representa uma coleção de valores de dados relacionados. Esses valores podem ser interpretados como fatos que representam uma entidade do mundo real ou um relacionamento. O nome da tabela e os nomes das colunas são usados para ajudar a interpretar os valores em cada linha da tabela. Por exemplo, uma tabela com nome `EMPLOYEE` armazena valores relacionados aos empregados de uma empresa, onde cada linha contém os dados sobre um determinado empregado. Os

nomes das colunas `emp_id`, `emp_fname`, e `emp_lname` interpretam os valores de dados específicos para cada linha, baseados nos valores de cada coluna. Todos os valores de uma coluna devem ser do mesmo tipo de dados.

No modelo relacional existem quatro termos que são utilizados: domínio, tupla, atributo e relação. Alguns autores definem um domínio D , como um conjunto de valores atômicos, sendo a menor unidade de dado e individual no Modelo Relacional (Elmasri; Navathe, 2005)[7]. Portanto, um domínio é um conjunto de tais valores, todos do mesmo tipo, pois para cada atributo existe um conjunto de valores permitidos, que é o domínio desse atributo (Souza, 2008)[19].

Outra definição a se destacar é de uma relação. Uma relação $R(A_1, A_2, A_3, \dots, A_n)$, o elemento A_1 refere-se aos atributos de uma relação, que é o nome do papel desempenhado por um domínio D . Uma relação $R(A_1, A_2, A_3, \dots, A_n)$, indicada por $r(R)$ é um conjunto de várias tuplas $r\{t_1, t_2, \dots, t_n\}$. Cada n -tuplas é uma lista ordenada de n valores, cada valor é um elemento do domínio (A) ou um valor `null` (Elmasri; Navathe, 2005)[7].

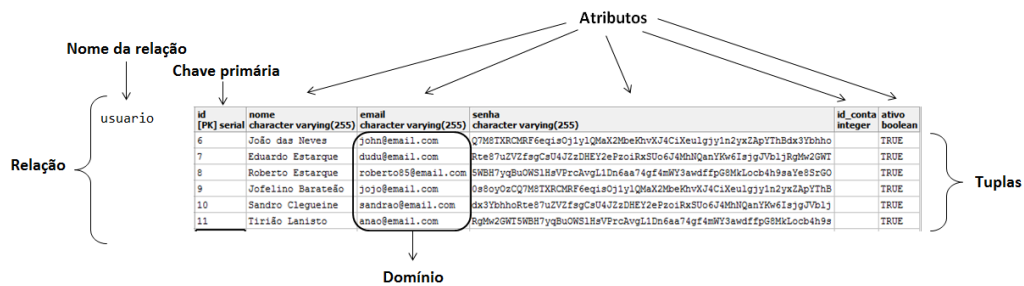


Figura 3.1: Principais elementos de uma relação

As chaves em um modelo de BD relacionais são importantes, pois são elas que distinguem unicamente uma tupla na relação, ou seja, nenhum par de tupla pode ter o mesmo valor para todos os atributos. São atributos que podem ser nomeados como super-chave, candidata, primária e estrangeira, e, caracterizam-se como uma propriedade da relação inteira, e não das tuplas individuais (Silberschatz et al., 2006)[17].

3.1 Restrições de Banco de Dados

Segundo Souza (2008) as restrições de BD são importantes para garantir a integridade e consistência dos dados em um BD Relacional. Elas são classificadas em três tipos de categorias:

- **Restrições inerentes baseadas em modelo:** São restrições inerentes ao modelo de dados;

- **Restrições baseadas em esquemas:** São restrições que podem ser expressas diretamente nos esquemas do modelo de dados, como por exemplo, nas especificações em [DDL](#). A DDL é uma linguagem especial que serve para especificar um esquema de BD, definições e propriedades adicionais de dados (SILBERSCHATZ et al., 2006)[17];
- **Restrições Baseadas em Aplicação:** São restrições que não podem ser expressas em esquemas de modelo de dados, portanto, utilizam os programas de aplicação .

Serão utilizados neste trabalho restrições referente à **Restrições Baseadas em Esquemas**, e seus objetivos são assegurar algumas condições contidas em algumas características de um esquema de BD. Ex.

3.1.1 Restrições de Domínio

Segundo Korth e Silberschatz (1995)[9], restrições de domínio são regras que devem ser testadas pelo sistema, para verificar se os tipos de domínios são compatíveis (ou válidos), como também, possibilitam testar consultas para assegurar que as comparações façam sentidos. Elmasri e Navathe (2005)[7] exemplificam restrições de domínio, no qual, dentro de cada tupla, o valor de cada atributo A deve ser um valor atômico do domínio $Dom(A)$.

Por exemplo, se o tipo de dado de um atributo for inteiro, então o domínio daquela coluna tem que ser inteiro.

A [SQL](#) contém um conjunto restrito de tipos de domínios, que são: cadeia com comprimento de caracteres fixos e especificados pelo usuário; número decimal, especificado pelo usuário o tamanho e o número de casas depois da vírgula; número ou conjunto finito de inteiro dependente da máquina; subconjunto de inteiro pequeno, dependente da máquina; número de ponto flutuante, dependente da máquina; ponto flutuante e número de ponto flutuante com dupla precisão, também, dependente da máquina; formato de datas, representação e processamento de datas (KORTH e SILBERSCHATZ, 1995)[9].

3.1.2 Restrições de Integridade Semântica

Segundo Mello (2003), as restrições de integridade semântica, têm como objetivo abranger não apenas as restrições de tipos de dados de um atributo, mas também, seus valores permitidos e transições de valores válidos, de modo a garantir sua integridade especificada e imposta em um BD relacional. De acordo com Elmasri e Navathe (2005)[7] alguns exemplos básicos de consultas são mostrados para a compreensão desta restrição: o ano de nascimento do funcionário não pode ser menor que 1942; o salário do empregado não pode ser maior que o salário do gerente; o número máximo que o empregado pode

trabalhar por semana é de 48 horas/semanais. Essas restrições devem ser impostas pelos programas de aplicação.

3.1.3 Restrições de Integridade Referencial e de Chave Primária

Os domínios da chave estrangeira de uma relação devem corresponder-se com uma chave primária, independente que seja da mesma relação ou não. A chave estrangeira faz referência à chave primária da tabela relacionada. Para se manter consistência nessa relação é preciso que uma tupla de uma tabela faça referência a uma tupla de outra tabela (ELMASRI e NAVATHE, 2005)[7]. As restrições de integridade referencial baseiam-se nas condições das Chaves Estrangeiras. Essas declaram dois esquemas de relação (tabela) R1 e R2 , sendo que, um conjunto de atributos **FK** da tabela R1 é uma chave estrangeira de R1 , que faz referência à tabela R2 . Assim sendo, estas definições são satisfeitas se garantirem duas regras:

- i) Os atributos FK de R1 têm o mesmo domínio que os atributos da chave primária PK (Primary Key) de R2 ;
- ii) O valor de FK em uma tupla t1 do estado corrente r1 (R1) pode ser um valor de PK de alguma tupla t2 no estado r2 (R2) ou pode ser um valor null (ELMASRI e NAVATHE, 2005).

Segundo Souza (2015), neste contexto, R1 é chamada relação referência, e R2 é a relação referida. Portanto, se essas condições citadas anteriormente forem satisfeitas, uma restrição de integridade referencial de R1 para R2 é garantida.

Souza (2015)[19] em seu trabalho, descreveu um quadro comparando as principais restrições de BD baseadas em esquemas, conforme mostrado na tabela presente na Figura 3.2 :

Restrições	Objetivos	Módulos a serem assegurados
Estruturais de Relacionamentos	A restrição de razão de cardinalidade assegura o número máximo que a instância de relacionamentos das entidades pode participar. A restrição de cardinalidade mínima ou de participação assegura o número mínimo de instâncias de relacionamento em que cada entidade pode participar, ou seja, determina se a existência de uma entidade depende de outra entidade.	Relacionamento binário entre conjuntos de entidades (relações/tabelas) A e B.
Domínio	Assegurar se: os tipos de domínios de atributos são compatíveis (ou válidos); as consultas são relevantes; e se domínios podem conter valores nulos (<i>null</i>).	Domínios (tipos e semântica) de atributos de uma mesma relação/tabela. Ou de uma consulta de mais relações.
Chave Primária	Assegurar que: em duas tuplas distintas não podem ter o mesmo valor para todos os seus atributos chaves; e as chaves não podem conter valores nulos (<i>null</i>).	Atributos chaves de uma única relação/tabela.
Integridade Referencial e Chaves Estrangeiras	Assegurar que um conjunto de atributos em uma determinada relação apareça (referencia) outro conjunto de atributos em outra relação. Assim, pode-se ser mantida a consistência deste relacionamento.	Chave estrangeira em conjuntos de atributos em tuplas de relações/tabelas distintas (relacionamento entre duas relações) ou da mesma relação.
Integridade Semântica	Assegurar a semântica, tipos de dado, valores permitidos e transições de valores válidos para atributos.	Semântica dos atributos, em uma tabela ou relações entre tabelas.
Dependência Funcional	Assegurar o relacionamento de dependência funcional entre dois conjuntos de atributos X e Y a todo tempo.	Conjuntos de atributos dependentes em uma tupla de uma relação/tabela ou relacionamento entre elas..

Figura 3.2: Tabela de critérios de Testes Funcionais para Banco de Dados propostos por Souza, 2008[19]

3.2 Aplicações de Banco de Dados

Gonçalves (2003), diz que uma ABDR é formada por módulos de programas desenvolvidos em uma determinada linguagem de programação, essa linguagem é associada a um SGBD que utiliza o modelo relacional e esse SGBD usa o SQL para manipulação de seus dados.

Spoto (2000)[20] descreve que as ABDR são formadas por um ou vários programas que utilizam diferentes linguagens de programação procedimentais, dependendo do SGBD adotado, e permite a utilização de comandos da linguagem SQL em seu código.

3.3 Linguagem de Banco de Dados

Na Linguagem SQL a estrutura do BDR é definida através da linguagem de definição de dados (DDL), alguns dos comandos utilizados é a criação, exclusão e alteração na tabela, sendo permitido então que os dados sejam manipulados e para

manipular esses dados existe uma linguagem de manipulação de dados (DML) (ABREU E MACHADO, 2000).

Segundo Abreu e Machado (2000), o conceito de DML "permite ao usuário ou a um programa de aplicação, a inclusão, remoção, seleção ou atualização de dados previamente armazenados no banco". E suas operações são *Select*, *Insert*, *Update* e *Delete*.

Para a geração de testes no banco é utilizada a DML, as operações de *Insert*, *Delete* e *Update* podem alterar o estado do banco. Esses comandos de DML podem ser aplicados em um banco de dados, como testes para verificação de restrições de integridades e para qualquer outro tipo de teste que se deseja inserir em um BDR (ABREU e MACHADO, 2000).

O *Insert* é um comando que quando executado inclui novas tuplas à tabela, dependendo do valor inserido ele pode quebrar algumas restrições impostas pelo modelo relacional. Por exemplo, se for inserido um valor de atributo nulo, sendo o atributo chave primária, isso violará a restrição de integridade de entidade, pois em uma chave primária não são permitidos valores nulos (ABREU e MACHADO, 2000).

O *Update* atualiza alguns atributos de uma tupla, em que são selecionados por condições impostas no comando, a utilização do update também possui restrições quanto a não modificar atributos que são chaves primárias e estrangeiras (ABREU e MACHADO, 2000). Segundo Elmasri e Navathe (2005)[7], "modificar um atributo de chave primária é similar a remover uma tupla e inserir outra em seu lugar, porque usamos a chave primária para identificar as tuplas".

O *Delete* remove apenas a tupla, mas pode violar apenas a restrição de integridade referencial. Uma tabela que é referenciada por outra não pode ter remoção de tuplas, pois a tabela que referenciou contém tuplas onde terá atributos que dependem da tabela referenciada (ABREU e MACHADO, 2000)

Em alguns tipos de SGBD, por exemplo, em Banco de Dados transacionais para validar o que foi modificado no banco até o momento, pode ser utilizado o comando COMMIT, este comando valida a transação em execução e a torna visível é um comando utilizado para controle de transações, tornando o dado armazenado persistente. Diferente do comando ROLLBACK que anula as transações feitas, desfaz o trabalho (ELMASRI e NAVATHE, 2005)[7].

Técnicas de Testes aplicadas em Banco de Dados Relacional

4.1 Critérios de Teste Funcional em Aplicações de Banco de Dados

Alguns critérios propostos acima nas seções 4.1 aborda a prática do testes funcionais. Esses testes faz a abordagem especificamente de sistema, e não com características de Banco de Dados, que também podem ser especificadas.

Neste contexto os critérios propostos complementam os critérios tradicionais, pois, além de exercitar o domínio de uma Aplicação de Banco de Dados Relacional eles também exercitam outras características do BD, possibilitando tratar das dependências funcionais de uma ou mais classes, ou seja, possibilita avaliar interações numa mesma classe (intra-classe) ou entre classes distintas (inter-classe) Souza(2008) .

Segundo Harrold e Rothermel (1994), no Teste Funcional intra-classe são testadas as interações entre os métodos públicos fazendo chamada a esses métodos em diferentes sequências. É a integração entre os métodos da mesma classe.

No Teste Funcional inter-classe utiliza-se o mesmo conceito de métodos públicos, porém os métodos não necessitam estar na mesma classe. É a integração entre métodos de classes distintas.

Souza (2008)[19] realizou um estudo com bases nesses critérios, foram apresentados critérios que fazem parte do fluxo funcional intra-classe e fluxo funcional inter-classe . São eles:

- Critérios baseados nas estruturas de Relacionamento:
- Critérios baseados no Domínio de Atributos
- Critérios baseados nas Chaves Primárias
- Critérios baseados na Integridade Referencial
- Critérios baseados na Integridade Semântica
- Critérios baseados na Dependência Funcional

Alguns critérios foram agrupados e tem como objetivo testar as dependências funcionais e restrições de integridades de uma mesma tabela ou de tabelas relacionadas, utilizando as técnicas de intra-tabelas e inter-tabelas (abordaremos classes como Tabelas). Utilizaremos somente os três citados a seguir:

4.1.1 Critérios Para Testes Intra - Tabelas

Baseados no Domínio de Atributos - Para satisfazer a restrição de domínio de atributo, todos os valores do domínio dos atributos têm que respeitar o seu tipo de dado, ou seja, cada coluna de uma tupla tem que possuir o mesmo tipo de dado. O valor de cada atributo deve ser atômico, indivisível (ELMASRI e NAVATHE, 2005).[7]

4.1.2 Critérios Para Testes Inter-Tabelas

Critérios Baseados na Integridade Referencial - Para satisfazer a Restrição de Integridade Referencial, uma chave primária (PK) de uma tupla na tabela B é chave estrangeira (FK) na tabela A, então essas chaves devem ter o mesmo valor e domínio (ELMASRI e NAVATHE, 2005[7]; ABREU e MACHADO, 2000).

Segundo Souza (2008)[19] a comparação entre os critérios é importante para o entendimento de quais características de BD os critérios devem exercitar, além de uma melhor compreensão entre eles. Entretanto, cada critério proposto exercita diferentes perspectivas do BD.

Souza(2008)[19] ainda ilustrou um quadro (Figura 4.1) com algumas comparação, dividindo-se em quatro colunas. A primeira apresenta os dois grupos classificados em fluxos funcionais intra-classe e inter-classe. A segunda coluna destina-se aos critérios em cada perspectiva das características de BD. A terceira coluna destina-se aos sub-critérios. E por fim, a quarta coluna destina-se aos elementos que serão exercitados pelos ERs identificados de acordo com o critério adotado.

A leitura desta tabela pode ser feita da seguinte maneira: Na linha 1, a perspectiva referente ao Critério Funcional Baseado nas Estruturas de Relacionamento é dita exercitada quando T satisfaz os critérios c1 e c3 no fluxo intra-classe, e c2 e c4 no fluxo inter-classe. E os Elementos Requeridos identificados a partir destes critérios exercitam as cardinalidades máximas e mínimas de relacionamentos das tabelas.

Fluxo Funcional	Perspectivas dos critérios – Critério(s) de Teste Funcional	Sub-crterios	Exercicios dos ERs
Intra-Classe Inter-Classe	1. Baseados nas Estruturas de Relacionamento	(c1) cardinalidades-máxima-intra-classe (c2) cardinalidades-máxima-inter-classe	- cardinalidades máximas de relacionamentos.
		(c3) cardinalidades-mínimas-intra-classe (c4) cardinalidades-mínimas-inter-classe	- cardinalidades mínimas de relacionamentos.
	2. Baseados no Domínio de Atributos	(c5) todos-os-valores-padrão	- valores padrão do atributo (valores que iniciam um atributo).
		(c6) todos-os-domínios-atributos-intra-classe (c7) todos-os-domínios-atributos-inter-classe	- tipos de dados do atributo; - condições do atributo; - valores nulos e não nulos do atributo;
Sem Fluxo	3. Baseado nas Chaves Primárias	(c8) todas-as-chaves-primárias	- chaves primárias.
Intra-Classe Inter-Classe	4. Baseados na Integridade Referencial	(c9) todas-as-chaves-estrangeiras-intra-classe (c10) todas-as-chaves-estrangeiras-inter-classe	- cardinalidades de relacionamento; - chaves estrangeiras.
	5. Baseados na Integridade Semântica	(c11) todas-as-semânticas-atributos-intra-classe (c12) todas-as-semânticas-atributos-inter-classe	- condições da semântica do atributo.
	6. Baseados na Dependência Funcional	(c13) todos-os-atributos-dependentes-funcionalmente-intra-classe (c14) todos-os-atributos-dependentes-funcionalmente-inter-classe	- condições de atributos dependentes.

Figura 4.1: Tabela das perspectivas dos critérios de Souza (2008)[19] em comparação sobre os critérios propostos

4.2 Técnica de Teste Mutante em Banco de Dados

De acordo com (Tuya et al, 2006[22]), técnicas de teste de mutação, ajudam o testador a criar dados de teste e avaliar a sua adequação através da inserção sistemática de falhas artificiais em um determinado programa e, em seguida, avaliar a porcentagem de falhas que são detectadas por um determinado conjunto de testes.

Teste de Mutação é uma técnica de teste baseada em defeito, a análise de mutação consiste em gerar um grande número de programas alternativos chamados mutantes, cada um com um defeito simples que consiste em uma única mudança sintática no programa original. Os mutantes são criados transformando o código fonte usando um conjunto de operadores de mutação, que são desenvolvidos para induzir alterações de sintaxe simples com base em erros que os programadores geralmente fazem para forçar metas de teste.

Os operadores de mutação são organizados nas seguintes categorias ou grupos :

- Mutações para as Principais Cláusulas SQL (**SC**)
- Mutações para os operadores que estão presentes em condições e expressões (**OR**)
- Mutações relacionadas ao tratamento de valores NULL (**NL**)
- Substituição de identificadores : referências de coluna, constantes e parâmetros (**IR**)

Cada categoria define vários operadores de mutação ou tipos de mutantes identificados por Letras maiúsculas. Como a maioria dos operadores podem ser aplicadas em diferentes cláusulas SQL, cada tipo ainda é decomposto em subtipos , cada subtipo refere-se a um diferente operador de mutante quando é aplicado a uma dada Cláusula .

O Grupo (**SC**) como exemplo, tem o subtipo (**SUB** - Subdividir predicados). As subconsultas são normalmente usadas em predicados na forma geral de Expressão Relacionamento Predicativo, onde *e* é o construtor do valor da linha (geralmente um atributo ou expressão), *R* é um operador relacional =, <>, <, <,> *p* é uma palavra-chave que representa o predicado e *Q* é a subconsulta. Três tipos de predicados podem ser

formados dependendo do tipo da palavra-chave *p*. Como exemplo: Tipo II (substituição de IN, NOT IN).

Outro exemplo é o subtipo pertencente ao grupo (**OR**). Os operadores **OR** adaptam e estendem os operadores de modificação de expressão. O objectivo destes mutantes é detectar erros lógicos nas cláusulas **WHERE** e **HAVING**. Como subtipos temos :

- **ROR** - Substituição do operador relacional. Cada ocorrência de um dos operadores relacionais é substituída por cada um dos outros operadores;
- **LCR** - Operador de conector lógico. Cada ocorrência de um dos operadores lógicos (AND, OR) é substituída por cada um dos outros operadores;
- **LKE** - As possíveis combinações de condições de string na forma de *LIKEs* são infinitas, uma vez que *s* é um padrão de busca. Portanto, as mutações serão restringidas ao exercício do comportamento dos operadores curingas %, _ (o símbolo de percentagem significa para qualquer string de caracteres e os meios de sublinhado para um caractere individual).

Existem outros subtipos listados em (Tuya, et al, 2006)[22] que não serão apresentados neste trabalho como exemplo. Para execução dos testes usaremos estes que foram listados acima.

Estudo de Caso

O estudo de caso utilizado para exemplo é de um sistema de gestão comercial real em desenvolvimento pela empresa Oobj Tecnologia de Informação[5].

O sistema foi construído com a finalidade de controlar as licenças dos clientes e parceiros que utilizam outros produtos de software comercializados pela empresa. Será necessário realizar integrações com demais sistemas da empresa, tais como ERP, CRM, Financeiro, Operação, etc afim de garantir o cruzamento dos dados para tomada de decisão. Novos módulos comercializados serão ativados nesse sistema para que o cliente possa usufruir, bem como o bloqueio previsto em contrato em casos de inadimplência. O **BD** possui 14 (quatorze) tabelas que são:

- empresa,
- filial,
- conta,
- plano,
- conta_plano,
- preco_modulo,
- matriz_empresa_modulo,
- usuario,
- grupo,
- usuario_grupo,
- grupo_permissao,
- schema_version,
- email_log e
- licencas_parametros

O **DER** do software de Licenças é apresentado na Figura 5.1:

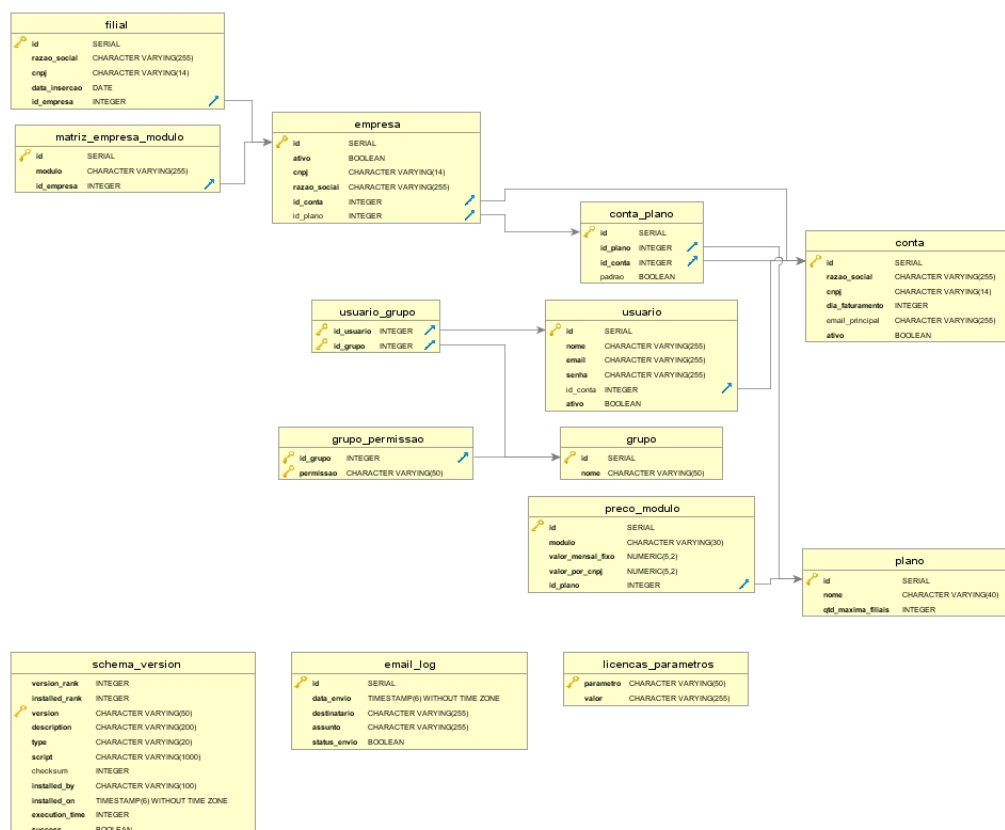


Figura 5.1: Diagrama Entidade-Relacionamento do software objeto do estudo de caso

De acordo com o DER apresentado na Figura 5.1, a tabela *empresa* está relacionada às empresas que irão receber a licença de uso. Geralmente são clientes ou outras empresas parceiras (software-houses), a tabela *filial* indica as filiais que uma empresa pode ter. Cada registro de *filial* está relacionado com um e apenas um registro de *empresa*.

Da mesma forma a tabela *conta* indica a conta na qual a empresa está inserida. Uma conta pode conter várias empresas, como por exemplo, quando um cliente possui um grupo de empresas distintas (CNPJ's bases distintos), mas todas elas pertencem a mesma conta. Em contrapartida, uma empresa só pode pertencer a uma única conta.

A tabela *plano* determina a quantidade máxima de CNPJ's que cada plano possuirá. Cada plano se adequa a realidade da empresa: micro, pequena, média, grande, multi-nacional etc.

Na tabela *conta_plano* fica a relação da conta com o plano na qual ela foi "vinculada", que tem o relacionamento direto com a tabela *conta* e com a tabela *plano*.

A tabela *preco_modulo* mostra qual valor que cada módulo tem para um determinado plano, para assim o pagamento ser efetuado de acordo com cada plano do cliente.

A tabela *matriz_empresa_modulo* relaciona os módulos que uma determinada empresa possui. Cada módulo pode ser um produto ou serviço diferente que a empresa

contratou.

A tabela `usuario` é o onde são armazenados os dados dos usuários do sistema.

A tabela `grupo` descreve um grupo de usuários. Geralmente, utilizado para agrupar usuários de um mesmo departamento ou função.

A tabela `usuario_grupo` indica em qual grupo o usuário está incluído.

A tabela `grupo_permissao` indica quais permissões de módulos que um grupo de usuários possui no sistema.

A tabela `schema_version` é a tabela para versionamento e controle de versão da base de dados. Ela é mantida automaticamente pelo framework Flyway[1].

A tabela `email_log` registra o histórico de alertas de emails enviados pelo sistema. Persiste informações tais como status do envio de email (sucesso ou falha), destinatário etc.

A tabela `licencas_parametros` armazena os parâmetros de configuração do sistema. É basicamente um mapa chave-valor (nome do parâmetro e seu respectivo valor)

A partir deste DER iremos realizar vários Casos de Testes Funcionais para exercitar alguns critérios de Teste Funcional de Banco de Dados de Souza[19]. Esses critérios serão apresentados no próximo capítulo. Bem como serão realizados alguns scripts de de Banco de dados para mostrar os efeitos do teste de mutantes em [SQL](#), de forma a mostrar como o teste de Mutantes é realizado.

Plano de Teste

6.1 Plano de Testes Baseado no Teste Funcional em BDR

Segundo (Souza, 2008 apud Vilela, 2007[19]), os Elementos Requeridos (ERs), são requisitos que satisfazem o teste, e eles são identificados através dos critérios de testes.

Os elementos requeridos mostrados nas seções a seguir são baseados nos critérios propostos na seção 4.1, sobre restrições e capítulo 4, utilizando as técnicas de teste funcional, por partição, por classes de equivalência e análise do valor limite.

6.1.1 Testes Intra - Tabelas

Na Tabela 6.1 são apresentados os elementos requeridos pelo critério Restrição de Unicidade.

Na Tabela 6.2 são apresentados os elementos requeridos pelo critério Restrição de Entidade. Nesta tabela são mostradas as chaves primárias de cada Entidade usada no exemplo da Figura 5.1.

Nas Figuras 6.1 a 6.10 são apresentados os elementos requeridos pelo Domínio de Atributos das tabelas definidas no estudo de caso da Figura 5.1

Tabela 6.1: Restrição de Chave Primária : Restrição de Unicidade

Tabela	Atributo	Classes válidas	Classes inválidas	Saída esperada
empresa	id	Duas tuplas não podem ter o mesmo valor de chave primária do atributo <i>id</i>	Duas tuplas possuem o mesmo valor de chave primária	A chave primária da tabela empresa é única, então o BD respeitou a restrição de unicidade
empresa	cnpj	Duas tuplas não podem ter o mesmo valor para o atributo <i>cnpj</i>	Duas tuplas possuem o mesmo valor para o atributo <i>cnpj</i>	O atributo <i>cnpj</i> da tabela empresa é único, então o BD respeitou a restrição de unicidade
empresa	razao_social	Duas tuplas não podem ter o mesmo valor para o atributo <i>razao_social</i>	Duas tuplas possuem o mesmo valor para o atributo <i>razao_social</i>	O atributo <i>razao_social</i> da tabela empresa é único, então o BD respeitou a restrição de unicidade
filial	id	Duas tuplas não podem ter o mesmo valor de chave primária do atributo <i>id</i>	Duas tuplas possuem o mesmo valor de chave primária	A chave primária da tabela filial é única, então o BD respeitou a restrição de unicidade
filial	cnpj	Duas tuplas não podem ter o mesmo valor para o atributo <i>cnpj</i>	Duas tuplas possuem o mesmo valor para o atributo <i>cnpj</i>	O atributo <i>cnpj</i> da tabela filial é único, então o BD respeitou a restrição de unicidade
conta	id	Duas tuplas não podem ter o mesmo valor de chave primária do atributo <i>id</i>	Duas tuplas possuem o mesmo valor de chave primária	A chave primária da tabela conta é única, então o BD respeitou a restrição de unicidade
conta	cnpj	Duas tuplas não podem ter o mesmo valor para o atributo <i>cnpj</i>	Duas tuplas possuem o mesmo valor para o atributo <i>cnpj</i>	O atributo <i>cnpj</i> da tabela conta é único, então o BD respeitou a restrição de unicidade
conta	razao_social	Duas tuplas não podem ter o mesmo valor para o atributo <i>razao_social</i>	Duas tuplas possuem o mesmo valor para o atributo <i>razao_social</i>	O atributo <i>razao_social</i> da tabela conta é único, então o BD respeitou a restrição de unicidade
plano	id	Duas tuplas não podem ter o mesmo valor de chave primária do atributo <i>id</i>	Duas tuplas possuem o mesmo valor de chave primária	A chave primária da tabela plano é única, então o BD respeitou a restrição de unicidade

Tabela 6.2: *Restrição de Chave Primária : Restrição de Entidade*

Tabela	Atributo	Classes válidas	Classes inválidas	Saída esperada
empresa	id	Não pode conter valores nulos na chave primária do atributo <i>id</i>	A chave primária <i>id</i> contém valor nulo.	A chave primária da tabela <i>empresa</i> não possui valor nulo, então o BD respeitou a restrição de unicidade
filial	id	Não pode conter valores nulos na chave primária do atributo <i>id</i>	A chave primária <i>id</i> contém valor nulo.	A chave primária da tabela <i>filial</i> não possui valor nulo, então o BD respeitou a restrição de unicidade
conta	id	Não pode conter valores nulos na chave primária do atributo <i>id</i>	A chave primária <i>id</i> contém valor nulo.	A chave primária da tabela <i>conta</i> não possui valor nulo, então o BD respeitou a restrição de unicidade
plano	id	Não pode conter valores nulos na chave primária do atributo <i>id</i>	A chave primária <i>id</i> contém valor nulo.	A chave primária da tabela <i>plano</i> não possui valor nulo, então o BD respeitou a restrição de unicidade
conta_plano	id	Não pode conter valores nulos na chave primária do atributo <i>id</i>	A chave primária <i>id</i> contém valor nulo.	A chave primária da tabela <i>conta_plano</i> não possui valor nulo, então o BD respeitou a restrição de unicidade
preco_modulo	id	Não pode conter valores nulos na chave primária do atributo <i>id</i>	A chave primária <i>id</i> contém valor nulo.	A chave primária da tabela <i>preco_modulo</i> não possui valor nulo, então o BD respeitou a restrição de unicidade
matriz_empresa_modulo	id	Não pode conter valores nulos na chave primária do atributo <i>id</i>	A chave primária <i>id</i> contém valor nulo.	A chave primária da tabela <i>matriz_empresa_modulo</i> não possui valor nulo, então o BD respeitou a restrição de unicidade
usuario	id	Não pode conter valores nulos na chave primária do	A chave primária <i>id</i> contém valor nulo.	A chave primária da tabela <i>usuario</i> não possui valor

Tabela	empresa				
Atributo	Classes Válidas	Classes Inválidas	Classe Inválidas Limite Superior	Classe Inválidas Limite Inferior	Saída Esperada
id	-214748364 8 ≤ int ≤ 2147483647 não nulo	int < -2147483648 int > 2147483647 Nulo	int = 2147483648	int = -2147483649	Código da empresa com domínio correto.
ativo	Verdadeiro (true) ou Falso (false) não nulo	Nulo	-	-	Indicador de empresa ativa com domínio correto
cnpj	Char = 14, numérico não nulo	Char < 14 Char > 14 Não-numérico Nulo	Char = 15	Char = 13	CNPJ da empresa com domínio correto.
razao_soci al	1 ≤ Varchar ≤ 255 não nulo	Varchar < 1 Varchar > 255 Nulo	Varchar = 256	Varchar = 0	Razão social da empresa com domínio correto.
id_conta	-214748364	int <	int = 2147483648	int = -2147483649	Código da conta
	8 ≤ int ≤ 2147483647 não nulo	-2147483648 int > 2147483647 Nulo			com domínio correto.
id_plano	-214748364 8 ≤ int ≤ 2147483647	int < -2147483648 int > 2147483647	int = 2147483648	int = -2147483649	Código do plano com domínio correto.

Figura 6.1: Restrição de Domínio de Atributo da tabela empresa

Tabela	filial				
Atributo	Classes Válidas	Classes Inválidas	Classe Inválidas Limite Superior	Classe Inválidas Limite Inferior	Saída Esperada
id	-214748364 8 ≤ int ≤ 2147483647 não nulo	int < -2147483648 int > 2147483647 Nulo	int = 2147483648	int = -2147483649	Código da filial com domínio correto.
razao_soci al	1 ≤ Varchar ≤ 255 não nulo	Varchar < 1 Varchar > 255 Nulo	Varchar = 256	Varchar = 0	Razão social da filial com domínio correto.
cnpj	Char = 14, numérico não nulo	Char < 14 Char > 14 Não-numérico Nulo	Char = 15	Char = 13	CNPJ da filial com domínio correto.
<u>data_insercao</u>	date no formato 'aaaa-mm-dd' não nulo	date fora do formato 'aaaa-mm-dd' Nulo	-	-	Data de inserção da filial com domínio correto.
<u>id_empresa</u>	-214748364 8 ≤ int ≤ 2147483647	int < -2147483648 int > 2147483647	int = 2147483648	int = -2147483649	Código da empresa com domínio correto.

Figura 6.2: Restrição de Domínio de Atributo da tabela filial

Tabela	conta				
Atributo	Classes Válidas	Classes Inválidas	Classe Inválidas Limite Superior	Classe Inválidas Limite Inferior	Saída Esperada
id	-214748364	int <	int = 2147483648	int = -2147483649	Código da conta
	$8 \leq \text{int} \leq 2147483647$ não nulo	-2147483648 int > 2147483647 Nulo			com domínio correto.
razao_soci al	$1 \leq \text{Varchar} \leq 255$ não nulo	Varchar < 1 Varchar > 255 Nulo	Varchar = 256	Varchar = 0	Razão social da conta com domínio correto.
cnpj	Char = 14, numérico não nulo	Char < 14 Char > 14 Não-numérico Nulo	Char = 15	Char = 13	CNPJ da conta com domínio correto.
<u>dia_fatura mento</u>	$1 \leq \text{int} \leq 31$ não nulo	int < 1 int > 31 Nulo	int = 32	int = 0	Dia de faturamento da conta com domínio correto.
ativo	Verdadeiro (true) ou Falso (false) não nulo	Nulo	-	-	Indicador de conta ativa com domínio correto.

Figura 6.3: Restrição de Domínio de Atributo da tabela conta

Tabela	plano				
Atributo	Classes Válidas	Classes Inválidas	Classe Inválidas Limite Superior	Classe Inválidas Limite Inferior	Saída Esperada
id	-214748364 $8 \leq \text{int} \leq 2147483647$ não nulo	int < -2147483648 int > 2147483647 Nulo	int = 2147483648	int = -2147483649	Código do plano com domínio correto.
nome	$1 \leq \text{Varchar} \leq 255$ não nulo	Varchar < 1 Varchar > 255 Nulo	Varchar = 256	Varchar = 0	Nome do plano com domínio correto.
<u>qtd_maxim a_filiais</u>	-214748364 $8 \leq \text{int} \leq 2147483647$ não nulo	int < -2147483648 int > 2147483647 Nulo	int = 2147483648	int = -2147483649	Quantidade máxima de filiais do plano com domínio correto.

Figura 6.4: Restrição de Domínio de Atributo da tabela plano

Tabela	<u>conta_plano</u>				
Atributo	Classes Válidas	Classes Inválidas	Classe Inválidas Limite Superior	Classe Inválidas Limite Inferior	Saída Esperada
id	-214748364 8 ≤ int ≤ 2147483647 não nulo	int < -2147483648 int > 2147483647 Nulo	int = 2147483648	int = -2147483649	Código do plano com domínio correto.
id_plano	-214748364 8 ≤ int ≤ 2147483647 não nulo	int < -2147483648 int > 2147483647 Nulo	int = 2147483648	int = -2147483649	Código do plano com domínio correto.
id_conta	-214748364 8 ≤ int ≤ 2147483647 não nulo	int < -2147483648 int > 2147483647 Nulo	int = 2147483648	int = -2147483649	Código da conta com domínio correto.

Figura 6.5: Restrição de Domínio de Atributo da tabela *conta-plano*

Tabela	<u>preco_modulo</u>				
Atributo	Classes Válidas	Classes Inválidas	Classe Inválidas Limite Superior	Classe Inválidas Limite Inferior	Saída Esperada
id	-214748364 8 ≤ int ≤ 2147483647 não nulo	int < -2147483648 int > 2147483647 Nulo	int = 2147483648	int = -2147483649	Código do plano com domínio correto.
modulo	1 ≤ Varchar ≤ 30 não nulo	Varchar < 1 Varchar > 30 Nulo	Varchar = 31	Varchar = 0	Nome do módulo com domínio correto.
<u>valor_men_sal_fixo</u>	Decimal formato 000.00 não nulo	int < 1 int > 2147483647 Nulo	int = 2147483648	int = 0	O valor mensal fixo com domínio correto.
<u>valor_por_cnpj</u>	Decimal formato 000.00 não nulo	Nulo	-	-	O valor por CNPJ domínio correto.
id_plano	-214748364 8 ≤ int ≤	int < -2147483648	int = 2147483648	int = -2147483649	Código do plano com domínio
	2147483647 não nulo	int > 2147483647 Nulo			correto.

Figura 6.6: Restrição de Domínio de Atributo da tabela *preco-modulo*

Tabela	<u>matriz_empresa_modulo</u>				
Atributo	Classes Válidas	Classes Inválidas	Classe Inválidas Limite Superior	Classe Inválidas Limite Inferior	Saída Esperada
id	-2147483648 ≤ int ≤ 2147483647 não nulo	int < -2147483648 int > 2147483647 Nulo	int = 2147483648	int = -2147483649	Código do plano com domínio correto.
modulo	1 ≤ Varchar ≤ 255 não nulo	Varchar < 1 Varchar > 255 Nulo	Varchar = 256	Varchar = 0	Nome do módulo com domínio correto.
<u>id_empresa</u>	-2147483648 ≤ int ≤ 2147483647 não nulo	int < -2147483648 int > 2147483647 Nulo	int = 2147483648	int = -2147483649	Código da empresa com domínio correto.

Figura 6.7: Restrição de Domínio de Atributo da tabela matriz-empresa-modulo

Tabela	<u>usuario</u>				
Atributo	Classes Válidas	Classes Inválidas	Classe Inválidas Limite Superior	Classe Inválidas Limite Inferior	Saída Esperada
id	-2147483648 ≤ int ≤ 2147483647 não nulo	int < -2147483648 int > 2147483647 Nulo	int = 2147483648	int = -2147483649	Código do usuário com domínio correto.
nome	1 ≤ Varchar ≤ 255 não nulo	Varchar < 1 Varchar > 255 Nulo	Varchar = 256	Varchar = 0	Nome do usuário com domínio correto.
email	1 ≤ Varchar ≤ 255 não nulo	Varchar < 1 Varchar > 255 Nulo	Varchar = 256	Varchar = 0	<u>Email</u> do usuário com domínio correto.
senha	1 ≤ Varchar ≤ 255 não nulo	Varchar < 1 Varchar > 255 Nulo	Varchar = 256	Varchar = 0	Senha do usuário com domínio correto.
id_conta	-2147483648 ≤ int ≤ 2147483647 não nulo	int < -2147483648 int > 2147483647 Nulo	int = 2147483648	int = -2147483649	Código da conta com domínio correto.
ativo	Verdadeiro (true) ou Falso (false) não nulo	Nulo	-	-	Indicador de usuário ativo com domínio correto.

Figura 6.8: Restrição de Domínio de Atributo da tabela usuario

Tabela	grupo				
Atributo	Classes Válidas	Classes Inválidas	Classe Inválidas Limite Superior	Classe Inválidas Limite Inferior	Saída Esperada
id	-214748364 8 ≤ int ≤ 2147483647 não nulo	int < -2147483648 int > 2147483647 Nulo	int = 2147483648	int = -2147483649	Código do grupo com domínio correto.
nome	1 ≤ Varchar ≤ 255 não nulo	Varchar < 1 Varchar > 255 Nulo	Varchar = 256	Varchar = 0	Nome do grupo com domínio correto.

Figura 6.9: Restrição de Domínio de Atributo da tabela grupo

Tabela	grupo_permissao				
Atributo	Classes Válidas	Classes Inválidas	Classe Inválidas Limite Superior	Classe Inválidas Limite Inferior	Saída Esperada
id_grupo	-214748364 8 ≤ int ≤ 2147483647 não nulo	int < -2147483648 int > 2147483647 Nulo	int = 2147483648	int = -2147483649	Código do grupo com domínio correto.
permissao	1 ≤ Varchar ≤ 50 não nulo	Varchar < 1 Varchar > 50 Nulo	Varchar = 51	Varchar = 0	Nome do grupo com domínio correto.

Figura 6.10: Restrição de Domínio de Atributo da tabela grupo-permissao

Tabela	conta				
Atributo	Classes Válidas	Classes Inválidas	Classe Inválidas Limite Superior	Classe Inválidas Limite Inferior	Saída Esperada
id	-214748364	int <	int = 2147483648	int = -2147483649	Código da conta
	8 ≤ int ≤ 2147483647 não nulo	-2147483648 int > 2147483647 Nulo			com domínio correto.
razao_soci al	1 ≤ Varchar ≤ 255 não nulo	Varchar < 1 Varchar > 255 Nulo	Varchar = 256	Varchar = 0	Razão social da conta com domínio correto.
cnpj	Char = 14, numérico não nulo	Char < 14 Char > 14 Não-numérico Nulo	Char = 15	Char = 13	CNPJ da conta com domínio correto.
<u>dia_fatura mento</u>	1 ≤ int ≤ 31 não nulo	int < 1 int > 31 Nulo	int = 32	int = 0	Dia de faturamento da conta com domínio correto.
ativo	Verdadeiro (true) ou Falso (false) não nulo	Nulo	-	-	Indicador de conta ativa com domínio correto.

Figura 6.11: Restrição de Domínio de Atributo da tabela conta

6.1.2 Testes Inter - Tabelas

Nas Figuras 6.12 a 6.15 são apresentados os elementos requeridos pelo critério Integridade Referencial de Relacionamentos, como especificado na Figura 5.1;

Tabelas	<i>empresa, filial e matriz_empresa_modulo</i>		
Atributo	Classes Válidas	Classes Inválidas	Saída Esperada
<u>id_empresa</u> (FK) e id (PK)	A chave <u>id</u> da tabela <u>empresa</u> , deve ter o mesmo valor da chave <u>id_empresa</u> da tabela <u>filial</u> e da tabela <u>matriz_empresa_modulo</u> .	A chave <u>id</u> da tabela <u>empresa</u> , não tem o mesmo valor da chave <u>id_empresa</u> da tabela <u>filial</u> e da tabela <u>matriz_empresa_modulo</u> .	A chave <u>id</u> da tabela <u>empresa</u> , e a chave <u>id_empresa</u> da tabela <u>filial</u> e da tabela <u>matriz_empresa_modulo</u> tem o mesmo valor de domínio.
<u>id</u> da tabela <u>empresa</u>	Excluir o <u>id</u> da tabela <u>empresa</u> , e dar erro.	Excluir o <u>id</u> da tabela <u>empresa</u> , e o BD aceitar.	Excluindo o <u>id</u> da tabela <u>empresa</u> o BD não aceita, pois existe uma chave <u>id_empresa</u> (FK) dependente na tabela <u>filial</u> e <u>matriz_empresa_modulo</u>

Figura 6.12: Restrição de Integridade Referencial entre as tabelas empresa, filial e matriz_empresa_modulo

Tabelas	<i>relacionamentos : empresa, conta_plano, conta</i>		
Atributo	Classes Válidas	Classes Inválidas	Saída Esperada
<u>id</u> (PK) <u>id_plano</u> (FK)	A chave <u>id</u> da tabela <u>conta_plano</u> , deve ter o mesmo valor da chave <u>id_plano</u> da tabela <u>empresa</u> .	A chave <u>id</u> da tabela <u>conta_plano</u> , não tem o mesmo valor da chave <u>id_plano</u> da tabela <u>empresa</u> .	A chave <u>id</u> da tabela <u>conta_plano</u> , e a chave <u>id_plano</u> da tabela <u>empresa</u> tem o mesmo valor de domínio.
<u>id</u> (PK) e <u>id_conta</u> (FK)	A chave <u>id</u> da tabela <u>conta</u> , deve ter o mesmo valor da chave <u>id_conta</u> da tabela <u>empresa</u> e da tabela <u>conta_plano</u> .	A chave <u>id</u> da tabela <u>conta</u> , não tem o mesmo valor da chave <u>id_conta</u> da tabela <u>empresa</u> e da tabela <u>conta_plano</u> .	A chave <u>id</u> da tabela <u>conta</u> , e a chave <u>id_conta</u> da tabela <u>empresa</u> e da tabela <u>conta_plano</u> , tem o mesmo valor de domínio.
<u>id</u> da tabela <u>conta</u>	Excluir o <u>id</u> da tabela <u>conta</u> e dar erro.	Excluir o <u>id</u> da tabela <u>conta</u> e o BD aceitar.	Excluindo o <u>id</u> da tabela <u>conta</u> , o BD não aceita, pois existe uma chave <u>id_conta</u> (FK) dependente na tabela <u>empresa</u> e <u>conta_plano</u> .
<u>id</u> da tabela <u>conta_plano</u>	Excluir o <u>id</u> da tabela <u>conta_plano</u> e dar erro.	Excluir o <u>id</u> da tabela <u>conta_plano</u> e o BD aceitar.	Excluindo o <u>id</u> da tabela <u>conta_plano</u> , o BD não aceita pois existe uma chave
			<u>id_conta</u> dependente na tabela <u>empresa</u> .

Figura 6.13: Restrição de Integridade Referencial entre as tabelas empresa, conta_plano e conta.

Tabelas			
<u>conta_plano, plano, preco_modulo</u>			
Atributo	Classes Válidas	Classes Inválidas	Saída Esperada
id (PK) <u>id_plano</u> (FK)	A chave <u>id</u> da tabela <u>plano</u> , deve ter o mesmo valor da chave <u>id_plano</u> da tabela <u>conta_plano</u> e <u>preco_modulo</u> .	A chave <u>id</u> da tabela <u>plano</u> , não tem o mesmo valor da chave <u>id_plano</u> da tabela <u>conta_plano</u> e <u>preco_modulo</u> .	A chave <u>id</u> da tabela <u>plano</u> , e a chave <u>id_plano</u> da tabela <u>conta_plano</u> e <u>preco_modulo</u> , tem o mesmo valor de domínio.
<u>id</u> da tabela <u>plano</u>	Excluir o <u>id</u> da tabela <u>plano</u> e dar erro.	Excluir o <u>id</u> da tabela <u>plano</u> e o BD aceitar.	Excluindo o <u>id</u> da tabela <u>conta_plano</u> , o BD não aceita pois existe uma chave <u>id_plano</u> (FK) dependente na tabela <u>conta_plano</u> e <u>preco_modulo</u> .

Figura 6.14: Restrição de Integridade Referencial entre as tabelas conta_plano, plano e preco_modulo

Tabelas			
<u>usuario_grupo, usuario, grupo e grupo_permissao</u>			
Atributo	Classes Válidas	Classes Inválidas	Saída Esperada
id (FK) <u>id_usuario</u> (FK)	A chave <u>id</u> da tabela <u>usuario</u> , deve ter o mesmo valor da chave <u>id_usuario</u> da tabela <u>usuario_grupo</u> .	A chave <u>id</u> da tabela <u>usuario</u> , não deve ter o mesmo valor da chave <u>id_usuario</u> da tabela <u>usuario_grupo</u> .	A chave <u>id</u> da tabela <u>usuario</u> , e a chave <u>id_usuario</u> da tabela <u>usuario_grupo</u> , tem o mesmo valor de domínio.
<u>id</u> da tabela <u>usuario</u>	Excluir o <u>id</u> da tabela <u>usuario</u> e dar erro.	Excluir o <u>id</u> da tabela <u>usuario</u> e o BD aceitar	Excluindo o <u>id</u> da tabela <u>usuario</u> , o BD não aceita pois existe uma chave <u>id_usuario</u> (FK) dependente na tabela <u>usuario_grupo</u> .
<u>id</u> (PK) <u>id_grupo</u> (FK)	A chave <u>id</u> da tabela <u>grupo</u> deve ter o mesmo valor da chave <u>id_grupo</u> da tabela <u>usuario_grupo</u> .	A chave <u>id</u> da tabela <u>grupo</u> não deve ter o mesmo valor da chave <u>id_grupo</u> da tabela <u>usuario_grupo</u> .	A chave <u>id</u> da tabela <u>grupo</u> , e a chave <u>id_grupo</u> da tabela <u>usuario_grupo</u> tem o mesmo valor de domínio.
<u>id</u> (PK) <u>id_grupo</u> (PK)	A chave <u>id</u> da tabela <u>grupo</u> deve ter o mesmo valor da chave <u>id_grupo</u> da tabela <u>grupo_permissao</u> .	A chave <u>id</u> da tabela <u>grupo</u> não deve ter o mesmo valor da chave <u>id_grupo</u> da tabela <u>grupo_permissao</u> .	A chave <u>id</u> da tabela <u>grupo</u> , e a chave <u>id_grupo</u> da tabela <u>grupo_permissao</u> tem o mesmo valor de domínio.
<u>id</u> da tabela <u>grupo</u>	Excluir o <u>id</u> da tabela <u>grupo</u> e dar erro.	Excluir o <u>id</u> da tabela <u>grupo</u> e o BD aceitar.	Excluindo a chave <u>id</u> da tabela <u>grupo</u> , o BD não aceita pois existe uma chave <u>id_grupo</u> dependente na tabela <u>usuario_grupo</u> e <u>grupo_permissao</u> .

Figura 6.15: Restrição de Integridade Referencial entre as tabelas usuario, grupo, usuario_grupo e grupo_permissao.

Resultados obtidos

Os casos de testes foram realizados no banco de dados Postgres através de comandos [DML](#). São apresentados as entradas de dados, o teste aplicado, a saída esperada, a mensagem exibida pelo BD e o Resultado obtido pelo BD.

7.1 Casos de Testes Intra-Tabelas

Serão apresentados os casos de testes Intra -Tabelas, distinguidos pelo tipo de critério, e informando o :

- Número de caso de Teste,
- A tabela referenciada,
- A entrada de dados,
- A saída esperada,
- A mensagem exibida pelo Banco de Dados após a execução do testes e
- E o Resultado obtido pelo Banco de Dados

Os Scripts dos testes executados são apresentados no Apêndice [B](#), ao final desse Trabalho.

7.2 Casos de Testes Inter-Tabelas

7.3 Análise dos Resultados Obtidos na Técnica Funcional

De acordo com os testes realizados podemos observar que na técnica de Restrição de unicidade, o banco se manteve íntegro, todos os casos de testes foram executados com sucesso. A integridade referencial foi mantida para todos os casos de testes executados e , definidos no Plano de testes.

Já na Integridade de domínio tivemos algumas falhas, onde o banco não teve o comportamento esperado, como não existir um check em cada variável que tenha limites inferior e superior válidos dentro do escopo de cada tipo de dados por exemplos datas inválidas que não deveriam ser aceitas ou valores negativos quando a variável deve ser somente positiva tipo idade, essas regras foram definidas no Plano de testes . Essas falhas são comuns, e pelo percentual de erros, pode-se afirmar que o banco de dados, está 90% de qualidade atingida, apenas 10% foram defeitos ocorridos por esses motivos.

Na Tabela 7.1 podemos observar o resultados dos testes:

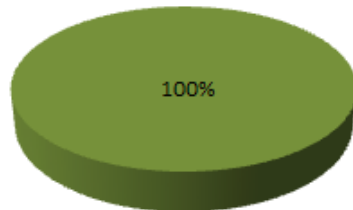
Tabela 7.1: *Comparação entre os 3 critérios utilizados*

Critério de Teste	Casos de Testes	Erros Encontrados	Porcentagem Eficaz
1 - Restrição de Unicidade	28	0	100%
2 - Integridade de Domínio	112	9	91,96%
3 - Integridade Referencial	15	0	100%
Total	155	9	94,19%

Nas Figuras 7.1(a), 7.1(b), 7.1(c) e 7.1(d), pode-se visualizar de uma melhor forma a porcentagem de casos de testes executados X os erros encontrados:

Restrição de Unicidade

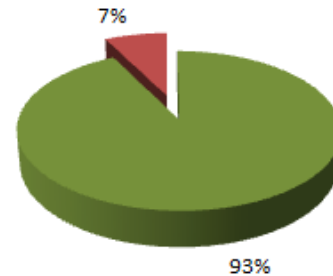
■ Casos de Testes ■ Erros Encontrados



(a) Restrição de Unicidade.

Integridade de Domínio

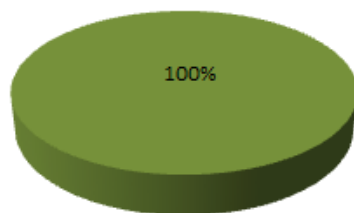
■ Casos de Testes ■ Erros Encontrados



(b) Integridade de domínio.

Integridade Referencial

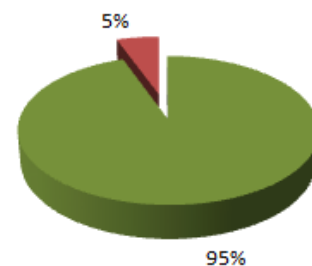
■ Casos de Testes ■ Erros Encontrados



(c) Integridade Referencial.

Total

■ Casos de Testes ■ Erros Encontrados



(d) Total.

Figura 7.1: Restrição de Unicidade (a), Integridade de Domínio (b), Integridade Referencial(c) e Total (d).

7.4 Aplicação de Teste de Mutantes em Scripts de Banco de Dados (SQL)

Nesta seção será apresentado alguns scripts que serão aplicados os operadores de mutação descritos na seção Técnicas de Teste Mutante em Banco de Dados 4.2. Serão realizados 3 exemplos de scripts em SQL para criarmos os mutantes conforme os operadores de mutação dado em Tuya et al. (2006)[22]. Na Figura 7.2 mostra como os grupos de operadores de mutação são selecionados e quais tipos são aplicados neste trabalho.

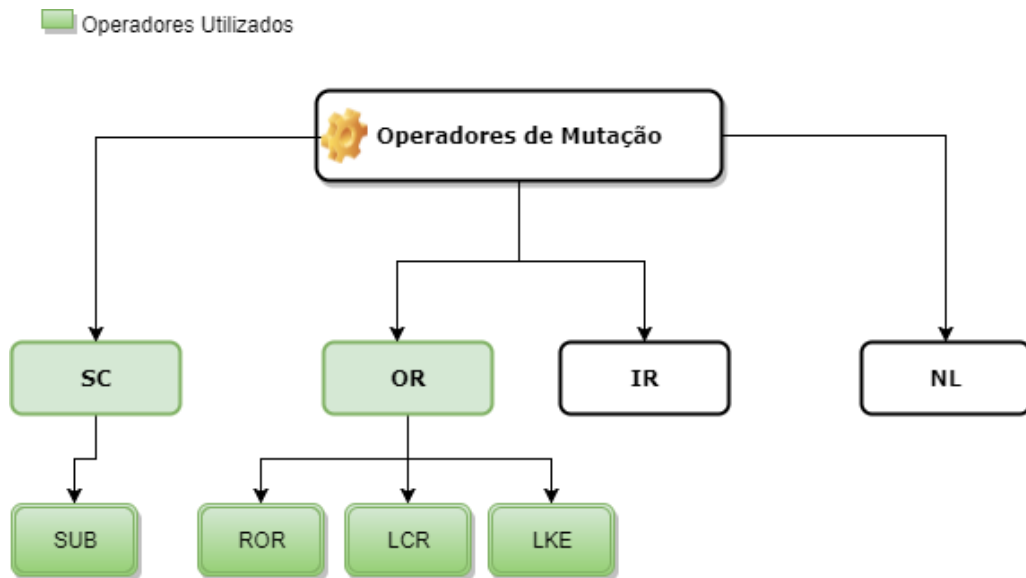


Figura 7.2: Definição de Operadores Utilizados

7.4.1 Caso 1

No Caso 1, serão aplicados os subtipos **ROR** e **LCR** do grupo **OR**, pré definidos na seção Técnicas de Teste de Mutante em Banco de Dados [4.2](#).

Query SQL: Exibe o

```

SELECT E.id, E.razao_social, F.id, F.razao_social, P.nome, CP.id, CP.id_plano, U.
FROM filial F, empresa E, conta_plano CP, plano P, usuario U, conta C
WHERE F.id_empresa = E.id and
E.id_plano = CP.id and
P.id = CP.id_plano and
U.id_conta = C.id;

```

Exemplos dos Mutantes gerados no Caso 1:

M1.1 :

```

SELECT E.id, E.razao_social, F.id, F.razao_social, P.nome, CP.id, CP.id_plano, U.
FROM filial F, empresa E, conta_plano CP, plano P, usuario U, conta C
WHERE
F.id_empresa > E.id and
E.id_plano = CP.id and
P.id = CP.id_plano and
U.id_conta = C.id;

```

M1.5:

```
SELECT E.id, E.razao_social, F.id, F.razao_social, P.nome, CP.id, CP.id_plano, U.  
FROM filial F, empresa E, conta_plano CP, plano P, usuario U, conta C  
WHERE  
F.id_empresa = E.id and  
E.id_plano < CP.id and  
P.id = CP.id_plano and  
U.id_conta = C.id;
```

M1.9

```
SELECT E.id, E.razao_social, F.id, F.razao_social, P.nome, CP.id, CP.id_plano, U.  
FROM filial F, empresa E, conta_plano CP, plano P, usuario U, conta C  
WHERE  
F.id_empresa = E.id and  
E.id_plano = CP.id and  
P.id <> CP.id_plano and  
U.id_conta = C.id;
```

M1.13

```
SELECT E.id, E.razao_social, F.id, F.razao_social, P.nome, CP.id, CP.id_plano, U.  
FROM filial F, empresa E, conta_plano CP, plano P, usuario U, conta C  
WHERE  
F.id_empresa = E.id or  
E.id_plano = CP.id and  
P.id = CP.id_plano and  
U.id_conta = C.id;
```

Na Tabela 7.2 mostra os resultados da execução de cada mutante gerado no Caso 1 mostrando que não houve nenhum mutante vivo. Ou seja todos mutantes deram resultados diferenciados em relação ao Script Original. Desta forma os erros plantados na geração de cada mutante mostrado nos exemplos acima e colocados no Apêndice, mostraram que no script original não existem esses respectivos defeitos, o que é muito importante e dá segurança para a aplicação.

7.4.2 Caso 2

No segundo exemplo, serão aplicados os subtipos **SUB** e **ROR**, do grupo **SC** e do grupo **OR**, respectivamente.

Query SQL Exibe o Valor pago por cada usuário ativo em cada plano;

```
SELECT u.nome, g.id, p.nome, pm.valor_mensal_fixo
FROM usuario U, grupo G, plano P, usuario_grupo UP, preco_modulo PM
WHERE U.id = UP.id_usuario and
G.id = UP.id_grupo and
PM.id_plano = P.id and
U.id in(SELECT distinct id from usuario WHERE ativo = true);
```

Exemplos dos Mutantes gerados no Caso 2:

M2.1

```
SELECT u.nome, g.id, p.nome, pm.valor_mensal_fixo
FROM usuario U, grupo G, plano P, usuario_grupo UP, preco_modulo PM
WHERE U.id > UP.id_usuario and
G.id = UP.id_grupo and
PM.id_plano = P.id and
U.id in(SELECT distinct id from usuario WHERE ativo = true);
```

M2.9

```
SELECT u.nome, g.id, p.nome, pm.valor_mensal_fixo
FROM usuario U, grupo G, plano P, usuario_grupo UP, preco_modulo PM
WHERE U.id = UP.id_usuario and
G.id = UP.id_grupo and
PM.id_plano <> P.id and
U.id in(SELECT distinct id from usuario WHERE ativo = true);
```

M2.10

```
SELECT u.nome, g.id, p.nome, pm.valor_mensal_fixo
FROM usuario U, grupo G, plano P, usuario_grupo UP, preco_modulo PM
WHERE U.id = UP.id_usuario and
G.id = UP.id_grupo and
PM.id_plano = P.id and
U.id not in(SELECT distinct id from usuario WHERE ativo = true);
```

Na Tabela 7.3 mostra o resultado dos mutantes gerados nos mutantes gerados no Caso 2 mostrados anteriormente. Nesse caso também ilustra que os defeitos colocados em cada mutante não está presente no Script original. No Caso 2 foram gerados 13 mutantes baseados nos operadores já comentados anteriormente. Os Mutantes são apresentados no Apêndice D.

Tabela 7.2: *Execução dos Mutantes Caso1*

Script Referenciado	Resultado
Original	56 Linhas
M1.1	63 Linhas
M1.2	217 Linhas
M1.3	280 Linhas
M1.4	63 Linhas
M1.5	217 Linhas
M1.6	280 Linhas
M1.7	49 Linhas
M1.8	175 Linhas
M1.9	224 Linhas
M1.10	32 Linhas
M1.11	136 Linhas
M1.12	168 Linhas
M1.13	19840 Linhas
M1.14	5160 Linhas
M1.15	10664 Linhas

Tabela 7.3: *Execução dos Mutantes Caso2*

Script Referenciado	Resultado
Original	288 Linhas
M2.1	3078 Linhas
M2.2	1254 Linhas
M2.3	4332 Linhas
M2.4	0 Linha
M2.5	152 Linhas
M2.6	1140 Linhas
M2.7	240 Linhas
M2.8	672 Linhas
M2.9	912 Linhas
M2.10	0 Linha
M2.11	0 Linha
M2.12	0 Linha
M2.13	0 Linha

7.4.3 Caso 3

No Terceiro exemplo é utilizado o subtipo **LKE** também pertencente ao grupo **OR**; A quantidade desses mutantes é reduzida devido combinação efetuada com 2 operadores, e a quantidade de dados no Banco.

Query SQL:

```
SELECT * from Usuario
WHERE nome Like 'A%'; // onde a letra A pode ser uma entrada de dado de uma ou m
```

Exemplos dos Mutantes gerados no Caso 3:

M3.1 :

```
SELECT * from Usuario
WHERE nome Like 'A_';
```

M3.2

```
SELECT * from Usuario
WHERE nome Like 'a%';
```

M3.3

```
SELECT * from Usuario
WHERE nome Like 'a_';
```

M3.4:

```
SELECT * from Usuario
WHERE nome Like 'C%';
```

M3.5:

```
SELECT * from Usuario
WHERE nome Like 'C_';
```

Na Tabela 7.4 mostra o resultado dos mutantes gerados nos mutantes gerados no Caso 3 mostrados anteriormente. Nesse caso também ilustra que os defeitos colocados em cada mutante não está presente no Script original. No Caso 3 foram gerados 5 mutantes baseados nos operadores já comentados anteriormente. Os Mutantes são apresentados no Apêndice D.

7.5 Análise dos Resultados obtidos em Testes de Mutante

Pode-se observar que o teste de mutantes não tem efeito direto como a técnica de testes funcional possui no Banco de Dados (no projeto do Banco), já o teste de mutante contribui em verificar que os scripts de SQL usados nas aplicações, estão corretos, não possuindo nenhum defeito gerado pelos operadores de mutação. Nos Mutantes gerados em nosso exemplo não ocorreram defeitos nos scripts, ou seja, não houve nenhum mutante equivalente (quando o mutante gera a mesma saída do que o script original).

Na Tabela 7.5 é apresentada a relação de quantidade de mutantes gerados por cada grupo de cada caso (scripts) utilizado como exemplo para ilustrar essa prática.

Na Figura 7.3 é mostrado o total de mutantes em porcentagem de grupo.

Mutantes Gerados

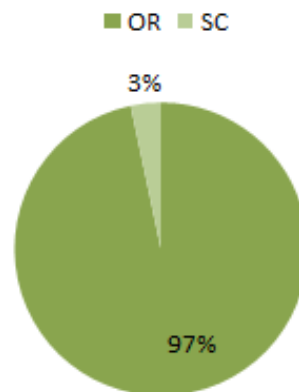


Figura 7.3: Porcentagem de Mutantes gerados por grupo

Tabela 7.4: *Execução dos Mutantes Caso3*

Script Referenciado	Resultado
Original	1 Linha
M3.1	0 Linha
M3.2	2 Linhas
M3.3	0 Linha
M3.4	6 Linhas
M3.5	0 Linha

Tabela 7.5: *Relação de Mutantes gerados nos exemplos*

Operador	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Total
OR	15	9	5	29
SC	0	1	0	1
				30

Conclusão e trabalhos futuros

Neste trabalho foi apresentado uma contextualização sobre Testes de Software e suas técnicas aplicadas em Aplicações de Banco de Dados Relacional. Foram apresentadas as técnicas funcionais e técnica de Mutantes, técnicas importantes para medir a qualidade de um Banco de Dados Relacional.

A partir dos Critérios de Testes e do Banco de Dados, foram executados um plano de teste para um Banco de dados relacional. Com base nos critérios propostos, foram executados no total de 155 casos de testes funcionais e mostrado apenas 3 Script de SQL para uso e demonstração do Teste de Mutantes.

De acordo com a análise dos resultados obtidos pode-se observar que o nosso objetivo foi alcançado, foi executado dois tipos de testes no Banco de Dados Relacional, ambos com resultados positivos, e diferentes.

As técnicas utilizadas de uma certa forma se complementam, ambas contribuem para a melhoria de certas partes do software , para a obtenção de um melhor resultado no geral. Foi mostrado suas execuções e seus resultados positivos de cada técnica para a detecção de defeitos .

A técnica Funcional foca diretamente no Projeto do Banco de Dados contribuindo com a qualidade do projeto de Banco de Dados. Já a técnica de Teste de Mutantes em Scripts de SQL de Banco de Dados, foca em mostrar que os códigos criados em uma dada Aplicação de Banco de Dados possui uma boa qualidade e estão isentas dos defeitos aplicados pelos Operadores de Mutação utilizados. As duas técnicas executadas garantem uma melhor cobertura de defeitos, e a qualidade do BDR.

Uma das maneiras de aperfeiçoamento deste trabalho é dar continuidade aos testes funcionais utilizando outras técnicas que não foram abordados no trabalho, como descrito na Seção 3.1 - Critérios de testes.

Há também para trabalhos futuros, a possibilidade de automatizar os testes propostos neste trabalho. A criação de um software, que execute todos os casos de testes especificados na Técnica Funcional no Banco de Dados relacional, de acordo com o plano de testes, poderá poupar tempo. e ser executada a cada mudança do Banco de Dados. Alguns artigos utilizam ferramentas como DBUnit para automatizar os testes de mutantes

em Banco de Dados, esta ferramenta por ser open source poderia ser amplamente utilizada para testar e aplicar todos os operadores de mutação em Banco de Dados nos códigos de SQL de uma aplicação de Banco de Dados em uma empresa, o que poderia contribuir muito com a qualidade e praticidade do acompanhamento dos testes de mutantes.

Referências Bibliográficas

- [1] BOXFUSE GMBH. **Flyway**. <https://flywaydb.org/>. Acessado em: 2016-12-03.
- [2] CABEÇA, A. G.; LEITÃO-JR, P. J. M. **Análise de Mutantes em Aplicações SQL de Banco de Dados**, 2008.
- [3] CODD, E. F. **A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks**, 1970.
- [4] CRESPO, A. N.; MARTINEZ, M. R. M. J. M. J. M. T. A. **Documentação de teste - referência: Norma ieee std 829**, 2000.
- [5] DA INFORMAÇÃO, O. T. **Oobj Tecnologia da Informação**. <http://www.oobj.com.br/>. Acessado em: 2017-12-03.
- [6] DELAMARO, M. E; MALDONADO, J. C. J. M. **Teste de mutação**. In: *Introducao ao Teste de Software*, p. 77–118, Rio de Janeiro, 2007. Elsevier.
- [7] ELMASRI, RAMEZ; NAVATHE, S. **Sistemas de banco de dados**. São Paulo, sixth edition, 2005.
- [8] HOWDEN, W. **Functional Program Testing and Analysis**. McGraw-Hill, USA, 1987.
- [9] KORTH, HENRY F.; SILBERSCHATZ, A. S. S. **Sistema de banco de dados**. Makron Books, São Paulo, 1999.
- [10] MALDONADO, J. C. **Critérios potenciais usos: Uma contribuição ao teste estrutural de software**. Tese de doutorado em engenharia elétrica, DCA/FEE/UNICAMP, Campinas, SP, 1991.
- [11] MODESTO, L. R. **Teste funcional baseado em diagramas da uml**. Dissertação de mestrado em ciência da computação, Centro Universitário Eurípides de Marília (UNIVEM), Marília, São Paulo, Brasil, 2006.
- [12] MYERS, G. J. **Software Reliability Principles and Practices**. John Wiley & Sons, INC, 1976.

- [13] MYERS, G. J. **The art of software testing**. John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey, 2004.
- [14] PRESSMAN, R. **Engenharia de Software**. McGraw-Hill, Rio de Janeiro, 5 edition, 2002.
- [15] PRESSMAN, R. **Engenharia de Software**. McGraw-Hill, São Paulo, 6 edition, 2006.
- [16] ROCHA, A. R. C.; MALDONADO, J. C. W. K. C. **Qualidade de Software - Teoria e Prática**. Prentice Hall, 2001.
- [17] SILBERSCHATZ, A; KORTH, H. F. S. S. **Sistema de banco de dados**, 2006.
- [18] SOMMERVILLE, I. **Engenharia de software**. Pearson, São Paulo, 2008.
- [19] SOUZA, J. P. D. **Teste funcional em aplicação de banco de dados relacional baseado nos diagramas da uml**, 2008.
- [20] SPOTO, E. S. **Teste estrutural de programas de aplicação de banco de dados relacional**. Tese de doutorado em engenharia elétrica, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas - FEEC/UNICAMP, Campinas, 2000.
- [21] SWEBOK. **[SWEBOK V3 Guide - Software Engineering Body of Knowledge](#)**, 2014.
- [22] TUYA, J.; SUÁREZ-CABAL, M. R. C. **Mutating database queries, information and software technology**, 2006.

Script de criação da base de dados

```
SET statement_timeout = 0; SET lock_timeout = 0; SET client_encoding =
'UTF8'; SET standard_conforming_strings = on; SET check_function_bodies = false;
SET client_min_messages = warning; CREATE EXTENSION IF NOT EXISTS plpgsql
WITH SCHEMA pg_catalog; COMMENT ON EXTENSION plpgsql IS 'PL/pgSQL
procedural language'; SET search_path = public, pg_catalog; SET default_with_oids
= false; CREATE TABLE conta ( id integer NOT NULL, razao_social character
varying(255) NOT NULL, cnpj character varying(14) NOT NULL, dia_faturamento
integer NOT NULL, email_principal character varying(255), ativo boolean DEFAULT
true NOT NULL ); CREATE SEQUENCE conta_id_seq START WITH 1 INCRE-
MENT BY 1 NO MINVALUE NO MAXVALUE CACHE 1; ALTER SEQUENCE
conta_id_seq OWNED BY conta.id; CREATE TABLE conta_plano ( id integer NOT
NULL, id_plano integer NOT NULL, id_conta integer NOT NULL, padrao boolean
DEFAULT false ); CREATE SEQUENCE conta_plano_id_seq START WITH 1 IN-
CREMENT BY 1 NO MINVALUE NO MAXVALUE CACHE 1; ALTER SEQUENCE
conta_plano_id_seq OWNED BY conta_plano.id; CREATE TABLE email_log ( id
integer NOT NULL, data_envio timestamp without time zone NOT NULL, destinata-
rio character varying(255) NOT NULL, assunto character varying(255) NOT NULL,
status_envio boolean NOT NULL ); CREATE SEQUENCE email_log_id_seq START
WITH 1 INCREMENT BY 1 NO MINVALUE NO MAXVALUE CACHE 1; ALTER
SEQUENCE email_log_id_seq OWNED BY email_log.id; CREATE TABLE empresa
( id integer NOT NULL, ativo boolean NOT NULL, cnpj character varying(14) NOT
NULL, razao_social character varying(255) NOT NULL, id_conta integer NOT NULL,
id_plano integer ); CREATE SEQUENCE empresa_id_seq START WITH 1 INCRE-
MENT BY 1 NO MINVALUE NO MAXVALUE CACHE 1; ALTER SEQUENCE
empresa_id_seq OWNED BY empresa.id; CREATE TABLE filial ( id integer NOT
NULL, razao_social character varying(255) NOT NULL, cnpj character varying(14)
NOT NULL, data_insercao date NOT NULL, id_empresa integer NOT NULL ); CRE-
ATE SEQUENCE filial_id_seq START WITH 1 INCREMENT BY 1 NO MINVALUE
NO MAXVALUE CACHE 1; ALTER SEQUENCE filial_id_seq OWNED BY filial.id;
```

```
CREATE TABLE grupo ( id integer NOT NULL, nome character varying(50) NOT
NULL ); CREATE SEQUENCE grupo_id_seq START WITH 1 INCREMENT BY 1
NO MINVALUE NO MAXVALUE CACHE 1; ALTER SEQUENCE grupo_id_seq OW-
NED BY grupo.id; CREATE TABLE grupo_permissao ( id_grupo integer NOT NULL,
permissao character varying(50) NOT NULL ); CREATE TABLE licencas_parametros (
parametro character varying(50) NOT NULL, valor character varying(255) NOT NULL
); CREATE TABLE matriz_empresa_modulo ( id integer NOT NULL, modulo character
varying(255) NOT NULL, id_empresa integer NOT NULL ); CREATE SEQUENCE
matriz_empresa_modulo_id_seq START WITH 1 INCREMENT BY 1 NO MINVALUE
NO MAXVALUE CACHE 1; ALTER SEQUENCE matriz_empresa_modulo_id_seq
OWNED BY matriz_empresa_modulo.id; CREATE TABLE plano ( id integer NOT
NULL, nome character varying(40) NOT NULL, qtd_maxima_filiais integer NOT
NULL ); CREATE SEQUENCE plano_id_seq START WITH 1 INCREMENT BY 1
NO MINVALUE NO MAXVALUE CACHE 1; ALTER SEQUENCE plano_id_seq
OWNED BY plano.id; CREATE TABLE preco_modulo ( id integer NOT NULL, mo-
dulo character varying(30) NOT NULL, valor_mensal_fixo numeric(5,2) NOT NULL,
valor_por_cnpj numeric(5,2) NOT NULL, id_plano integer NOT NULL ); CREATE
SEQUENCE preco_modulo_id_seq START WITH 1 INCREMENT BY 1 NO MIN-
VALUE NO MAXVALUE CACHE 1; ALTER SEQUENCE preco_modulo_id_seq
OWNED BY preco_modulo.id; CREATE TABLE schema_version ( version_rank in-
teger NOT NULL, installed_rank integer NOT NULL, version character varying(50)
NOT NULL, description character varying(200) NOT NULL, type character varying(20)
NOT NULL, script character varying(1000) NOT NULL, checksum integer, instal-
led_by character varying(100) NOT NULL, installed_on timestamp without time zone
DEFAULT now() NOT NULL, execution_time integer NOT NULL, success boolean
NOT NULL ); CREATE TABLE usuario ( id integer NOT NULL, nome character
varying(255) NOT NULL, email character varying(255) NOT NULL, senha character
varying(255) NOT NULL, id_conta integer, ativo boolean DEFAULT false NOT NULL
); CREATE TABLE usuario_grupo ( id_usuario integer NOT NULL, id_grupo integer
NOT NULL ); CREATE SEQUENCE usuario_id_seq START WITH 1 INCREMENT
BY 1 NO MINVALUE NO MAXVALUE CACHE 1; ALTER SEQUENCE usua-
rio_id_seq OWNED BY usuario.id; ALTER TABLE ONLY conta ALTER COLUMN id
SET DEFAULT nextval('conta_id_seq'::regclass); ALTER TABLE ONLY conta_plano
ALTER COLUMN id SET DEFAULT nextval('conta_plano_id_seq'::regclass);
ALTER TABLE ONLY email_log ALTER COLUMN id SET DEFAULT next-
val('email_log_id_seq'::regclass); ALTER TABLE ONLY empresa ALTER COLUMN
id SET DEFAULT nextval('empresa_id_seq'::regclass); ALTER TABLE ONLY filial
ALTER COLUMN id SET DEFAULT nextval('filial_id_seq'::regclass); ALTER TABLE
```

```
ONLY grupo ALTER COLUMN id SET DEFAULT nextval('grupo_id_seq'::regclass);
ALTER TABLE ONLY matriz_empresa_modulo ALTER COLUMN id SET DE-
FAULT nextval('matriz_empresa_modulo_id_seq'::regclass); ALTER TABLE ONLY
plano ALTER COLUMN id SET DEFAULT nextval('plano_id_seq'::regclass); AL-
TER TABLE ONLY preco_modulo ALTER COLUMN id SET DEFAULT next-
val('preco_modulo_id_seq'::regclass); ALTER TABLE ONLY usuario ALTER CO-
LUMN id SET DEFAULT nextval('usuario_id_seq'::regclass); ALTER TABLE ONLY
conta ADD CONSTRAINT conta_cnpj_key UNIQUE (cnpj); ALTER TABLE ONLY
conta ADD CONSTRAINT conta_pkey PRIMARY KEY (id) ALTER TABLE ONLY
conta_plano ADD CONSTRAINT conta_plano_pkey PRIMARY KEY (id) ALTER
TABLE ONLY conta ADD CONSTRAINT conta_razao_social_key UNIQUE (ra-
zao_social); ALTER TABLE ONLY email_log ADD CONSTRAINT email_log_pkey
PRIMARY KEY (id); ALTER TABLE ONLY empresa ADD CONSTRAINT em-
presa_cnpj_key UNIQUE (cnpj); ALTER TABLE ONLY empresa ADD CONSTRAINT
empresa_pkey PRIMARY KEY (id); ALTER TABLE ONLY empresa ADD CONS-
TRAIT empresa_razao_social_key UNIQUE (razao_social); ALTER TABLE ONLY
filial ADD CONSTRAINT filial_cnpj_key UNIQUE (cnpj); ALTER TABLE ONLY
filial ADD CONSTRAINT filial_pkey PRIMARY KEY (id); ALTER TABLE ONLY
grupo ADD CONSTRAINT grupo_nome_key UNIQUE (nome); ALTER TABLE
ONLY grupo_permissao ADD CONSTRAINT grupo_permissao_pkey PRIMARY KEY
(id_grupo, permissao); ALTER TABLE ONLY grupo ADD CONSTRAINT grupo_pkey
PRIMARY KEY (id); ALTER TABLE ONLY licencas_parametros ADD CONSTRAINT
licencas_parametros_pkey PRIMARY KEY (parametro); ALTER TABLE ONLY
matriz_empresa_modulo ADD CONSTRAINT matriz_empresa_modulo_pkey PRI-
MARY KEY (id) ALTER TABLE ONLY plano ADD CONSTRAINT plano_nome_key
UNIQUE (nome); ALTER TABLE ONLY plano ADD CONSTRAINT plano_pkey
PRIMARY KEY (id); ALTER TABLE ONLY preco_modulo ADD CONSTRAINT
preco_modulo_pkey PRIMARY KEY (id); ALTER TABLE ONLY schema_version ADD
CONSTRAINT schema_version_pk PRIMARY KEY (version); ALTER TABLE ONLY
conta_plano ADD CONSTRAINT unique_id_conta_id_plano UNIQUE (id_conta,
id_plano); ALTER TABLE ONLY matriz_empresa_modulo ADD CONSTRAINT uni-
que_modulo_id_empresa UNIQUE (modulo, id_empresa); ALTER TABLE ONLY usu-
ario ADD CONSTRAINT usuario_email_key UNIQUE (email); ALTER TABLE ONLY
usuario_grupo ADD CONSTRAINT usuario_grupo_pk PRIMARY KEY (id_usuario,
id_grupo); ALTER TABLE ONLY usuario ADD CONSTRAINT usuario_pkey PRI-
MARY KEY (id); CREATE INDEX schema_version_ir_idx ON schema_version USING
btree (installed_rank); CREATE INDEX schema_version_s_idx ON schema_version
USING btree (success); CREATE INDEX schema_version_vr_idx ON schema_version
```



```
USING btree (version_rank); ALTER TABLE ONLY conta_plano ADD CONSTRAINT
id_conta_conta_plano_fk FOREIGN KEY (id_conta) REFERENCES conta(id); AL-
TER TABLE ONLY empresa ADD CONSTRAINT id_conta_empresa_fk FOREIGN
KEY (id_conta) REFERENCES conta(id); ALTER TABLE ONLY usuario ADD
CONSTRAINT id_conta_usuario_fk FOREIGN KEY (id_conta) REFERENCES
conta(id); ALTER TABLE ONLY filial ADD CONSTRAINT id_empresa_filial_fk
FOREIGN KEY (id_empresa) REFERENCES empresa(id); ALTER TABLE ONLY
matriz_empresa_modulo ADD CONSTRAINT id_empresa_matriz_empresa_modulo_fk
FOREIGN KEY (id_empresa) REFERENCES empresa(id); ALTER TABLE ONLY
grupo_permissao ADD CONSTRAINT id_grupo_permissao_fk FOREIGN KEY
(id_grupo) REFERENCES grupo(id) ALTER TABLE ONLY usuario_grupo ADD
CONSTRAINT id_grupo_usuario_fk FOREIGN KEY (id_grupo) REFERENCES
grupo(id);
```

```
ALTER TABLE ONLY conta_plano ADD CONSTRAINT id_plano_conta_plano_fk
FOREIGN KEY (id_plano) REFERENCES plano(id); ALTER TABLE ONLY empresa
ADD CONSTRAINT id_plano_empresa_fk FOREIGN KEY (id_plano) REFEREN-
CES conta_plano(id); ALTER TABLE ONLY preco_modulo ADD CONSTRAINT
id_plano_preco_modulo_fk FOREIGN KEY (id_plano) REFERENCES plano(id); AL-
TER TABLE ONLY usuario_grupo ADD CONSTRAINT id_usuario_grupo_fk FO-
REIGN KEY (id_usuario) REFERENCES usuario(id);
```

Script de Inserção inicial no Banco

```
insert into usuario (id, nome, email, senha, ativo) values (1, 'João das Neves',
'john@email.com', 'Q7M8TXRCMRF6eqisOj1ylQMaX2MbeKhvXJ4CiXeulgjy1n2yxZApYThBdx3
true); insert into usuario (id, nome, email, senha, ativo) values (2, 'Eduardo Estarque',
'dudu@email.com', 'Rte87uZVZfsgCsU4JZzDHEY2ePzoiRxSUo6J4MhNQanYKw6IsjgJVbljRgMw
true); insert into usuario (id, nome, email, senha, ativo) values (3, 'Roberto Estarque', 'ro-
berto85@email.com', '5WBH7yqBuOWSIHsVPrcAvgL1Dn6aa74gf4mWY3awdffpG8MkLocb4h9saY
true); insert into usuario (id, nome, email, senha, ativo) values (4, 'Sonsa Estarque',
'sonsa@email.com', '5WBH7yqBuOWSIHsVPrcAvgL1Dn6aa74gf4mWY3awdffpG8MkLocb4h9saYe
true); insert into usuario (id, nome, email, senha, ativo) values (5, 'Breno Estarque',
'breno@email.com', '5WBH7yqBuOWSIHsVPrcAvgL1Dn6aa74gf4mWY3awdffpG8MkLocb4h9saY
true); insert into usuario (id, nome, email, senha, ativo) values (6, 'Ariá Estarque', 'nee-
dle@email.com', '5WBH7yqBuOWSIHsVPrcAvgL1Dn6aa74gf4mWY3awdffpG8MkLocb4h9saYe8S
true); insert into usuario (id, nome, email, senha, ativo) values (7, 'Jofelino Barateão',
'jojo@email.com', '0s8oyOzCQ7M8TXRCMRF6eqisOj1ylQMaX2MbeKhvXJ4CiXeulgjy1n2yxZAp
true); insert into usuario (id, nome, email, senha, ativo) values (8, 'Cersei Lenister', 'cer-
sei@email.com', 'q272gsr6f0mfosatme83d2cnopjr4frl7odd8uaelmj06jkioibrbe6pug8olp0i',
true); insert into usuario (id, nome, email, senha, ativo) values (9, 'Djeime Lenister', 'djei-
mes_bond@email.com', '53m3om710hqwr256b7ocbkswqrb372b3wnxa1t2r2iejb9fc7uf96zwngxgeph7
true); insert into usuario (id, nome, email, senha, ativo) values (10, 'Tirão Lenister',
'tira1@email.com', 'wtcne467dageamh77n64drhjfnouwmxix7zxcss9xsf2ss9qqnnkq6r1b6gxrsj1q',
true); insert into usuario (id, nome, email, senha, ativo) values (11, 'Deneris Targario',
'loirinha88@email.com', '8nsr6repy79g6pxk371zpr1lyn4hyuux8ge5zjkngjtdzhnsfeiux97ln1sblhyk',
true); insert into usuario (id, nome, email, senha, ativo) values (12, 'Visergio Targario',
'loirinho_@email.com', 'n3fdcpqj0bmoi18o6gasg75tzowbwkladqdg7uqxw4c5ubkqhkaoi698ku965k79
true); insert into usuario (id, nome, email, senha, ativo) values (13, 'Sandro Clegueine',
'sandrao@email.com', 'dx3YbhhoRte87uZVZfsgCsU4JZzDHEY2ePzoiRxSUo6J4MhNQanYKw6Isjg
true);

insert into grupo (id, nome) values (1, 'Casa Estarque'); insert into grupo (id,
nome) values (2, 'Casa Lenister'); insert into grupo (id, nome) values (3, 'Casa Targario');
```

– grupo Estarque insert into usuario_grupo (id_usuario, id_grupo) values (1, 1); insert into usuario_grupo (id_usuario, id_grupo) values (2, 1); insert into usuario_grupo (id_usuario, id_grupo) values (3, 1); insert into usuario_grupo (id_usuario, id_grupo) values (4, 1); insert into usuario_grupo (id_usuario, id_grupo) values (5, 1); insert into usuario_grupo (id_usuario, id_grupo) values (6, 1);

– grupo Lenister insert into usuario_grupo (id_usuario, id_grupo) values (7, 2); insert into usuario_grupo (id_usuario, id_grupo) values (8, 2); insert into usuario_grupo (id_usuario, id_grupo) values (9, 2); insert into usuario_grupo (id_usuario, id_grupo) values (10, 2);

– grupo Targario insert into usuario_grupo (id_usuario, id_grupo) values (11, 3); insert into usuario_grupo (id_usuario, id_grupo) values (12, 3);

insert into conta (id, razao_social, cnpj, dia_faturamento, email_principal, ativo) values (1, 'Ferreiro' , '27477435', 10, 'ferreiro@email.com', true); insert into conta (id, razao_social, cnpj, dia_faturamento, email_principal, ativo) values (2, 'Acougueiro' , '27927656', 10, 'acougueiro@email.com', true); insert into conta (id, razao_social, cnpj, dia_faturamento, email_principal, ativo) values (3, 'Curtume' , '94390062', 10, 'curtume@email.com', true); insert into conta (id, razao_social, cnpj, dia_faturamento, email_principal, ativo) values (4, 'Casa das Pedras', '91601690', 10, 'cabare@email.com', true);

insert into plano (id, nome, qtd_maxima_filiais) values (1, 'Plano Diamond', 1000); insert into plano (id, nome, qtd_maxima_filiais) values (2, 'Plano Platinum', 500); insert into plano (id, nome, qtd_maxima_filiais) values (3, 'Plano Gold', 100); insert into plano (id, nome, qtd_maxima_filiais) values (4, 'Plano Silver', 10); insert into plano (id, nome, qtd_maxima_filiais) values (5, 'Plano Bronze', 1);

insert into conta_plano (id, id_plano, id_conta, padrao) values (1, 4, 1, false); insert into conta_plano (id, id_plano, id_conta, padrao) values (2, 4, 2, false); insert into conta_plano (id, id_plano, id_conta, padrao) values (3, 4, 3, false); insert into conta_plano (id, id_plano, id_conta, padrao) values (4, 5, 4, false);

insert into preco_modulo (id, modulo, valor_mensal_fixo, valor_por_cnpj, id_plano) values (1, 'Emissão', 999.0, 50.00, 1); insert into preco_modulo (id, modulo, valor_mensal_fixo, valor_por_cnpj, id_plano) values (2, 'Recebimento', 999.0, 50.00, 1); insert into preco_modulo (id, modulo, valor_mensal_fixo, valor_por_cnpj, id_plano) values (3, 'Emissão', 999.0, 25.00, 2); insert into preco_modulo (id, modulo, valor_mensal_fixo, valor_por_cnpj, id_plano) values (4, 'Recebimento', 999.0, 25.00, 2); insert into preco_modulo (id, modulo, valor_mensal_fixo, valor_por_cnpj, id_plano) values (5, 'Emissão', 999.0, 10.00, 3); insert into preco_modulo (id, modulo, valor_mensal_fixo, valor_por_cnpj, id_plano) values (6, 'Recebimento', 999.0, 10.00, 3); insert into preco_modulo (id, modulo, valor_mensal_fixo, valor_por_cnpj,

id_plano) values (7, 'Emissão', 999.0, 5.00, 4); insert into preco_modulo (id, modulo, valor_mensal_fixo, valor_por_cnpj, id_plano) values (8, 'Recebimento', 999.0, 5.00, 4); insert into preco_modulo (id, modulo, valor_mensal_fixo, valor_por_cnpj, id_plano) values (9, 'Emissão', 999.0, 1.00, 5); insert into preco_modulo (id, modulo, valor_mensal_fixo, valor_por_cnpj, id_plano) values (10, 'Recebimento', 999.0, 1.00, 5);

insert into empresa (id, ativo, cnpj, razao_social, id_conta, id_plano) values (1, true, '27477435', 'Ferreiro', 1, 1); insert into empresa (id, ativo, cnpj, razao_social, id_conta, id_plano) values (2, true, '27927656', 'Acougueiro', 2, 2); insert into empresa (id, ativo, cnpj, razao_social, id_conta, id_plano) values (3, true, '94390062', 'Curtume', 3, 3); insert into empresa (id, ativo, cnpj, razao_social, id_conta, id_plano) values (4, true, '91601690', 'Casa das Pedras', 4, 4);

insert into filial (id, razao_social, cnpj, data_insercao, id_empresa) values (1, 'Ferreiro de Quins-Lêndim', '27477435000188', current_date, 1); insert into filial (id, razao_social, cnpj, data_insercao, id_empresa) values (2, 'Ferreiro de Casterli-róqui', '27477435000200', current_date, 1);

insert into filial (id, razao_social, cnpj, data_insercao, id_empresa) values (3, 'Acougueiro de Uinterféu', '27927656000100', current_date, 2); insert into filial (id, razao_social, cnpj, data_insercao, id_empresa) values (4, 'Acougueiro de Ninho da Aguia', '27927656000230', current_date, 2);

insert into filial (id, razao_social, cnpj, data_insercao, id_empresa) values (5, 'Curtume de Riverrum', '94390062000109', current_date, 3); insert into filial (id, razao_social, cnpj, data_insercao, id_empresa) values (6, 'Curtume da Muralha', '94390062000290', current_date, 3);

insert into filial (id, razao_social, cnpj, data_insercao, id_empresa) values (7, 'Casa das Pedras de Quins-Lêndim', '91601690000190', current_date, 4);

Scripts dos casos de testes

Casos de testes Restrição de Chave Primária : Restrição de Unicidade

```
CT - 01 : insert into empresa (id, ativo, cnpj, razao_social, id_conta, id_plano)
CT - 02 : insert into empresa (id, ativo, cnpj, razao_social, id_conta, id_plano)
CT - 03 : insert into empresa (id, ativo, cnpj, razao_social, id_conta, id_plano)
CT - 04 : insert into filial (id, razao_social, cnpj, data_insercao, id_empresa)
CT - 05 : insert into filial (id, razao_social, cnpj, data_insercao, id_empresa)
CT - 06 : insert into conta (id, razao_social, cnpj, dia_faturamento, email_principal)
CT - 07 : insert into conta (id, razao_social, cnpj, dia_faturamento, email_principal)
CT - 08 : insert into conta (id, razao_social, cnpj, dia_faturamento, email_principal)
CT - 09 : insert into plano (id, nome, qtd_maxima_filiais) values (1, 'nome', 100)
CT - 10 : insert into plano (id, nome, qtd_maxima_filiais) values (1, 'Plano Diamante', 100)
CT - 11 : insert into conta_plano (id, id_plano, id_conta, padrao) values (1, 4, 1, 1)
CT - 12 : insert into conta_plano (id, id_plano, id_conta, padrao) values (15, 4, 1, 1)
CT - 13 : insert into preco_modulo (id, modulo, valor_mensal_fixo, valor_por_cnpj) values (1, 1, 1, 1)
CT - 14 : insert into matriz_empresa_modulo (id, modulo, id_empresa) values (1, 1, 1)
CT - 15 : insert into matriz_empresa_modulo (id, modulo, id_empresa) values (2, 1, 1)
CT - 16 : insert into usuario (id, nome, email, senha, ativo) values (1, 'João', 'joao@casaestaque.com.br', '123456', 1)
CT - 17 : insert into usuario (id, nome, email, senha, ativo) values (1, 'João', 'joao@casaestaque.com.br', '123456', 1)
CT - 18 : insert into grupo (id, nome) values (1, 'Casa Estarque');
CT - 19 : insert into grupo (id, nome) values (6, 'Casa Estarque');
```

Restrição de Chave Primária : Restrição de Entidade

```
CT - 20 : insert into empresa (id, ativo, cnpj, razao_social, id_conta) values (1, 1, 1, 1, 1)
CT - 21 : insert into filial (id, razao_social, cnpj, data_insercao, id_empresa) values (1, 1, 1, 1, 1)
CT - 22 : insert into conta (id, razao_social, cnpj, dia_faturamento, email_principal) values (1, 1, 1, 1, 1)
CT - 23 : insert into plano (id, nome, qtd_maxima_filiais) values (null, 'Plano Diamante', 100)
CT - 24 : insert into conta_plano (id, id_plano, id_conta, padrao) values (null, 1, 1, 1)
CT - 25 : insert into preco_modulo (id, modulo, valor_mensal_fixo, valor_por_cnpj) values (1, 1, 1, 1)
```

```
CT - 26 : insert into matriz_empresa_modulo (id, modulo, id_empresa ) values (null,
CT - 27 : insert into usuario (id, nome, email, senha, ativo) values (null, 'João
CT - 28 : insert into grupo (id, nome) values (null, 'Casa Estarque');
```

Restrição de Domínio de Atributo

empresa

```
CT - 29 : insert into empresa (id, ativo, cnpj, razao_social, id_conta, id_plano)
CT - 30 : insert into empresa (id, ativo, cnpj, razao_social, id_conta, id_plano)
CT - 31 : insert into empresa (id, ativo, cnpj, razao_social, id_conta, id_plano)
CT - 32 : insert into empresa (ativo, cnpj, razao_social, id_conta, id_plano) val
CT - 33 : insert into empresa (ativo, cnpj, razao_social, id_conta, id_plano) val
CT - 34 : insert into empresa (ativo, cnpj, razao_social, id_conta, id_plano) val
CT - 35 : insert into empresa (ativo, cnpj, razao_social, id_conta, id_plano) val
CT - 36 : insert into empresa (ativo, cnpj, razao_social, id_conta, id_plano) val
CT - 37 : insert into empresa (ativo, cnpj, razao_social, id_conta, id_plano) val
CT - 38 : insert into empresa (ativo, cnpj, razao_social, id_conta, id_plano) val
CT - 39 : insert into empresa (ativo, cnpj, razao_social, id_conta, id_plano) val
CT - 40 : insert into empresa (ativo, cnpj, razao_social, id_conta, id_plano) val
CT - 41 : insert into empresa (ativo, cnpj, razao_social, id_conta, id_plano) val
CT - 42 : insert into empresa (ativo, cnpj, razao_social, id_conta, id_plano) val
CT - 43 : insert into empresa (ativo, cnpj, razao_social, id_conta, id_plano) val
CT - 44 : insert into empresa (ativo, cnpj, razao_social, id_conta, id_plano) val
```

filial

```
CT - 45 : insert into filial (id, razao_social, cnpj, data_insercao, id_empresa)
CT - 46 : insert into filial (id, razao_social, cnpj, data_insercao, id_empresa)
CT - 47 : insert into filial (id, razao_social, cnpj, data_insercao, id_empresa)
CT - 48 : insert into filial (razao_social, cnpj, data_insercao, id_empresa) valu
CT - 49 : insert into filial (razao_social, cnpj, data_insercao, id_empresa) valu
CT - 50 : insert into filial (razao_social, cnpj, data_insercao, id_empresa) valu
CT - 51 : insert into filial (razao_social, cnpj, data_insercao, id_empresa) valu
CT - 52 : insert into filial (razao_social, cnpj, data_insercao, id_empresa) valu
CT - 53 : insert into filial (razao_social, cnpj, data_insercao, id_empresa) valu
CT - 54 : insert into filial (razao_social, cnpj, data_insercao, id_empresa) valu
CT - 55 : insert into filial (razao_social, cnpj, data_insercao, id_empresa) valu
CT - 56 : insert into filial (razao_social, cnpj, data_insercao, id_empresa) valu
CT - 57 : insert into filial (razao_social, cnpj, data_insercao, id_empresa) valu
CT - 58 : insert into filial (razao_social, cnpj, data_insercao, id_empresa) valu
```

CT - 59 : insert into filial (razao_social, cnpj, data_insercao, id_empresa) values

conta

CT - 60 : insert into conta (id, razao_social, cnpj, dia_faturamento, ativo) values

CT - 61 : insert into conta (id, razao_social, cnpj, dia_faturamento, ativo) values

CT - 62 : insert into conta (id, razao_social, cnpj, dia_faturamento, ativo) values

CT - 63 : insert into conta (razao_social, cnpj, dia_faturamento, ativo) values

CT - 64 : insert into conta (razao_social, cnpj, dia_faturamento, ativo) values

CT - 65 : insert into conta (razao_social, cnpj, dia_faturamento, ativo) values

CT - 66 : insert into conta (razao_social, cnpj, dia_faturamento, ativo) values

CT - 67 : insert into conta (razao_social, cnpj, dia_faturamento, ativo) values

CT - 68 : insert into conta (razao_social, cnpj, dia_faturamento, ativo) values

CT - 69 : insert into conta (razao_social, cnpj, dia_faturamento, ativo) values

CT - 70 : insert into conta (razao_social, cnpj, dia_faturamento, ativo) values

CT - 71 : insert into conta (razao_social, cnpj, dia_faturamento, ativo) values

CT - 72 : insert into conta (razao_social, cnpj, dia_faturamento, ativo) values

CT - 73 : insert into conta (razao_social, cnpj, dia_faturamento, ativo) values

plano

CT - 74 : insert into plano (id, nome, qtd_maxima_filiais) values (2147483648, 'C

CT - 75 : insert into plano (id, nome, qtd_maxima_filiais) values (-2147483649, 'C

CT - 76 : insert into plano (id, nome, qtd_maxima_filiais) values (10, 'CT-76 CT-

CT - 77 : insert into plano (nome, qtd_maxima_filiais) values ('Plano Gold', 1);

CT - 78 : insert into plano (nome, qtd_maxima_filiais) values ('CT-78', 214748364

CT - 79 : insert into plano (nome, qtd_maxima_filiais) values ('CT-79', -21474836

CT - 80 : insert into plano (nome, qtd_maxima_filiais) values ('CT-80', 1);

CT - 81 : insert into plano (nome, qtd_maxima_filiais) values ('CT-81', 42);

conta_plano

CT - 82 : insert into conta_plano (id, id_plano, id_conta) values (2147483648 , 1

CT - 83 : insert into conta_plano (id, id_plano, id_conta) values (-2147483649, 1

CT - 84 : insert into conta_plano (id, id_plano, id_conta) values (10, 1, 1);

CT - 85 : insert into conta_plano (id, id_plano, id_conta) values (11, 2147483648

CT - 86 : insert into conta_plano (id, id_plano, id_conta) values (12, -214748364

CT - 87 : insert into conta_plano (id, id_plano, id_conta) values (13, 1 , 1);

CT - 88 : insert into conta_plano (id, id_plano, id_conta) values (14, 1, 2147483

CT - 89 : insert into conta_plano (id, id_plano, id_conta) values (15, 1, -214748

```
CT - 90 : insert into conta_plano (id, id_plano, id_conta) values (16, 1, 1);
```

preco_modulo

```
CT - 91 : insert into preco_modulo (id, modulo, valor_mensal_fixo, valor_por_cnpj, i
CT - 92 : insert into preco_modulo (id, modulo, valor_mensal_fixo, valor_por_cnpj
CT - 93 : insert into preco_modulo (id, modulo, valor_mensal_fixo, valor_por_cnpj
CT - 94 : insert into preco_modulo (modulo, valor_mensal_fixo, valor_por_cnpj, i
CT - 95 : insert into preco_modulo (modulo, valor_mensal_fixo, valor_por_cnpj, i
CT - 96 : insert into preco_modulo (modulo, valor_mensal_fixo, valor_por_cnpj, i
CT - 97 : insert into preco_modulo (modulo, valor_mensal_fixo, valor_por_cnpj, i
CT - 98 : insert into preco_modulo (modulo, valor_mensal_fixo, valor_por_cnpj, i
CT - 99 : insert into preco_modulo (modulo, valor_mensal_fixo, valor_por_cnpj, i
CT - 100 : insert into preco_modulo (modulo, valor_mensal_fixo, valor_por_cnpj, i
CT - 101 : insert into preco_modulo (modulo, valor_mensal_fixo, valor_por_cnpj, i
CT - 102 : insert into preco_modulo (modulo, valor_mensal_fixo, valor_por_cnpj, i
```

matriz_empresa_modulo

```
CT - 103 : insert into matriz_empresa_modulo (id, modulo, id_empresa) values (214
CT - 104 : insert into matriz_empresa_modulo (id, modulo, id_empresa) values (-21
CT - 105 : insert into matriz_empresa_modulo (id, modulo, id_empresa) values (10,
CT - 106 : insert into matriz_empresa_modulo (modulo, id_empresa) values ('CT-106
CT - 107 : insert into matriz_empresa_modulo (modulo, id_empresa) values ('Modulo
CT - 108 : insert into matriz_empresa_modulo (modulo, id_empresa) values (null, 1
CT - 109 : insert into matriz_empresa_modulo (modulo, id_empresa) values ('CT-109
CT - 110 : insert into matriz_empresa_modulo (modulo, id_empresa) values ('CT-110
CT - 111 : insert into matriz_empresa_modulo (modulo, id_empresa) values ('CT-111
```

usuario

```
CT - 112 : insert into usuario (id, nome, email, senha, id_conta, ativo) values (
CT - 113 : insert into usuario (id, nome, email, senha, id_conta, ativo) values (
CT - 114 : insert into usuario (id, nome, email, senha, id_conta, ativo) values (
CT - 115 : insert into usuario (nome, email, senha, id_conta, ativo) values ('CT-
CT - 116 : insert into usuario (nome, email, senha, id_conta, ativo) values ('ana
CT - 117 : insert into usuario (nome, email, senha, id_conta, ativo) values (null
CT - 118 : insert into usuario (nome, email, senha, id_conta, ativo) values ('CT-
CT - 119 : insert into usuario (nome, email, senha, id_conta, ativo) values ('CT-
CT - 120 : insert into usuario (nome, email, senha, id_conta, ativo) values ('CT-
CT - 121 : insert into usuario (nome, email, senha, id_conta, ativo) values ('CT-
```



```
CT - 122 : insert into usuario (nome, email, senha, id_conta, ativo) values ('CT-122', 'CT-122', 'CT-122', 'CT-122', 'CT-122');
CT - 123 : insert into usuario (nome, email, senha, id_conta, ativo) values ('CT-123', 'CT-123', 'CT-123', 'CT-123', 'CT-123');
CT - 124 : insert into usuario (nome, email, senha, id_conta, ativo) values ('CT-124', 'CT-124', 'CT-124', 'CT-124', 'CT-124');
CT - 125 : insert into usuario (nome, email, senha, id_conta, ativo) values ('CT-125', 'CT-125', 'CT-125', 'CT-125', 'CT-125');
CT - 126 : insert into usuario (nome, email, senha, id_conta, ativo) values ('CT-126', 'CT-126', 'CT-126', 'CT-126', 'CT-126');
CT - 127 : insert into usuario (nome, email, senha, id_conta, ativo) values ('CT-127', 'CT-127', 'CT-127', 'CT-127', 'CT-127');
CT - 128 : insert into usuario (nome, email, senha, id_conta, ativo) values ('CT-128', 'CT-128', 'CT-128', 'CT-128', 'CT-128');
```

grupo

```
CT - 129 : insert into grupo (id, nome) values (2147483648, 'CT-129');
CT - 130 : insert into grupo (id, nome) values (-2147483649, 'CT-130');
CT - 131 : insert into grupo (id, nome) values (10, 'CT-131');
CT - 132 : insert into grupo (nome) values ('CT-132, CT-132, CT-132, CT-132, CT-132');
CT - 133 : insert into grupo (nome) values ('testes');
CT - 134 : insert into grupo (nome) values (null);
```

grupo_permissao

```
CT - 135 : insert into grupo_permissao (id_grupo, permissao) values (2147483648, 'CT-135');
CT - 136 : insert into grupo_permissao (id_grupo, permissao) values (-2147483649, 'CT-136');
CT - 137 : insert into grupo_permissao (id_grupo, permissao) values (10, 'CT-137');
CT - 138 : insert into grupo_permissao (id_grupo, permissao) values (1, 'CT-138');
CT - 139 : insert into grupo_permissao (id_grupo, permissao) values (2, 'ct-139');
CT - 140 : insert into grupo_permissao (id_grupo, permissao) values (null);
```

Casos de Testes Inter - Tabelas Restrição de Integridade Referencial

```
CT - 141 : delete from empresa where id='1';
CT - 142 : delete from conta_plano where id='1';
CT - 143 : delete from plano where id='1';
CT - 144 : delete from usuario where id='1';
CT - 145 : delete from grupo where id='1';
CT - 146 : insert into empresa (id, ativo, cnpj, razao_social, id_conta, id_plano) values (1, 1, 1, 1, 1, 1);
CT - 147 : insert into empresa (id, ativo, cnpj, razao_social, id_conta, id_plano) values (2, 1, 2, 2, 2, 2);
CT - 148 : update empresa set id_conta = '15';
CT - 149 : insert into empresa (id, ativo, cnpj, razao_social, id_conta, id_plano) values (3, 1, 3, 3, 3, 3);
CT - 150 : insert into empresa (id, ativo, cnpj, razao_social, id_conta, id_plano) values (4, 1, 4, 4, 4, 4);
CT - 151 : update empresa set id_plano = '15';
CT - 152 : insert into filial (id, razao_social, cnpj, data_insercao, id_empresa) values (1, 1, 1, 1, 1);
CT - 153 : insert into filial (id, razao_social, cnpj, data_insercao, id_empresa) values (2, 2, 2, 2, 2);
```

```
CT - 154 : insert into conta_plano (id, id_plano, id_conta, padrao) values (10, 1
CT - 155 : insert into conta_plano (id, id_plano, id_conta, padrao) values (11, 2
```

Scripts dos Testes de Mutantes

Texto do Apêndice [C](#).

Query dos Mutantes Caso 1:

M1.1 :

```
SELECT E.id, E.razao_social, F.id, F.razao_social, P.nome, CP.id, CP.id_plano, U.  
FROM filial F, empresa E, conta_plano CP, plano P, usuario U, conta C  
WHERE  
F.id_empresa > E.id and  
E.id_plano = CP.id and  
P.id = CP.id_plano and  
U.id_conta = C.id;
```

M1.2 :

```
SELECT E.id, E.razao_social, F.id, F.razao_social, P.nome, CP.id, CP.id_plano, U.  
FROM filial F, empresa E, conta_plano CP, plano P, usuario U, conta C  
WHERE  
F.id_empresa < E.id and  
E.id_plano = CP.id and  
P.id = CP.id_plano and  
U.id_conta = C.id;
```

M1.3

```
SELECT E.id, E.razao_social, F.id, F.razao_social, P.nome, CP.id, CP.id_plano, U.  
FROM filial F, empresa E, conta_plano CP, plano P, usuario U, conta C  
WHERE  
F.id_empresa <> E.id and  
E.id_plano = CP.id and  
P.id = CP.id_plano and  
U.id_conta = C.id;
```

M1.4:

```
SELECT E.id, E.razao_social, F.id, F.razao_social, P.nome, CP.id, CP.id_plano, U.  
FROM filial F, empresa E, conta_plano CP, plano P, usuario U, conta C  
WHERE  
F.id_empresa = E.id and  
E.id_plano > CP.id and  
P.id = CP.id_plano and  
U.id_conta = C.id;
```

M1.5:

```
SELECT E.id, E.razao_social, F.id, F.razao_social, P.nome, CP.id, CP.id_plano, U.  
FROM filial F, empresa E, conta_plano CP, plano P, usuario U, conta C  
WHERE  
F.id_empresa = E.id and  
E.id_plano < CP.id and  
P.id = CP.id_plano and  
U.id_conta = C.id;
```

M1.6

```
SELECT E.id, E.razao_social, F.id, F.razao_social, P.nome, CP.id, CP.id_plano, U.  
FROM filial F, empresa E, conta_plano CP, plano P, usuario U, conta C  
WHERE  
F.id_empresa = E.id and  
E.id_plano <> CP.id and  
P.id = CP.id_plano and  
U.id_conta = C.id;
```

M1.7 :

```
SELECT E.id, E.razao_social, F.id, F.razao_social, P.nome, CP.id, CP.id_plano, U.  
FROM filial F, empresa E, conta_plano CP, plano P, usuario U, conta C  
WHERE  
F.id_empresa = E.id and  
E.id_plano = CP.id and  
P.id > CP.id_plano and  
U.id_conta = C.id;
```

M1.8:

```
SELECT E.id, E.razao_social, F.id, F.razao_social, P.nome, CP.id, CP.id_plano, U.
FROM filial F, empresa E, conta_plano CP, plano P, usuario U, conta C
WHERE
F.id_empresa = E.id and
E.id_plano = CP.id and
P.id < CP.id_plano and
U.id_conta = C.id;
```

M1.9

```
SELECT E.id, E.razao_social, F.id, F.razao_social, P.nome, CP.id, CP.id_plano, U.
FROM filial F, empresa E, conta_plano CP, plano P, usuario U, conta C
WHERE
F.id_empresa = E.id and
E.id_plano = CP.id and
P.id <> CP.id_plano and
U.id_conta = C.id;
```

M1.0 :

```
SELECT E.id, E.razao_social, F.id, F.razao_social, P.nome, CP.id, CP.id_plano, U.
FROM filial F, empresa E, conta_plano CP, plano P, usuario U, conta C
WHERE
F.id_empresa = E.id and
E.id_plano = CP.id and
P.id = CP.id_plano and
U.id_conta > C.id;
```

M1.11:

```
SELECT E.id, E.razao_social, F.id, F.razao_social, P.nome, CP.id, CP.id_plano, U.
FROM filial F, empresa E, conta_plano CP, plano P, usuario U, conta C
WHERE
F.id_empresa = E.id and
E.id_plano = CP.id and
P.id = CP.id_plano and
U.id_conta < C.id;
```

M1.12 :

```
SELECT E.id, E.razao_social, F.id, F.razao_social, P.nome, CP.id, CP.id_plano, U.
FROM filial F, empresa E, conta_plano CP, plano P, usuario U, conta C
```

```
WHERE
F.id_empresa = E.id and
E.id_plano = CP.id and
P.id = CP.id_plano and
U.id_conta <> C.id;
```

M1.13

```
SELECT E.id, E.razao_social, F.id, F.razao_social, P.nome, CP.id, CP.id_plano, U.
FROM filial F, empresa E, conta_plano CP, plano P, usuario U, conta C
WHERE
F.id_empresa = E.id or
E.id_plano = CP.id and
P.id = CP.id_plano and
U.id_conta = C.id;
```

M1.14

```
SELECT E.id, E.razao_social, F.id, F.razao_social, P.nome, CP.id, CP.id_plano, U.
FROM filial F, empresa E, conta_plano CP, plano P, usuario U, conta C
WHERE
F.id_empresa = E.id and
E.id_plano = CP.id or
P.id = CP.id_plano and
U.id_conta = C.id;
```

M1.15

```
SELECT E.id, E.razao_social, F.id, F.razao_social, P.nome, CP.id, CP.id_plano, U.
FROM filial F, empresa E, conta_plano CP, plano P, usuario U, conta C
WHERE
F.id_empresa = E.id and
E.id_plano = CP.id and
P.id = CP.id_plano or
U.id_conta = C.id;
```

Query dos Mutantes Caso 2 :

M2.1

```
SELECT u.nome, g.id, p.nome, pm.valor_mensal_fixo
FROM usuario U, grupo G, plano P, usuario_grupo UP, preco_modulo PM
WHERE U.id > UP.id_usuario and
```

```
G.id = UP.id_grupo and  
PM.id_plano = P.id and  
U.id in(SELECT distinct id from usuario WHERE ativo = true);
```

M2.2

```
SELECT u.nome, g.id, p.nome, pm.valor_mensal_fixo  
FROM usuario U, grupo G, plano P, usuario_grupo UP, preco_modulo PM  
WHERE U.id < UP.id_usuario and  
G.id = UP.id_grupo and  
PM.id_plano = P.id and  
U.id in(SELECT distinct id from usuario WHERE ativo = true);
```

M2.3

```
SELECT u.nome, g.id, p.nome, pm.valor_mensal_fixo  
FROM usuario U, grupo G, plano P, usuario_grupo UP, preco_modulo PM  
WHERE U.id <> UP.id_usuario and  
G.id = UP.id_grupo and  
PM.id_plano = P.id and  
U.id in(SELECT distinct id from usuario WHERE ativo = true);
```

M2.4

```
SELECT u.nome, g.id, p.nome, pm.valor_mensal_fixo  
FROM usuario U, grupo G, plano P, usuario_grupo UP, preco_modulo PM  
WHERE U.id = UP.id_usuario and  
G.id > UP.id_grupo and  
PM.id_plano = P.id and  
U.id not in(SELECT distinct id from usuario WHERE ativo = true);
```

M2.5

```
SELECT u.nome, g.id, p.nome, pm.valor_mensal_fixo  
FROM usuario U, grupo G, plano P, usuario_grupo UP, preco_modulo PM  
WHERE U.id = UP.id_usuario and  
G.id < UP.id_grupo and  
PM.id_plano = P.id and  
U.id in(SELECT distinct id from usuario WHERE ativo = true);
```

M2.6

```
SELECT u.nome, g.id, p.nome, pm.valor_mensal_fixo
FROM usuario U, grupo G, plano P, usuario_grupo UP, preco_modulo PM
WHERE U.id = UP.id_usuario and
G.id <> UP.id_grupo and
PM.id_plano = P.id and
U.id in(SELECT distinct id from usuario WHERE ativo = true);
```

M2.7

```
SELECT u.nome, g.id, p.nome, pm.valor_mensal_fixo
FROM usuario U, grupo G, plano P, usuario_grupo UP, preco_modulo PM
WHERE U.id = UP.id_usuario and
G.id = UP.id_grupo and
PM.id_plano > P.id and
U.id in(SELECT distinct id from usuario WHERE ativo = true);
```

M2.8

```
SELECT u.nome, g.id, p.nome, pm.valor_mensal_fixo
FROM usuario U, grupo G, plano P, usuario_grupo UP, preco_modulo PM
WHERE U.id = UP.id_usuario and
G.id = UP.id_grupo and
PM.id_plano < P.id and
U.id in(SELECT distinct id from usuario WHERE ativo = true);
```

M2.9

```
SELECT u.nome, g.id, p.nome, pm.valor_mensal_fixo
FROM usuario U, grupo G, plano P, usuario_grupo UP, preco_modulo PM
WHERE U.id = UP.id_usuario and
G.id = UP.id_grupo and
PM.id_plano <> P.id and
U.id in(SELECT distinct id from usuario WHERE ativo = true);
```

M2.10

```
SELECT u.nome, g.id, p.nome, pm.valor_mensal_fixo
FROM usuario U, grupo G, plano P, usuario_grupo UP, preco_modulo PM
WHERE U.id = UP.id_usuario and
G.id = UP.id_grupo and
PM.id_plano = P.id and
U.id not in(SELECT distinct id from usuario WHERE ativo = true);
```


M2.11

```
SELECT u.nome, g.id, p.nome, pm.valor_mensal_fixo
FROM usuario U, grupo G, plano P, usuario_grupo UP, preco_modulo PM
WHERE U.id = UP.id_usuario and
G.id = UP.id_grupo and
PM.id_plano = P.id and
U.id in(SELECT distinct id from usuario WHERE ativo > true);
```

M2.12

```
SELECT u.nome, g.id, p.nome, pm.valor_mensal_fixo
FROM usuario U, grupo G, plano P, usuario_grupo UP, preco_modulo PM
WHERE U.id = UP.id_usuario and
G.id = UP.id_grupo and
PM.id_plano = P.id and
U.id in(SELECT distinct id from usuario WHERE ativo < true);
```

M1.13

```
SELECT u.nome, g.id, p.nome, pm.valor_mensal_fixo
FROM usuario U, grupo G, plano P, usuario_grupo UP, preco_modulo PM
WHERE U.id = UP.id_usuario and
G.id = UP.id_grupo and
PM.id_plano = P.id and
U.id in(SELECT distinct id from usuario WHERE ativo <> true);
```