

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
MINAS GERAIS - *CAMPUS* BETIM  
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Igor Marcos Alves de Resende

**SISTEMA DE BUSINESS INTELLIGENCE PARA MAPEAMENTO DO  
NÍVEL DE QUALIDADE DOS FORNECEDORES DA CADEIA DE  
SUPRIMENTOS**

Betim  
2026

IGOR MARCOS ALVES DE RESENDE

**SISTEMA DE BUSINESS INTELLIGENCE PARA MAPEAMENTO DO  
NÍVEL DE QUALIDADE DOS FORNECEDORES DA CADEIA DE  
SUPRIMENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora do curso de Engenharia de Controle e Automação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais *Campus* Betim, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

**Orientador:** Prof. Me. Maurício Monteiro da Silva

Betim  
2026

## FICHA CATALOGRÁFICA

R433s Resende, Igor Marcos Alves de

Sistema de business intelligence para mapeamento do nível de qualidade dos fornecedores da cadeia de suprimentos. – 2026.

41 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Câmpus Betim, 2026.

Orientação: Prof. Me. Maurício Monteiro da Silva

1. Business Intelligence. 2. Cadeia de Suprimentos. 3. Gestão da Qualidade. 4. Bando de dados. 5. Engenharia de Controle e Automação. I. Resende, Igor Marcos Alves de. II. Título.

CDU: 005.94

Igor Marcos Alves de Resende

**SISTEMA DE BUSINESS INTELLIGENCE PARA MAPEAMENTO DO  
NÍVEL DE QUALIDADE DOS FORNECEDORES DA CADEIA DE  
SUPRIMENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora do curso de Engenharia de Controle e Automação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais *Campus* Betim, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

Aprovado em: 19 / 01 / 2026 pela banca examinadora:

Prof. Maurício Monteiro da Silva  
STAPE 2398810  
IFMG CAMPUS BETIM

Prof. Me. Maurício Monteiro da Silva (Orientador) - IFMG *Campus* Betim

Prof. Dr. Gabriel Mendes de Almeida Carvalho - IFMG *Campus* Betim

Prof. Me. Virgil Del Duca Almeida - IFMG *Campus* Betim

"Se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes."

**Isaac Newton**

## RESUMO

A gestão eficiente da qualidade na cadeia de suprimentos é um fator decisivo para a competitividade industrial, contudo, muitas organizações ainda não possuem um mapeamento claro das informações de qualidade dos produtos de seus fornecedores ou baseiam suas decisões em métricas brutas que mascaram prejuízos financeiros. O objetivo deste trabalho foi desenvolver e implementar um sistema de *Business Intelligence* (BI) capaz de mapear e quantificar o nível de qualidade dos fornecedores de forma estratégica. A metodologia adotada consistiu na modelagem e criação de um banco de dados relacional em MySQL, gerenciado por uma aplicação *web* desenvolvida em PHP com arquitetura MVC para o registro de não conformidades. Para a análise de dados, utilizou-se o Microsoft Power BI na construção de *dashboards*. A validação do sistema ocorreu por meio da simulação de cenários que confrontaram métricas tradicionais, como preço unitário e total de defeitos, com indicadores avançados calculados pelo sistema, especificamente o Parte Por Milhão Equivalente (PPMeq) e o Custo Efetivo Por Peça Boa. Os resultados demonstraram que a utilização do BI corrigiu interpretações equivocadas geradas pela análise exclusiva de dados brutos, além de que permitiu a identificação precisa de fornecedores críticos e oportunidades de desenvolvimento por meio de gráficos de quadrantes. Conclui-se que a solução proposta viabiliza a transição de uma gestão reativa para uma abordagem proativa e assegura maior assertividade na tomada de decisões estratégicas e na mitigação dos custos da má qualidade.

**Palavras-chave:** *Business Intelligence*; Cadeia de Suprimentos; Gestão da Qualidade; Custos da Qualidade; Banco de Dados.

## ABSTRACT

Efficient quality management in the supply chain is a decisive factor for industrial competitiveness, however many organizations still lack a clear mapping of quality information regarding their suppliers' products or base their decisions on raw metrics that mask financial losses. The objective of this work was to develop and implement a Business Intelligence (BI) system capable of mapping and quantifying supplier quality levels strategically. The methodology adopted consisted of modeling and creating a relational MySQL database, managed by a web application developed in PHP with MVC architecture for recording non-conformities. For data analysis, Microsoft Power BI was used to build dashboards. The system validation occurred through the simulation of scenarios that compared traditional metrics, such as unit price and total defects, with advanced indicators calculated by the system, specifically the Part Per Million equivalents (PPMeq) and the Effective Cost per Good Part. The results demonstrated that the use of BI corrected erroneous interpretations generated by the exclusive analysis of raw data, in addition to allowing for the precise identification of critical suppliers and development opportunities through quadrant charts. It is concluded that the proposed solution enables the transition from reactive management to a proactive approach and ensures greater assertiveness in strategic decision-making and mitigation of poor quality costs.

**Keywords:** Business Intelligence; Supply Chain; Quality Management; Cost of Quality; Database.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Modelagem Entidade-Relacionamento. . . . .	22
Figura 2 – Script SQL gerado pelo DrawDB. . . . .	25
Figura 3 – Laragon com servidor local ativo. . . . .	26
Figura 4 – Interface HeidiSQL com tabelas criadas. . . . .	26
Figura 5 – Código PHP estruturado em MVC. . . . .	27
Figura 6 – Tela inicial. . . . .	28
Figura 7 – Tela para cadastro de fornecedores. . . . .	28
Figura 8 – Tela para cadastro de produtos. . . . .	29
Figura 9 – Tela para cadastro de incidentes de não conformidade de qualidade. . . . .	29
Figura 10 – Tabela "tFornecedor" com os dados finais inseridos corretamente. . . . .	31
Figura 11 – Tabela "tProduto" com os dados finais inseridos corretamente. . . . .	32
Figura 12 – Tabela "tQualidade" com os dados finais inseridos corretamente. . . . .	32
Figura 13 – <i>Dashboard</i> de análise do Cenário 1. . . . .	33
Figura 14 – <i>Dashboard</i> de análise do Cenário 2. . . . .	34
Figura 15 – <i>Dashboard</i> de análise do Cenário 3. . . . .	35
Figura 16 – <i>Dashboard</i> de análise do Cenário 4. . . . .	37

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Atributos tabela "tFornecedor". . . . .	23
Tabela 2 – Atributos tabela "tProduto". . . . .	23
Tabela 3 – Atributos tabela "tQualidade". . . . .	24

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

BI	Business Intelligence
CNPJ	Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica
COQ	Cost of Quality
CPF	Cadastro de Pessoas Físicas
DER	Diagrama Entidade-Relacionamento
ER	Entidade-Relacionamento
MVC	Model-View-Controller
PHP	Hypertext Preprocessor
POO	Programação Orientada a Objetos
PPMeq	Parte Por Milhão Equivalente
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SQL	Structured Query Language

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>1.1</b>	<b>Justificativa</b>	<b>15</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos</b>	<b>16</b>
<b>1.2.1</b>	<i>Objetivo geral</i>	<b>16</b>
<b>1.2.2</b>	<i>Objetivos específicos</i>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>17</b>
<b>2.1</b>	<b>Avaliação da qualidade dos fornecedores</b>	<b>17</b>
<b>2.2</b>	<b>Sistemas de <i>Business Intelligence</i></b>	<b>18</b>
<b>2.3</b>	<b>Banco de dados</b>	<b>19</b>
<b>2.4</b>	<b>Modelagem de dados</b>	<b>19</b>
<b>2.5</b>	<b>Modelagem Entidade-Relacionamento (ER)</b>	<b>20</b>
<b>2.6</b>	<b>Padrões de arquitetura de <i>software</i></b>	<b>21</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>22</b>
<b>3.1</b>	<b>Modelagem do banco de dados com DrawDB</b>	<b>22</b>
<b>3.2</b>	<b>Geração do script SQL a partir do DrawDB</b>	<b>24</b>
<b>3.3</b>	<b>Configuração do servidor e implementação do banco de dados</b>	<b>25</b>
<b>3.4</b>	<b>Desenvolvimento da aplicação <i>web</i> com PHP</b>	<b>27</b>
<b>3.5</b>	<b>Inserção de dados simulados e cenários de validação</b>	<b>29</b>
<b>3.6</b>	<b>Visualização de dados e indicadores com Microsoft Power BI</b>	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>31</b>
<b>4.1</b>	<b>Validação do sistema de banco de dados e aplicação <i>web</i></b>	<b>31</b>
<b>4.2</b>	<b>Cenário 1: análise de PPMeq versus quantidade absoluta de defeitos</b>	<b>32</b>
<b>4.3</b>	<b>Cenário 2: Custo Efetivo Por Peça Boa versus preço unitário</b>	<b>33</b>
<b>4.4</b>	<b>Cenário 3: identificação estratégica de fornecedores (preço versus qualidade)</b>	<b>35</b>
<b>4.5</b>	<b>Cenário 4: identificação de fornecedores críticos (volume versus qualidade)</b>	<b>36</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>38</b>
<b>5.1</b>	<b>Trabalhos Futuros</b>	<b>38</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>40</b>

<b>APÊNDICE A – CÓDIGO FONTE DA APLICAÇÃO <i>WEB</i> . . . . .</b>	<b>42</b>
--	-----------

# 1 INTRODUÇÃO

O cenário empresarial contemporâneo impulsiona as organizações a uma contínua busca por excelência operacional e adaptação às transformações globais. A competitividade no mercado atual exige mais do que a simples produção de bens, ela requer uma gestão sofisticada que integre eficiência e qualidade em todas as etapas (GIRSANG *et al.*, 2018). Neste panorama, o fluxo de informações assume um papel central e a capacidade de transformar dados brutos em conhecimento acionável torna-se um diferencial estratégico. A tomada de decisão nas empresas modernas depende intrinsecamente da disponibilidade de informações acuradas e de sistemas robustos que as processem (HOSEN *et al.*, 2024). A evolução tecnológica, em especial o avanço da Indústria 4.0, realça a necessidade de sistemas inteligentes e de uma cultura baseada em dados para a sobrevivência e o crescimento dos negócios (ROMERO *et al.*, 2021).

Nesse sentido, a complexidade das cadeias de suprimentos globais adiciona camadas de desafio à gestão da qualidade. A conformidade dos produtos manufaturados depende significativamente da qualidade dos componentes fornecidos por parceiros externos. Contudo, a efetiva avaliação e o monitoramento da performance de fornecedores representam uma dificuldade persistente para muitas indústrias (WANG, 2015). Frequentemente, a ausência de ferramentas ou metodologias para o mapeamento preciso do nível de qualidade dos produtos provenientes de fornecedores impede que as empresas tenham uma visão clara dos impactos negativos gerados por não conformidades. Esta lacuna culmina na impossibilidade de mensurar os gastos reais incorridos devido a problemas de qualidade (TELI *et al.*, 2014). Conseqüentemente, torna-se desafiador identificar quais fornecedores são consistentemente problemáticos e, por extensão, determinar com precisão onde as ações de melhoria e desenvolvimento devem ser prioritariamente aplicadas. A falta de dados concretos sobre os custos associados à má qualidade dificulta a tomada de decisões estratégicas e o planejamento de investimentos em iniciativas de aprimoramento (TELI *et al.*, 2013).

A transição de uma gestão reativa para uma abordagem proativa exige que as empresas aprimorem a qualidade da informação disponível em seus processos. Como já mencionado, capacidade de discernir o que se passa na cadeia produtiva, especialmente em relação a não conformidades, é crucial para evitar prejuízos e manter a reputação da marca. É neste ponto que sistemas de *Business Intelligence* (BI) oferecem um caminho promissor, com a conversão de vastos volumes de dados em *insights* estratégicos, os quais apoiam a gestão em suas decisões mais críticas (COSTA; SANTOS, 2012; VELICANU; MATEI *et al.*, 2007). A integração desses sistemas com o processo de avaliação de fornecedores contribui positivamente na forma como a qualidade é controlada e aprimorada.

Diante disso, a relevância de se abordar as lacunas informacionais na gestão da qualidade da cadeia de suprimentos torna-se evidente. A necessidade de aprimorar o controle dos custos de qualidade em relação aos produtos de fornecedores representa um desafio que exige novas abordagens e investigação contínua (SANTOS; ANTONELLI, 2011). Com isso, destaca-se a

importância de fortalecer a capacidade de análise e o processo decisório na avaliação de parceiros comerciais, para que se alinhem às demandas por uma gestão baseada na inteligência de dados (COSTA; SANTOS, 2012).

## 1.1 Justificativa

A crescente complexidade das operações industriais contemporâneas e a intensa dependência de cadeias de suprimentos globalizadas expõem as empresas a riscos significativos relacionados à qualidade dos insumos e componentes recebidos de terceiros. A ineficácia na gestão da qualidade dos fornecedores, muitas vezes decorrente da ausência de dados acionáveis sobre não conformidades, traduz-se em perdas financeiras direta. Os problemas de qualidade impactam não apenas a produção, com custos de retrabalho, sucata e atrasos, mas também a qualidade do produto final e a satisfação do cliente (COSTA; BARROS; REBELO, 2005). A falta de visibilidade sobre esses custos reais, impede que as organizações avaliem o impacto total da má qualidade e priorizem investimentos de forma estratégica.

Nesse contexto, muitas empresas ao se basearem suas decisões apenas em métricas brutas e isoladas acabam por operar com uma visão distorcida da realidade. Essa análise superficial mascara os custos ocultos da má qualidade e leva à formulação de planos de ação ineficazes, onde fornecedores críticos podem ser mantidos e parceiros estratégicos descartados erroneamente (MARTINS; NETO, 1998). A capacidade de estimar corretamente o nível de qualidade ao longo da cadeia de suprimentos é um desafio reconhecido e uma área fundamental para a tomada de decisão gerencial, uma vez que sem tais informações as empresas permanecem em uma posição reativa, incapazes de influenciar proativamente a performance de seus fornecedores (SRIVASTAVA, 2008).

Para superar essa visão limitada baseada em métricas isoladas, a adoção de tecnologias de BI se justifica pela sua capacidade de integrar grandes volumes de dados e transformá-los em visualizações dinâmicas. Diferente de planilhas estáticas ou relatórios convencionais, o BI permite o cruzamento de variáveis complexas que facilitam a identificação de padrões ocultos e apoiam a transição para uma gestão baseada em evidências.(COSTA; SANTOS, 2012)

Assim, a proposição de um sistema capaz de sistematizar e quantificar assertivamente o grau de qualidade dos produtos dos fornecedores apresenta uma grande relevância prática. Com o mapeamento claro das falhas, torna-se possível não apenas explicitar os custos de forma precisa, mas também direcionar programas de desenvolvimento de fornecedores, negociar contratos com base em performance real e implementar melhorias específicas que resultem em ganhos concretos de eficiência, redução de custos e, em última instância, no fortalecimento da competitividade empresarial (MARINO, 2006).

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 *Objetivo geral*

Este trabalho apresenta como objetivo a concepção de um sistema de banco de dados capaz de estruturar e armazenar as informações sobre produtos manufacturados pelos fornecedores que apresentaram não conformidades, de forma a permitir visualizar por meio de sistemas de *Business Intelligence* (BI) indicadores relacionados aos custos da qualidade.

### 1.2.2 *Objetivos específicos*

- Criação de um banco de dados para armazenamento das informações de não conformidades dos produtos dos fornecedores.
- Permitir ao usuário inserir, editar e excluir no banco de dados novas informações relacionadas às não conformidades dos produtos dos fornecedores.
- Possibilitar por meio de sistemas de *Business Intelligence* (BI) a visualização gráfica dos indicadores Parte Por Milhão Equivalente (PPMeq) e Custo Efetivo Por Peça Boa gerados por cada fornecedor devido às suas não conformidades de seus respectivos produtos.
- Mostrar a eficiência do sistema de BI em garantir melhores tomadas de decisão do que apenas a análise única de dados brutos, como número de falhas e custo total.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Avaliação da qualidade dos fornecedores

A avaliação de parceiros comerciais constitui um processo estratégico de grande relevância para as empresas, uma vez que a qualidade dos produtos e serviços ofertados ao cliente final depende diretamente do desempenho desses colaboradores (TELI *et al.*, 2014).

Em muitos setores de manufatura e serviços, os custos de aquisição dos componentes dos fornecedores podem representar entre 50% e 80% dos gastos totais de fabricação (SRIVASTAVA, 2008). Com isso, a capacidade de uma organização em controlar esses valores de compra impacta significativamente em sua lucratividade (SRIVASTAVA, 2008).

Dessa forma, gerenciar a qualidade do fornecedor pode gerar uma vantagem competitiva, contudo, para alcançar isso, é necessário que empresas implementem programas de avaliação que usem dados sobre a qualidade dos produtos recebidos por esses terceiros. Ao utilizar esse método, torna-se possível diferenciar os entes problemáticos dos competentes e permite às gerências direcionarem ações mais efetivas sobre os integrantes da cadeia de suprimentos (TELI *et al.*, 2014).

Uma abordagem para avaliar o nível de qualidade dos provedores é por meio dos custos da qualidade (*Cost of Quality* - COQ), que apresenta um impacto estratégico e econômico considerável (TELI *et al.*, 2013). Embora historicamente aplicado como uma medida de desempenho interno nas empresas, o COQ também é utilizado para avaliar a performance de fornecedores (TELI *et al.*, 2014).

Além de abranger a soma dos prejuízos resultantes da má qualidade, o COQ também considera os gastos incorridos para preveni-la juntamente com os recursos usados na avaliação do cumprimento dos requisitos do produto (SRIVASTAVA, 2008). Esse montante é geralmente dividido em duas categorias principais: custos da boa qualidade e da má qualidade (TELI *et al.*, 2013). O primeiro inclui o campo da prevenção, que se associa à supressão de defeitos para assegurar o cumprimento das especificações e minimizar a probabilidade de eventos adversos, e o da avaliação, relacionados aos processos de inspeção (TELI *et al.*, 2013). O segundo, por sua vez, é categorizado em falhas internas (ocorridas antes da entrega ao cliente final, como sucata e retrabalho) ou externas (evidenciadas após a recebimento pelo consumidor) (TELI *et al.*, 2013).

A análise do custo da qualidade do fornecedor pode ser realizada por meio de diferentes técnicas em que uma delas é o Parte Por Milhão Equivalente (PPMeq). Esse indicador realiza um estudo do número de peças rejeitadas em relação ao quantitativo total entregue por determinado agente terceiro (TELI *et al.*, 2014). Portanto, o PPMeq auxilia as empresas na tomada de decisões estratégicas, já que permite quantificar o nível de qualidade dos fornecedores e, conseqüentemente, possibilita a evidenciação de parceiros ou para projetos futuros (aqueles com baixo valor de PPMeq) ou que necessitam de ações corretivas imediatas (aqueles com alto valor de PPMeq)

(TELI *et al.*, 2013). A equação dessa métrica é representada a seguir:

$$PPMeq = \frac{Qtd_{qtl}}{Qtd_{adq}} \cdot 1.000.000 \quad (2.1)$$

em que:

- $Qtd_{qtl}$  é a quantidade total de peças não conformes.
- $Qtd_{adq}$  é a quantidade total de peças adquiridas.

Outra maneira relevante usada na avaliação de desempenho é o Custo Efetivo Por Peça Boa. Este indicador agrega no preço unitário de aquisição do produto o custo de qualidade gerado por ele, além de que considera para o cálculo apenas a quantidade de peças que não tiveram problemas de não conformidades. Desse modo, o valor final obtido representa realmente o custo que aquele componente em específico gera para a corporação (TELI *et al.*, 2014). Sua equação pode ser vista abaixo:

$$\text{Custo Efetivo Por Peça Boa} = \frac{Qtd_{adq} \cdot \text{Valor}_{unit} + Qtd_{qtl} \cdot \text{Valor}_{unit}}{Qtd_{adq} - Qtd_{qtl}} \quad (2.2)$$

em que:

- $Qtd_{adq}$  é a quantidade total de peças adquiridas.
- $Qtd_{qtl}$  é a quantidade total de peças não conformes.
- $\text{Valor}_{unit}$  é o valor unitário da peça.

Assim, esses relatórios baseados nos indicadores citados podem então revelar os pontos fortes e fracos da cadeia de suprimentos (SRIVASTAVA, 2008). Dessa forma, os custos da qualidade fornecem uma linguagem que a gerência pode compreender e utilizar para ações focadas na prevenção e melhoria contínua (SRIVASTAVA, 2008).

## 2.2 Sistemas de *Business Intelligence*

No cenário empresarial contemporâneo, a capacidade de transformar grandes volumes de dados em conhecimento acionável constitui um diferencial estratégico. Nesse contexto, o *Business Intelligence* (BI) emerge como uma categoria abrangente que engloba aplicações, tecnologias e processos (SHARDA; DELEN; TURBAN, 2018). O objetivo primordial do BI é coletar, armazenar, acessar e analisar dados com o intuito de apoiar os usuários na tomada de decisões de negócio mais eficazes. Trata-se de um processo que converte dados em informações, que por sua vez se convertem em decisões e, finalmente, em ações estratégicas.

A implementação de um sistema de *Business Intelligence* visa melhorar o desempenho empresarial por meio de uma compreensão aprofundada das necessidades e oportunidades de negócio. Um dos principais propósitos do BI é facilitar o acesso aos dados e aos modelos analíticos, e confere aos gestores a capacidade de realizar análises aprofundadas (SHARDA; DELEN; TURBAN, 2018). As soluções de BI frequentemente integram diversas funcionalidades, que incluem a aplicação de técnicas de mineração de dados para descoberta de padrões e a geração de relatórios e *dashboards* que visualizam informações chave de desempenho.

Em última instância, o BI contribui para aprimorar a pontualidade e a qualidade das informações que embasam o processo decisório. Ao oferecer *insights* claros e baseados em evidências, um sistema de *Business Intelligence* capacita as organizações a identificar tendências, otimizar operações, mitigar riscos e capitalizar oportunidades de mercado, e assim reforça sua vantagem competitiva em um ambiente de negócios dinâmico (SHARDA; DELEN; TURBAN, 2018).

### **2.3 Banco de dados**

No contexto da gestão da informação um banco de dados consiste em uma coleção organizada de dados logicamente relacionados, a qual usualmente inclui a própria definição dos dados e as relações que existem entre eles (TEOREY *et al.*, 2011). O propósito fundamental de um banco de dados é armazenar, gerenciar e recuperar informações de maneira eficiente e segura, e oferece suporte crucial para as operações e processos de negócio de uma empresa (TEOREY *et al.*, 2011).

A importância de um banco de dados reside na sua capacidade de centralizar informações, promover a integridade dos dados e facilitar o compartilhamento entre diferentes aplicações e usuários. Esta estrutura permite que as organizações transformem dados brutos em ativos valiosos, essenciais para a tomada de decisão estratégica e operacional (LEE; CHOI, 1998). A qualidade de um banco de dados e a eficácia com que se pode extrair informações dele dependem diretamente de um projeto bem elaborado, muitas vezes por meio de técnicas de modelagem de dados.

Para o gerenciamento e acesso aos dados armazenados em um banco de dados, utiliza-se um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD). O SGBD constitui um conjunto de programas de *software* que permite aos usuários criar, manter e acessar os bancos de dados de forma controlada (TEOREY *et al.*, 2011). Dessa forma, o banco de dados e o SGBD trabalham em conjunto para garantir que os dados estejam disponíveis, consistentes e protegidos, e atendem às necessidades informacionais da organização

### **2.4 Modelagem de dados**

A modelagem de dados constitui um componente essencial na concepção e no desenvolvimento de sistemas de informação. Esse processo viabiliza a criação de uma representação da

realidade informacional de uma organização, indispensável para a visualização e a compreensão das informações organizacionais envolvidas e as relações existentes entre elas. Essa prática facilita a tradução dos requisitos empresariais em uma estrutura lógica de dados, que se manifesta, por exemplo, por meio de diagramas como o Entidade-Relacionamento (ER), ferramenta utilizada para integrar o campo computacional com o real (BALLARD *et al.*, 1998).

Nesse contexto, o modelo é um instrumento primordial para a criação dos bancos de dados, pois sem uma modelagem estruturada e bem definida, os dados armazenados tornam-se incoerentes e conseqüentemente perdem a sua utilidade analítica (BALLARD *et al.*, 1998).

Assim, na construção de um banco de dados, o modelo utilizado exerce uma função estratégica de planejamento e orientação. Para isso, foram estabelecidas diferentes abordagens de modelagem, cada qual com suas particularidades, em que as mais discutidas pela literatura consiste na Entidade-Relacionamento (BALLARD *et al.*, 1998), que está detalhada no tópico subsequente .

## 2.5 Modelagem Entidade-Relacionamento (ER)

A Modelagem Entidade-Relacionamento (ER, do inglês *Entity-Relationship*) constitui um dos pilares fundamentais na área de projeto de bancos de dados. Proposto originalmente por Peter Chen em 1976, o modelo ER revolucionou a forma como se representam os dados de uma organização (HAY, 1999; TEOREY *et al.*, 2011). Seu principal objetivo é fornecer uma representação conceitual da realidade do negócio, de modo que se possa facilmente entender e interpretar os requisitos de dados antes da implementação física do banco (LEE; CHOI, 1998). O modelo ER é amplamente reconhecido pela sua simplicidade e capacidade intuitiva para representar a estrutura de dados complexos.

O modelo ER baseia-se em três aspectos essenciais para descrever a realidade. O primeiro é a entidade, a qual representa um objeto ou um conceito do mundo real com existência independente. Uma entidade pode ser algo físico, como um "cliente" ou "produto", ou um algo abstrato, como uma "ordem de serviço", e cada entidade corresponde a um conjunto de instâncias semelhantes.

A segunda definição fundamental são os atributos, que são propriedades ou características que descrevem uma entidade. Por exemplo, uma entidade "cliente" pode possuir atributos como "nome", "CPF" e "endereço", e esses atributos fornecem detalhes específicos sobre as entidades às quais pertencem.

Por fim, o terceiro conceito é o relacionamento, que representa uma associação ou ligação entre duas ou mais entidades. Por exemplo, um relacionamento "realiza" pode conectar as entidades "cliente" e "pedido" de forma a indicar que um cliente realiza um pedido. Os relacionamentos possuem uma cardinalidade, que especifica o número de ocorrências de uma entidade que podem estar associadas a uma ocorrência de outra entidade (TEOREY *et al.*, 2011).

As cardinalidades mais comuns incluem um-para-um (1:1), um-para-muitos (1:N) e muitos-para-muitos (N:N).

A representação gráfica do modelo ER utiliza símbolos específicos para cada um desses componentes e facilita desse modo a comunicação entre desenvolvedores e usuários de negócio. Essa clareza visual torna o modelo ER uma ferramenta básica na fase de análise e projeto e assegura que o esquema do banco de dados reflita com precisão a lógica do negócio (TEOREY *et al.*, 2011).

## 2.6 Padrões de arquitetura de *software*

A arquitetura de *software* representa a estrutura de alto nível de um sistema, a qual engloba as partes constituintes da aplicação e as formas como se relacionam e interagem entre si (VALENTE, 2020). Nesse contexto, os padrões arquiteturais constituem soluções reutilizáveis e comprovadas para problemas recorrentes que surgem no processo de desenvolvimento do projeto. Eles fornecem uma base conceitual para a criação de sistemas complexos e servem como um esquemático para a sua organização estrutural (VALENTE, 2020).

Com isso, a aplicação desses elementos oferecem diversos benefícios significativos na elaboração do *software*. Primeiramente, reduzem o risco associado à criação de soluções complexas, uma vez que se baseiam em experiências bem-sucedidas. Em segundo lugar, aceleram o processo de desenvolvimento, pois fornecem modelos pré-definidos que podem se adaptar às necessidades específicas do projeto (VALENTE, 2020).

Adicionalmente, os padrões facilitam a compreensão do ambiente construído por parte de diferentes membros da equipe e *stakeholders*, por estabelecerem uma linguagem comum e um vocabulário compartilhado. Também promovem o reuso de soluções e componentes, o que contribui para a melhoria da manutenção, escalabilidade e robustez das aplicações. Portanto, a escolha da arquitetura adequada é crucial para garantir a construção de produtos de *software* que atendam eficientemente os requisitos funcionais e não funcionais estabelecidos pelo cliente (VALENTE, 2020).

### 3 METODOLOGIA

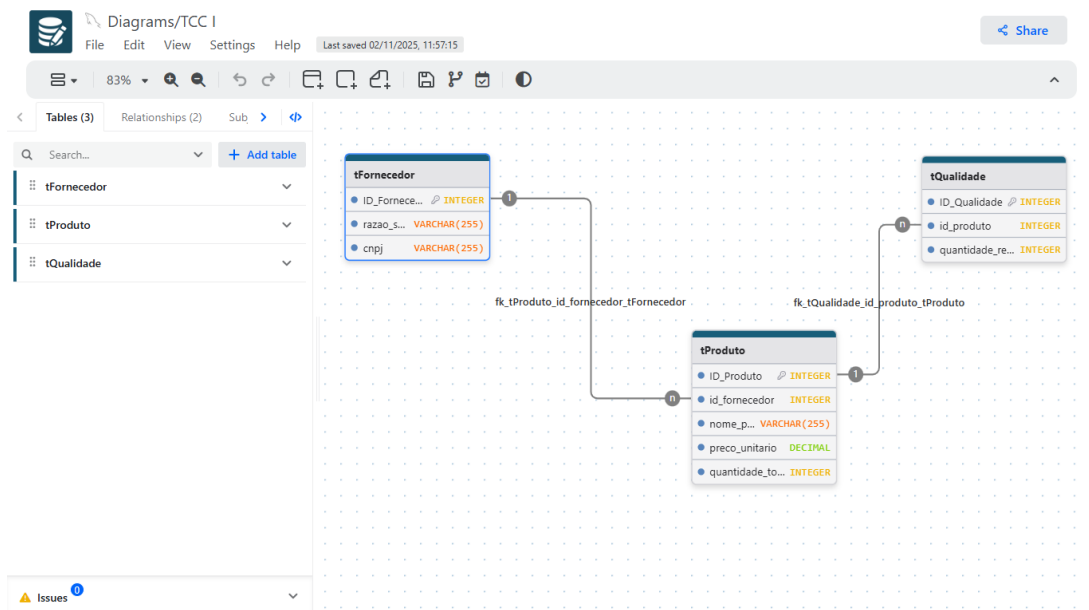
Este capítulo detalha as tecnologias, ferramentas e etapas empregadas no desenvolvimento da solução de *Business Intelligence*, desde a concepção do banco de dados até a visualização dos indicadores de qualidade. Cada subseção descreve uma ferramenta e sua aplicação direta na construção do protótipo.

#### 3.1 Modelagem do banco de dados com DrawDB

A fase inicial do projeto consistiu na estruturação conceitual dos dados. Para essa finalidade, foi utilizada a ferramenta DrawDB, que trata-se de um editor online gratuito focado no design e visualização de Diagramas Entidade-Relacionamento (DER) de bancos de dados.

Nesta etapa, o DrawDB foi utilizado então para criar o DER da solução e, a partir disso, foi definido as entidades centrais do sistema e seus respectivos atributos, como apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Modelagem Entidade-Relacionamento.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Como visto na imagem, três tabelas foram criadas, em que a primeira delas foi a “tFornecedor”, essa responsável por armazenar as principais informações de cada fornecedor parceiro. A Tabela 1 descreve detalhadamente os seus atributos.

Tabela 1 – Atributos tabela "tFornecedor".

Atributo	Descrição	Tipo de dado	Tipo de Chave
ID_Fornecedor	Identificativo único de cada fornecedor parceiro	INT (11)	Primária
razao_social	Nome da razão social do fornecedor	VARCHAR (255)	Não aplicado
cnpj	Valor do CNPJ do fornecedor	VARCHAR (255)	Não aplicado

Posteriormente, teve-se a criação da entidade “tProduto” com o intuito de ser agregado nela as informações dos produtos manufaturados por cada fornecedor. A descrição detalhada de seus atributos é mostrada na Tabela 2.

Tabela 2 – Atributos tabela "tProduto".

Atributo	Descrição	Tipo de dado	Tipo de Chave
ID_Produto	Identificativo único de cada produto adquirido	INT (11)	Primária
id_fornecedor	Identifica quem é o fornecedor do produto	INTEGER	Estrangeira
nome_produto	Nome do produto	VARCHAR (255)	Não aplicado
preco_unitario	Preço unitário do produto	DECIMAL	Não aplicado
quantidade_total	Quantidade adquirida do produto	INTERGER	Não aplicado

Por fim, a última tabela feita foi a “tQualidade”, que apresentou como objetivo receber todos os incidentes de não conformidade de qualidade ocorridos. A seguir, na Tabela 3, são explicitados os seus atributos.

Tabela 3 – Atributos tabela "tQualidade".

Atributo	Descrição	Tipo de dado	Tipo de Chave
ID_Qualidade	Identificativo único de cada incidente de não conformidade de qualidade ocorrido	INT (11)	Primária
id_produto	Identifica qual produto foi reportado a não conformidade de qualidade	INTEGER	Estrangeira
quantidade_rejeitada	Quantidade do produto que apresentou a não conformidade de qualidade	INTEGER	Não aplicado

No que tange às relações entre as entidades, duas foram definidas. A primeira, uma relação de um-para-muitos (1:N), foi estabelecida da tabela “tFornecedor” para a “tProduto”. Isso se justifica pois um único fornecedor pode produzir diversos produtos, ao passo que um produto específico só pode ser manufaturado por um único fornecedor. A segunda relação, também de um-para-muitos (1:N), conecta a entidade “tProduto” à “tQualidade”. Essa ligação é necessária porque um produto pode apresentar várias ocorrências de não conformidade ao longo do tempo, mas cada incidente de qualidade registrado refere-se a apenas um produto.

A partir disso, com todas as informações necessárias para garantir a integridade e a organização dos dados referentes às não conformidades e seus custos associados, a modelagem DER foi finalizada.

### 3.2 Geração do script SQL a partir do DrawDB

O Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) relacional escolhido para o projeto foi o MySQL, uma vez que ele se caracteriza como um dos mais conhecidos e amplamente utilizados no mundo e, principalmente, por sua ampla compatibilidade com a linguagem de programação PHP, também adotada neste trabalho.

Com isso, a partir do Diagrama Entidade-Relacionamento definido e validado na etapa anterior, a própria ferramenta DrawDB foi utilizada para traduzir o modelo visual em um modelo lógico por meio de sua funcionalidade de exportação que gera automaticamente o script SQL correspondente ao diagrama desenhado e de acordo com sintaxe do SGBD escolhido, no caso o MySQL. Esse script gerado (Figura 2) continha todos os comandos necessários para construir a estrutura do banco de dados, além de incluir a definição precisa de todos atributos, seus tipos de

dados e seus relacionamentos.

Figura 2 – Script SQL gerado pelo DrawDB.

```

1 CREATE TABLE `tFornecedor` (
2   `ID_Fornecedor` INT(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,
3   `razao_social` VARCHAR(255) NOT NULL,
4   `cnpj` VARCHAR(255) NOT NULL,
5   PRIMARY KEY(`ID_Fornecedor`)
6 );
7
8
9 CREATE TABLE `tProduto` (
10  `ID_Produto` INT(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,
11  `id_fornecedor` INTEGER NOT NULL,
12  `nome_produto` VARCHAR(255) NOT NULL,
13  `preco_unitario` DECIMAL NOT NULL,
14  `quantidade_total` INTEGER NOT NULL,
15  PRIMARY KEY(`ID_Produto`)
16 );
17
18
19 CREATE TABLE `tQualidade` (
20  `ID_Qualidade` INT(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,
21  `id_produto` INTEGER NOT NULL,
22  `quantidade_rejeitada` INTEGER NOT NULL,
23  PRIMARY KEY(`ID_Qualidade`)
24 );
25
26
27 ALTER TABLE `tProduto`
28 ADD FOREIGN KEY(`id_fornecedor`) REFERENCES `tFornecedor`(`ID_Fornecedor`)
29 ON UPDATE NO ACTION ON DELETE NO ACTION;
30 ALTER TABLE `tQualidade`
31 ADD FOREIGN KEY(`id_produto`) REFERENCES `tProduto`(`ID_Produto`)
32 ON UPDATE NO ACTION ON DELETE NO ACTION;

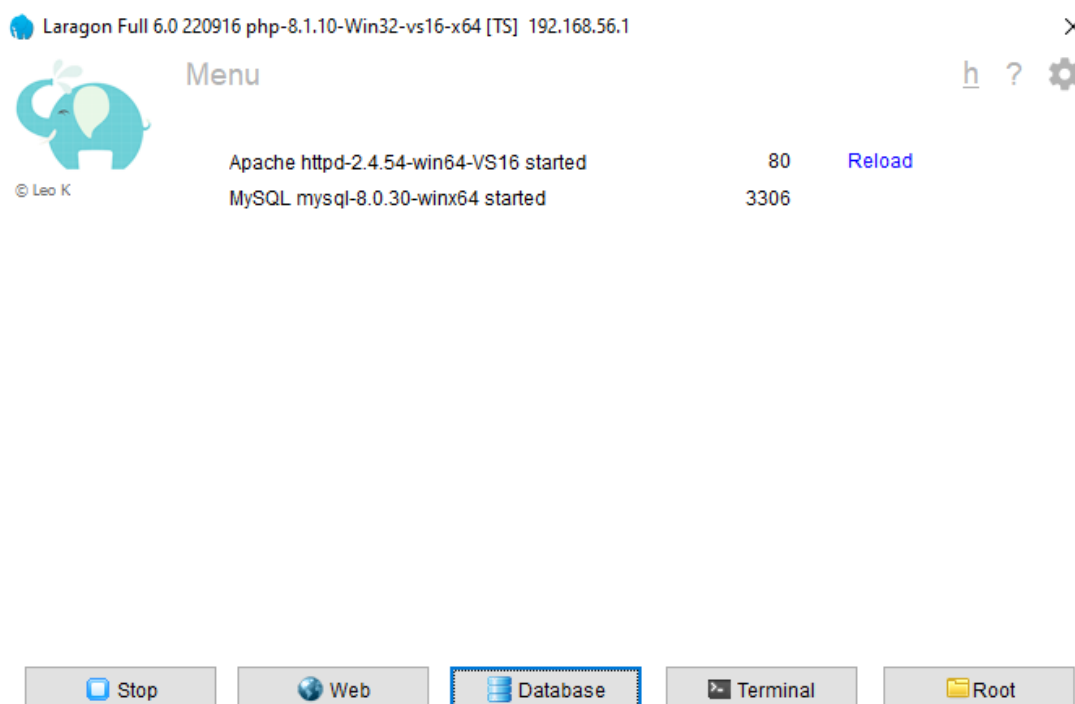
```

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

### 3.3 Configuração do servidor e implementação do banco de dados

De posse do script SQL, a próxima etapa foi a configuração do ambiente de servidor para hospedar o banco de dados. Para isso, foi utilizada a aplicação Laragon (Figura 3), um *software* que cria um ambiente de desenvolvimento local de forma completa e simplificada, com o servidor MySQL já incluso.

Figura 3 – Laragon com servidor local ativo.

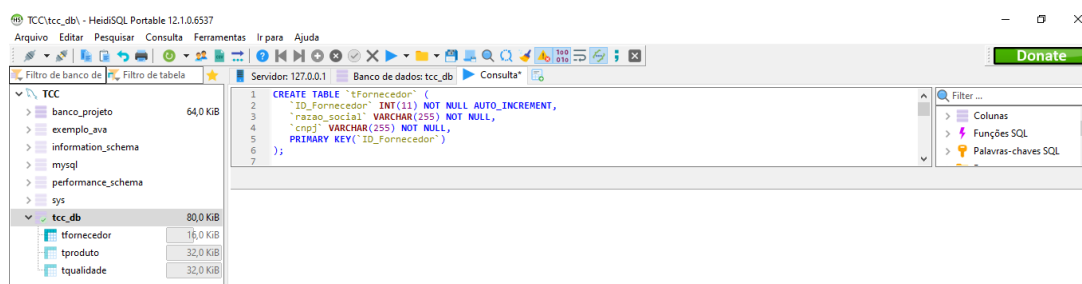


Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Após a inicialização dos serviços por essa ferramenta, usou-se o HeidiSQL, um cliente de banco de dados gráfico, leve e de código aberto, utilizado para a administração, visualização e manipulação de bancos de dados

Assim, por meio dessa interface do HeidiSQL, foi estabelecida a conexão com o servidor MySQL local e, em seguida, o script SQL gerado pelo DrawDB no momento passado foi executado. Essa ação criou efetivamente o banco de dados e todas as suas tabelas, como pode ser observado na Figura 4. A partir desse feito, a estrutura lógica projetada foi implementada em um banco de dados físico e funcional, pronto para as etapas subsequentes de inserção de dados e desenvolvimento da aplicação.

Figura 4 – Interface HeidiSQL com tabelas criadas.



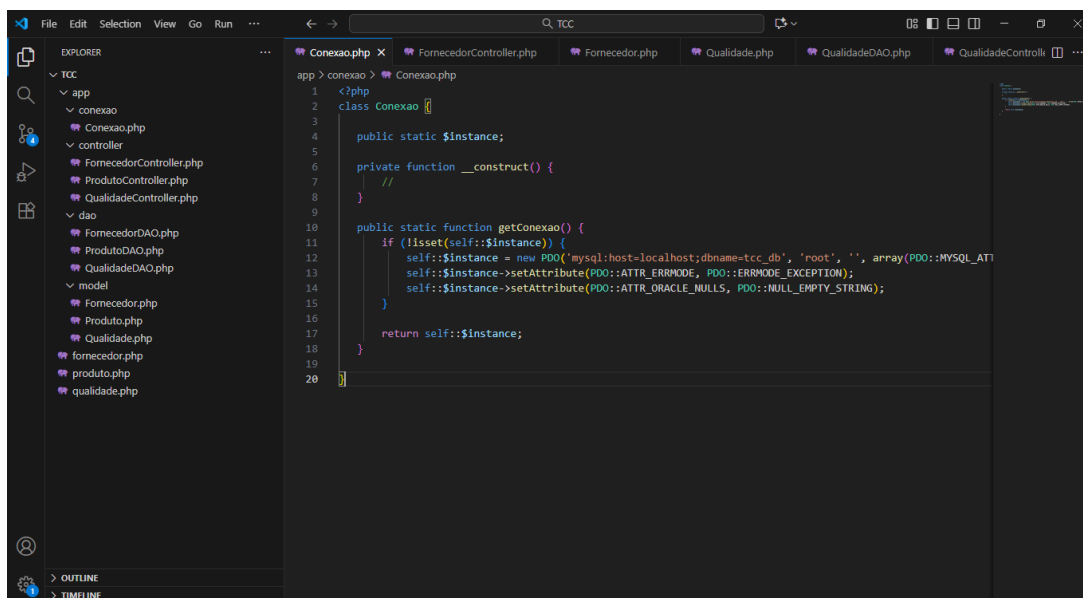
Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

### 3.4 Desenvolvimento da aplicação *web* com PHP

Para cumprir o objetivo de permitir ao usuário inserir, editar e excluir informações sobre não conformidades no banco de dados, foi desenvolvida uma interface de aplicação *web*. A linguagem de programação principal para a *back-end* e *front-end* desta aplicação foi o PHP (Hypertext Preprocessor), que consiste em uma linguagem de scripting de código aberto amplamente aplicada no desenvolvimento *web* por se destacar na sua capacidade de interagir eficientemente com diversos bancos de dados, inclusive o MySQL.

A aplicação PHP para a solução, como mostrado na Figura 5, foi estruturada de acordo com o padrão arquitetural *Model-View-Controller* (MVC) para garantir melhor organização de cada parte funcional do código. Com isso, a aplicação foi dividida em três componentes interconectados: *Model*, *View* e *Controller*. A primeira teve como estratégia ser a camada responsável por gerenciar os dados e interagir diretamente com o banco de dados MySQL para realizar operações de armazenamento, recuperação e atualização das informações. A segunda foi aplicada para exibir os dados ao usuário de forma inteligível e amigável. Por último, a terceira foi programada para ser o componente intermediário entre as outras duas camadas, com o intuito de receber as requisições do usuário, processá-las e interagir com a *Model* para manipular os dados e determinar qual *View* deve ser apresentada ao usuário.

Figura 5 – Código PHP estruturado em MVC.



```
1 <?php
2 class Conexao {
3
4     public static $instance;
5
6     private function __construct() {
7         //
8     }
9
10    public static function getConexao() {
11        if (!isset(self::$instance)) {
12            self::$instance = new PDO("mysql:host=localhost;dbname=tcc db", 'root', '', array(PDO::MYSQL_ATTR_ERRMODE => PDO::ERRMODE_EXCEPTION));
13            self::$instance->setAttribute(PDO::ATTR_ERRMODE, PDO::ERRMODE_EXCEPTION);
14            self::$instance->setAttribute(PDO::ATTR_ORACLE_NULLS, PDO::NULL_EMPTY_STRING);
15        }
16
17        return self::$instance;
18    }
19
20 }
```

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Dessa forma, com a utilização desse padrão, quatro telas foram criadas, observadas da Figura 6 a 9, que representam respectivamente a tela para cadastro de fornecedores, a tela para cadastro de produtos, a tela para cadastro de incidentes de não conformidade de qualidade e, por último, a tela inicial, responsável por permitir navegar entre as outras interfaces.

Em cada uma das telas de cadastro foi implementada a opção de inserir novos dados, excluir registros já existentes e editar informações antes adicionadas, além de que em cada interface apresentava visualmente os dados presentes naquela categoria.

Figura 6 – Tela inicial.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Figura 7 – Tela para cadastro de fornecedores.

Dados Fornecedores

Razao Social  CNPJ

ID_Fornecedor	Razao Social	CNPJ	Ações
F1	Teste 1	Teste 1	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Excluir"/>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Figura 8 – Tela para cadastro de produtos.

Dados Produtos

ID Fornecedor:  Digite apenas o número

Nome Produto:

Preço Unitário:

Quantidade Total:

[Cadastrar](#)

ID Produto	ID Fornecedor	Nome Produto	Preço Unitário	Quantidade Total	Ações
P1	F1	Teste 1	111	111	<a href="#">Editar</a> <a href="#">Excluir</a>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Figura 9 – Tela para cadastro de incidentes de não conformidade de qualidade.

Dados Qualidade

ID do Produto:  Digite apenas o número

Quantidade Rejeitada:

[Cadastrar](#)

ID Qualidade	ID Produto	Qtd. Rejeitada	Ações
Q1	P1	111	<a href="#">Editar</a> <a href="#">Excluir</a>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

### 3.5 Inserção de dados simulados e cenários de validação

Após a criação da estrutura física do banco de dados no servidor MySQL, a próxima etapa consistiu na sua popularização. Foram inseridos dados simulados para preencher as tabelas “tFornecedores”, “tProdutos” e “tQualidade” com informações fictícias, mas realistas sobre o desempenho dos fornecedores.

Vale ressaltar que esses dados não foram inseridos aleatoriamente, eles foram especificamente projetados para criar cenários de validação. O objetivo nisso foi testar a eficiência dos *dashboards* de *Business Intelligence* e comprovar a hipótese central deste trabalho, que consiste em evidenciar que a utilização de ferramentas de BI permitem uma tomada de decisão mais assertiva em relação ao nível de qualidade dos fornecedores do que a análise de apenas métricas brutas, como o total de defeitos ou o preço unitário.

Abaixo, foram detalhados os cenários de validação criados e os objetivos de cada um.

- Cenário 1 - Validação do indicador PPMeq sobre o total de defeitos: objetiva demonstrar que analisar apenas a quantidade absoluta de defeitos de um fornecedor, sem considerar o volume fornecido, leva a conclusões errôneas. O cenário busca provar que o indicador PPMeq criado pelo BI é essencial para uma avaliação justa do nível de qualidade.
- Cenário 2 - Validação da análise de custo efetivo sobre o preço unitário: apresenta o intuito de demonstrar que a escolha de um fornecedor baseada unicamente no menor preço unitário pode, na verdade, gerar mais prejuízo do que economia. O cenário visa validar o indicador "Custo Efetivo Por Peça Boa" gerado pelo sistema de BI como uma métrica de custo-benefício superior se confrontado aos dados brutos.
- Cenário 3 - Validação da identificação estratégica de fornecedores ao considerar a relação preço e qualidade: busca mostrar como uma visualização de BI em quadrantes em um plano cartesiano é superior a tabelas e gráficos simples para identificar quais fornecedores são candidatos a projetos futuros e quais necessitam de ação corretiva imediata.
- Cenário 4 - Validação da identificação de fornecedores críticos ao levar em conta a relação volume e qualidade: possui o objetivo de demonstrar a eficiência da ferramenta de BI, em comparação aos dados sem tratamento, em explicitar visualmente e assertivamente os fornecedores que representam um risco estratégico para a operação, seja por gerar grande prejuízo ao fornecerem um alto volume com baixa qualidade ou por causar um risco de dependência ao fornecerem um alto volume com alta qualidade.

### **3.6 Visualização de dados e indicadores com Microsoft Power BI**

Para a etapa final de análise e visualização dos dados, foi adotado o Microsoft Power BI, uma ferramenta líder de *Business Intelligence* composta por um conjunto de serviços de *software* que transformam fontes de dados, como a de um banco MySQL, em informações relevantes e coerentes por meio de painéis interativos.

Neste trabalho, o Power BI foi conectado diretamente ao servidor MySQL para extrair os dados simulados. A partir dessas informações, foram criados *dashboards* e relatórios interativos que estão demonstrados posteriormente no tópico de resultados. A partir da realização dessa última ação, o protótipo se consolidou.

## 4 RESULTADOS

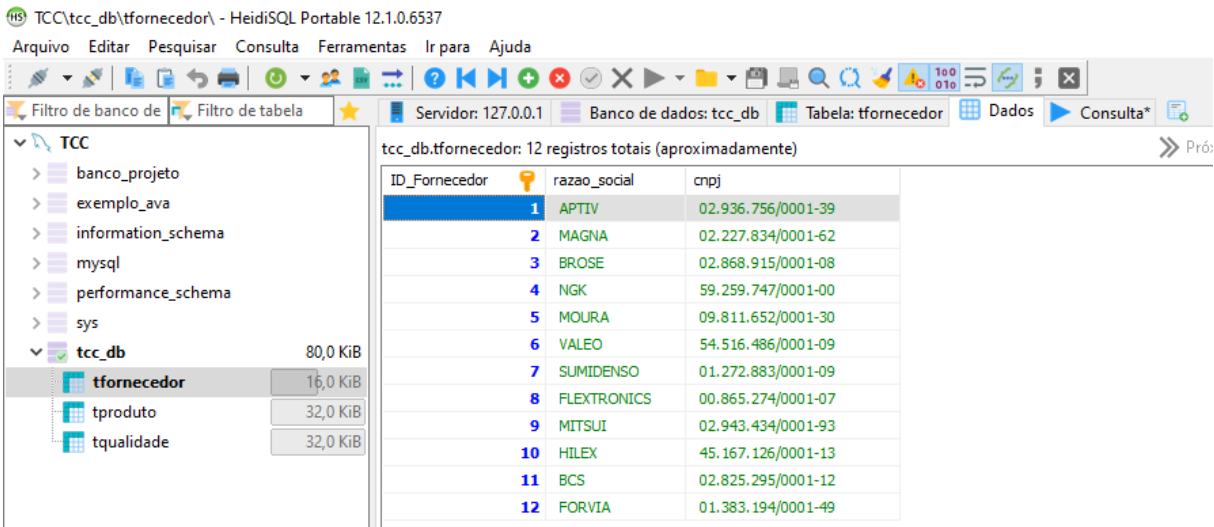
Este capítulo apresenta tanto os resultados alcançados com o desenvolvimento do sistema de banco de dados quanto os resultados obtidos nos *dashboards* de *Business Intelligence* desenvolvidos no Microsoft Power BI por meio da aplicação dos cenários de validação definidos na metodologia.

### 4.1 Validação do sistema de banco de dados e aplicação *web*

Antes da análise dos indicadores de qualidade, verificou-se a funcionalidade do sistema de banco de dados e da aplicação *web* desenvolvida. O sistema permitiu com êxito o cadastro, edição e exclusão pelo usuário das informações dos fornecedores, produtos e incidentes de qualidade, o que cumpriu assim o objetivo específico de estruturar o armazenamento de dados.

Esta etapa foi fundamental para assegurar que o Microsoft Power BI recebesse dados consistentes para a geração dos *dashboards* apresentados nas seções seguintes. As Figuras 10 a 12 demonstram, respectivamente, as tabelas “tFornecedor”, “tProduto” e “tQualidade” com as informações finais corretamente armazenadas no banco a partir da interface *web* criada.

Figura 10 – Tabela "tFornecedor" com os dados finais inseridos corretamente.



The screenshot shows the HeidiSQL interface with the 'tFornecedor' table selected. The table structure and data are as follows:

ID_Fornecedor	razao_social	cnpj
1	APTIV	02.936.756/0001-39
2	MAGNA	02.227.834/0001-62
3	BROSE	02.868.915/0001-08
4	NGK	59.259.747/0001-00
5	MOURA	09.811.652/0001-30
6	VALEO	54.516.486/0001-09
7	SUMIDENSO	01.272.883/0001-09
8	FLEXTRONICS	00.865.274/0001-07
9	MITSUI	02.943.434/0001-93
10	HILEX	45.167.126/0001-13
11	BCS	02.825.295/0001-12
12	FORVIA	01.383.194/0001-49

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Figura 11 – Tabela "tProduto" com os dados finais inseridos corretamente.

TCC\tcc\_db\tproduto\ - HeidiSQL Portable 12.1.0.6537

Arquivo Editar Pesquisar Consulta Ferramentas Ir para Ajuda

Servidor: 127.0.0.1 Banco de dados: tcc\_db Tabela: tproduto Dados Consulta\*

tcc\_db.tproduto: 14 registros totais (aproximadamente)

ID_Produto	id_fornecedor	nome_produto	preco_unitario	quantidade_total
1	1	Módulo Airbag	450	5.000
2	2	Módulo Airbag	121	500
3	3	Módulo ABS	850	2.000
4	4	Módulo ABS	950	2.000
5	5	Alternador	181	3.500
6	5	Motor de Partida	123	4.500
7	6	Alternador	755	500
8	7	Alternador	850	2.800
9	8	Alternador	260	850
10	8	Banco Traseiro	420	850
11	9	Central de Injeção	850	2.800
12	10	Central de Injeção	1.250	3.300
13	11	Central de Injeção	830	1.250
14	12	Central de Injeção	1.020	970

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Figura 12 – Tabela "tQualidade" com os dados finais inseridos corretamente.

TCC\tcc\_db\tqualidade\ - HeidiSQL Portable 12.1.0.6537

Arquivo Editar Pesquisar Consulta Ferramentas Ir para Ajuda

Servidor: 127.0.0.1 Banco de dados: tcc\_db Tabela: tqualidade Dados Consulta\*

tcc\_db.tqualidade: 14 registros totais (aproximadamente)

ID_Qualidade	id_produto	quantidade_rejeitada
1	1	20
2	2	15
3	3	150
4	4	10
5	5	255
6	6	120
7	7	35
8	8	33
9	9	12
10	10	20
11	11	33
12	12	70
13	13	25
14	14	12

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

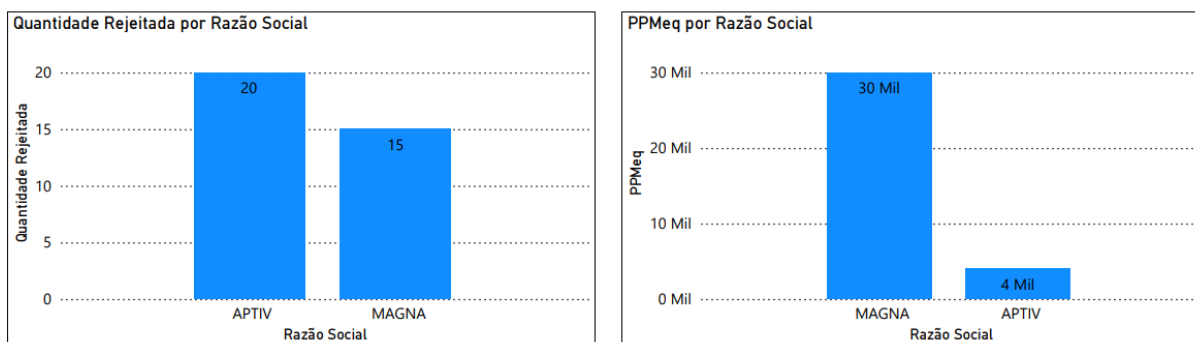
## 4.2 Cenário 1: análise de PPMeq versus quantidade absoluta de defeitos

O objetivo deste cenário é demonstrar que a análise da quantidade absoluta de defeitos, sem considerar o volume total fornecido, pode levar a conclusões equivocadas, portanto busca-se validar o indicador PPMeq apresentado pelo BI como essencial para uma avaliação justa do nível de qualidade. A Figura 13 apresenta a *dashboard* referente a este cenário.

Figura 13 – *Dashboard* de análise do Cenário 1.

Panorama Geral

Razão Social	Produto	Quantidade Fornecida	Quantidade Rejeitada	PPMeq
APTIV	Módulo Airbag	5000	20	4.000
MAGNA	Módulo Airbag	500	15	30.000



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

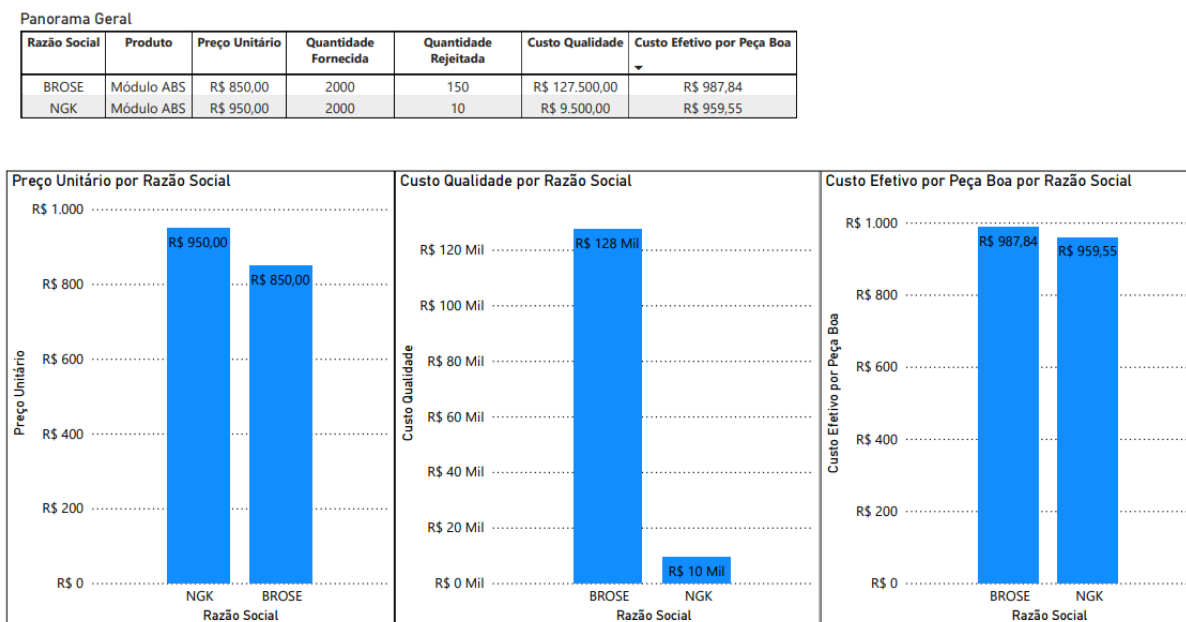
Uma análise inicial e superficial do gráfico de barras "Quantidade Rejeitada por Razão Social" sugere que o fornecedor APTIV (com 20 rejeições) possui um desempenho de qualidade inferior ao da MAGNA (com 15 rejeições). Ao basear-se apenas neste dado, a gestão poderia concluir que a MAGNA possui um melhor nível de qualidade.

No entanto, essa conclusão é precipitada, pois ao analisar o indicador PPMeq do gráfico "PPMeq por Razão Social", que contextualiza as rejeições pelo volume total fornecido (5000 para APTIV e 500 para MAGNA), a situação se inverte. Percebe-se que o nível de qualidade da APTIV, com 4.000 PPMeq, é significativamente melhor do que o da MAGNA, que apresenta 30.000 PPMeq.

A partir disso, esta análise comprova a hipótese do cenário, ou seja, sem o indicador PPMeq calculado e explicitado graficamente pelo BI, a empresa poderia tomar decisões estratégicas erradas, como aplicar ações de melhoria no fornecedor com melhor desempenho (APTIV) e, pior, selecionar o fornecedor com nível de qualidade inferior (MAGNA) para futuros projetos. Isso resultaria em aumento de custos e perda de lucratividade, assim demonstra que o PPMeq direciona conclusões mais assertivas ao considerar a relação entre rejeições e fornecimento.

### 4.3 Cenário 2: Custo Efetivo Por Peça Boa versus preço unitário

Este cenário visa demonstrar que a escolha de um fornecedor baseada unicamente no menor preço unitário pode gerar mais prejuízos do que economia. O objetivo é validar o indicador "Custo Efetivo Por Peça Boa" proporcionado pelo BI como uma métrica superior para análise de custo-benefício e de nível de qualidade. A Figura 14 exibe o *dashboard* desenvolvido para essa verificação.

Figura 14 – *Dashboard* de análise do Cenário 2.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Ao avaliar o gráfico "Preço Unitário por Razão Social", o fornecedor BROSE (R\$ 850,00) apresenta um preço unitário menor que o da NGK (R\$ 950,00). A decisão de compra baseada apenas neste dado levaria à escolha da BROSE para gerar economia.

Contudo, ao se introduzir os dados de qualidade no sistema, a análise muda. O gráfico "Custo Qualidade por Razão Social" revela que a BROSE gerou um custo de cerca de R\$ 128.000,00 devido a 150 peças rejeitadas, um valor muito superior aos aproximados R\$ 10.000,00 gerados pelas 10 peças estornadas da NGK.

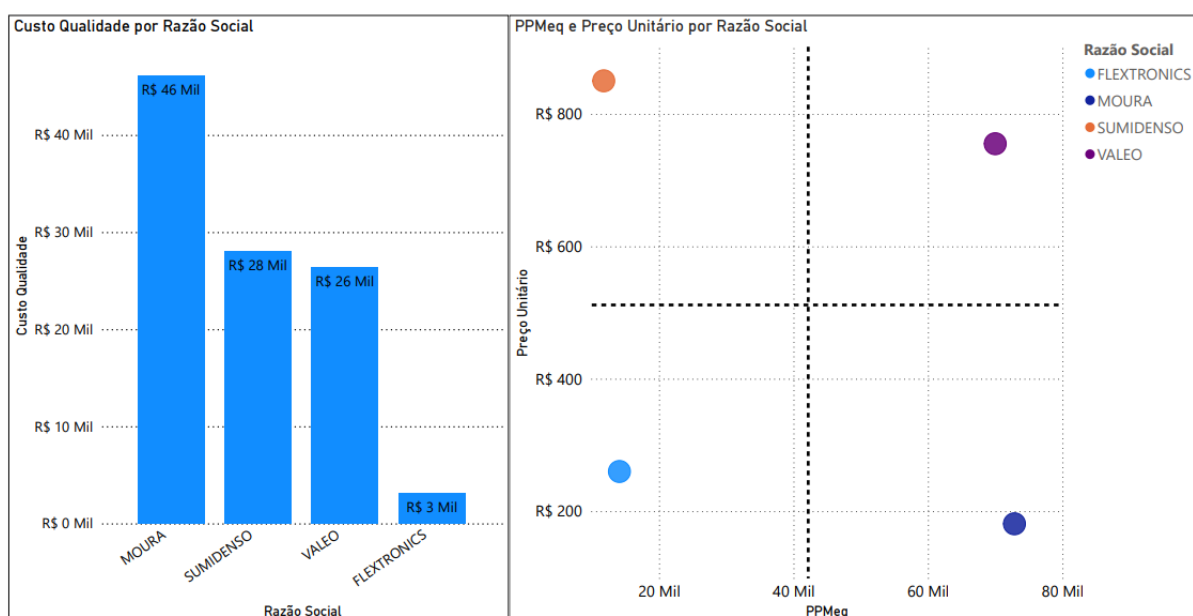
Para consolidar a análise de custo-benefício, o indicador "Custo Efetivo Por Peça Boa" foi criado por meio da soma do custo de qualidade ao custo total de compra e dividido pela quantidade de peças boas recebidas. O resultado, presente no gráfico "Custo Efetivo por Peça Boa por Razão Social", demonstra que o custo real por peça boa da BROSE (R\$ 987,84) é, na verdade, maior do que o da NGK (R\$ 959,55).

Portanto, a conclusão é que a tentativa de economia ao selecionar o fornecedor com menor preço unitário falhou pelo fato de gerar, na verdade, prejuízo. Essa análise, que só é possível com a integração dos custos de qualidade, permite à gestão avaliar se a economia esperada na cadeia de suprimentos foi de fato alcançada e, conseqüentemente, sem esse sistema de BI a empresa não saberia que sua decisão de compra gerou perdas em vez de lucro.

#### 4.4 Cenário 3: identificação estratégica de fornecedores (preço versus qualidade)

O terceiro cenário propõe o uso de em plano cartesiano para uma identificação estratégica de fornecedores comparado com a análise simplista de gráficos de barras. O intuito é demonstrar a capacidade do BI em classificar graficamente o nível de qualidade dos fornecedores para direcionar pontos de melhoria, como ações corretivas, ou de desenvolvimento para projetos futuros. A Figura 15 ilustra o *dashboard* de quadrantes para esse cenário.

Figura 15 – *Dashboard* de análise do Cenário 3.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Uma análise simples baseada apenas no gráfico "Custo Qualidade por Razão Social" levaria a conclusões equivocadas. A MOURA, com o maior custo de qualidade, seria identificada como o fornecedor mais problemático, seguida pela SUMIDENSO. A VALEO, que na análise correta é o pior caso, ficaria em terceiro plano.

A análise estratégica é feita pelo gráfico de dispersão "PPMeq e Preço Unitário por Razão Social", que cruza o PPMeq (eixo X) com preço unitário (eixo Y). As linhas médias dividem o gráfico em quatro quadrantes, cada um com uma classificação estratégica que está demonstrada abaixo:

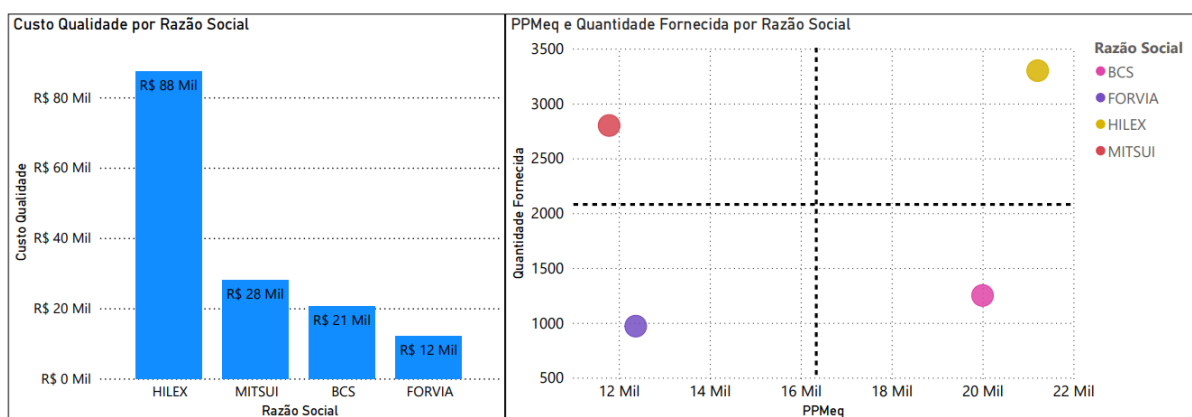
- Quadrante inferior esquerdo: o fornecedor que ocupa essa posição (FLEXTRONICS) apresenta um alto nível de qualidade devido ao baixo PPMeq e uma grande vantagem estratégica causada pelo baixo custo, com isso ele se torna ideal para engajamento em projetos futuros.

- Quadrante superior esquerdo: o fornecedor nesse espaço (SUMIDENSO) possui um alto nível de qualidade por conta do pequeno número de rejeição de peças, mas um alto custo, o que o torna uma opção viável para produtos críticos, como itens de segurança, em que o custo se justifica por garantir a funcionalidade do produto e, por consequência, a integridade física do cliente.
- Quadrante inferior direito: o fornecedor nessa localização (MOURA) tem baixo nível de qualidade pelo grande volume de não conformidades, porém um baixo custo, o que o transforma em um candidato que deve passar por um processo de desenvolvimento de qualidade antes de ter seu vantajoso valor unitário explorado em novos projetos.
- Quadrante superior direito: o fornecedor presente nessa parte do gráfico (VALEO) é bastante ineficiente, pois além de possuir baixo nível de qualidade gerado pelo alto índice de estorno de peças, seu preço unitário é elevado, o que o faz ser o maior problema dentre os outros e explicita a necessidade de ações corretivas imediatas sobre ele ou mesmo sua substituição.

Dessa forma, é perceptível que a visualização em quadrantes possibilitada pelo BI é superior se comparada a apenas gráficos de barras ou tabelas, pois a interseção dos dois dados (PPMeq e custo unitário) identifica corretamente a VALEO como o fornecedor mais crítico, e não a MOURA. Além disso, esse modo de ver permite que a empresa foque as ações de melhoria de qualidade onde elas terão maior impacto, no caso a VALEO, e maximize os lucros ao engajar o melhor fornecedor em novos desenvolvimentos, que nesse cenário é a FLEXTRONICS.

#### **4.5 Cenário 4: identificação de fornecedores críticos (volume versus qualidade)**

Este último cenário demonstra a identificação de fornecedores críticos ao observar a relação entre o volume fornecido e o nível de qualidade. O objetivo é identificar riscos estratégicos e oportunidades de desenvolvimento. A Figura 16 apresenta o *dashboard* para essa análise.

Figura 16 – *Dashboard* de análise do Cenário 4.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Assim como no cenário anterior, o gráfico de dispersão “PPMeq e Quantidade Fornecida por Razão Social” fornece uma visão estratégica superior à análise isolada do custo de qualidade pelo gráfico “Custo Qualidade por Razão Social”. Os quadrantes são definidos pelo cruzamento do PPMeq (eixo X) e da quantidade fornecida (eixo Y):

- Quadrante inferior esquerdo: nessa localização (FORVIA) está um fornecedor a ser desenvolvido para aumentar seu volume de fornecimento, uma vez que ele possui um alto nível de qualidade gerado pelas baixas trocas de garantia, mas ainda tem uma baixa participação no volume total daquele produto.
- Quadrante superior esquerdo: nesse caso, o fornecedor (MITSUI) ganha um caráter crítico, pois embora tenha alta qualidade e alto volume, qualquer queda na qualidade terá um impacto financeiro massivo devido ao alto fornecimento, desse modo seu desempenho deve ser monitorado de perto.
- Quadrante inferior direito: aqui, o fornecedor (BCS) possui baixa qualidade e baixo volume, com isso ele pode ser melhorado antes de aumentar seu fornecimento ou substituído por outro, já que seu baixo fornecimento não gerará riscos de desabastecimento.
- Quadrante superior direito: esse é um fornecedor que deve ser melhorado imediatamente (HILEX), pois a junção do grande volume de produto entregue e o baixo nível de qualidade, gera, além do alto custo, a impossibilidade de descartá-lo por causa de sua alta participação no fornecimento, o que revela novamente a adoção de ações corretivas urgentes.

Assim, a análise desse plano cartesiano permite à gestão identificar riscos complexos. Em resumo, a HILEX é o foco para redução de custos imediatos, enquanto a MITSUI é um risco estratégico de dependência. Já a FORVIA, por outro lado, representa uma oportunidade de crescimento. Essa visão multifacetada não seria facilmente obtida por meio de tabelas ou gráficos de barras simples e válida, portanto, a eficácia do sistema de BI proposto.

## 5 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho apresentou o desenvolvimento e a implementação de um sistema de BI dedicado ao mapeamento do nível de qualidade de fornecedores em uma cadeia de suprimentos. O objetivo geral foi atingido com êxito a partir da concepção de um banco de dados estruturado em MySQL, gerenciado por uma aplicação *web* desenvolvida em PHP e da visualização estratégica de dados por meio do Microsoft Power BI.

A etapa de modelagem e desenvolvimento do *back-end* e *front-end* permitiu cumprir os objetivos específicos de criação de um repositório confiável para o armazenamento das informações relacionadas às não conformidades. A interface *web* desenvolvida fez com que a inserção, edição e exclusão de dados fossem realizadas com sucesso pelo usuário e de maneira a garantir as informações necessárias no sistema para as análises posteriores.

Os resultados obtidos nos cenários de validação confirmaram a hipótese central do trabalho que consiste na utilização das tecnologias de BI como uma ferramenta que possibilita, além da quantificação do nível de qualidade dos fornecedores, a tomada de decisão significativamente mais assertiva do que a análise isolada de métricas brutas. No Cenário 1, o indicador PPMeq revelou que fornecedores com maior número absoluto de defeitos podem, na verdade, possuir melhor desempenho relativo quando considerado o volume de entrega.

De forma análoga, o Cenário 2 demonstrou a importância financeira da qualidade ao demonstrar que a métrica de "Custo Efetivo Por Peça Boa" evidenciou que fornecedores com menor preço unitário nominal podem gerar prejuízos ocultos devido aos custos da má qualidade, o que valida a necessidade de uma análise financeira integrada.

Por fim, as análises gráficas por quadrantes apresentadas nos Cenários 3 e 4 comprovaram a eficácia do sistema em categorizar fornecedores estrategicamente ao levar em conta sua performance em qualidade. A visualização permitiu identificar claramente quais parceiros representam riscos de dependência, quais necessitam de planos de ação corretiva imediatos e quais são candidatos ideais para novos projetos.

Concluí-se então que os objetivos propostos foram cumpridos e permitiu o desenvolvimento de um sistema que não apenas armazena dados de qualidade e que automatiza o cálculo de indicadores, mas transforma dados dispersos em conhecimento estratégico. A solução oferece aos gestores a capacidade de transitar de uma postura reativa para uma gestão proativa da qualidade, além de permitir a mitigação de prejuízos financeiros como também melhorar a satisfação do cliente.

### 5.1 Trabalhos Futuros

O desenvolvimento deste sistema estabeleceu uma base funcional robusta para a gestão da qualidade de fornecedores. A partir da arquitetura consolidada, vislumbram-se oportunidades

de expansão que podem elevar ainda mais o nível de automação e a profundidade analítica da ferramenta em desenvolvimentos futuros.

Uma primeira vertente de evolução refere-se à implementação de mecanismos de validação na camada de entrada de dados. O desenvolvimento de algoritmos no back-end que assegurem a coerência lógica das informações no momento do cadastro adicionaria uma camada extra de inteligência ao sistema ao impedir a inserção de registros inconsistentes ou que não atendam aos parâmetros operacionais estabelecidos, o que maximizaria portanto a confiabilidade da base de dados sem depender exclusivamente da verificação humana.

Outra oportunidade de aprimoramento reside na aplicação de conceitos de análise temporal nos painéis de gestão. Embora a solução atual forneça uma visão consolidada e precisa dos indicadores, a incorporação de filtros por janelas de tempo e a criação de séries históricas permitiriam o monitoramento de tendências evolutivas. Com essa implementação, seria possível analisar a curva de desempenho de um fornecedor ao longo de períodos específicos e transformaria então a análise pontual em um acompanhamento dinâmico de performance e sazonalidade.

Essas evoluções citadas consolidariam a ferramenta não apenas como um sistema de registro e cálculo, mas como uma plataforma de melhoria contínua preparada para cenários de alta complexidade.

## REFERÊNCIAS

- BALLARD, C. *et al.* **Data modeling techniques for data warehousing**. [S.l.]: IBM Corporation International Technical Support Organization San Jose, 1998. Citado na página 20.
- COSTA, A. F.; BARROS, J. G. M. de; REBELO, A. R. C. Gestão da qualidade em fornecedores. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 2, n. 2, 2005. Citado na página 15.
- COSTA, S.; SANTOS, M. Y. Sistema de business intelligence no suporte à gestão estratégica. **www3.dsi.uminho.pt/CAPSI2012/CD/submissions/capsi2012\_submission\_16.pdf**, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 15.
- GIRSANG, A. S. *et al.* Business intelligence for construction company acknowledgement reporting system. In: IEEE. **2018 Indonesian Association for Pattern Recognition International Conference (INAPR)**. [S.l.], 2018. p. 113–122. Citado na página 14.
- HAY, D. C. A comparison of data modeling techniques. **Essential Strategies**, v. 41, p. 43, 1999. Citado na página 20.
- HOSEN, M. S. *et al.* Data-driven decision making: Advanced database systems for business intelligence. **Nanotechnology Perceptions**, v. 20, n. 3, p. 687–704, 2024. Citado na página 14.
- LEE, H.; CHOI, B. G. A comparative study of conceptual data modeling techniques. **Journal of Database Management (JDM)**, IGI Global Scientific Publishing, v. 9, n. 2, p. 26–35, 1998. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 20.
- MARINO, L. H. F. de C. Gestão da qualidade e gestão do conhecimento: fatores-chave para produtividade e competitividade empresarial. **XIII SIMPEP**, 2006. Citado na página 15.
- MARTINS, R. A.; NETO, P. L. d. O. C. Indicadores de desempenho para a gestão pela qualidade total: uma proposta de sistematização. **Gestão & Produção**, SciELO Brasil, v. 5, p. 298–311, 1998. Citado na página 15.
- ROMERO, C. A. T.; ORTIZ, J. H.; KHALAF, O. I.; PRADO, A. R. Business intelligence: business evolution after industry 4.0. **Sustainability**, MDPI, v. 13, n. 18, p. 10026, 2021. Citado na página 14.
- SANTOS, A. B.; ANTONELLI, S. C. Aplicação da abordagem estatística no contexto da gestão da qualidade: um survey b com indústrias de alimentos de são paulo. **Gestão & Produção**, SciELO Brasil, v. 18, p. 509–524, 2011. Citado na página 14.
- SHARDA, R.; DELEN, D.; TURBAN, E. Business intelligence, analytics, and data science: a managerial perspective. **(No Title)**, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 19.
- SRIVASTAVA, S. K. Towards estimating cost of quality in supply chains. **Total Quality Management**, Taylor & Francis, v. 19, n. 3, p. 193–208, 2008. Citado 3 vezes nas páginas 15, 17 e 18.
- TELI, S.; MAJALI, V.; BHUSHI, U.; GAIKWAD, L.; SURANGE, V. Cost of poor quality analysis for automobile industry: a case study. **Journal of The Institution of Engineers (India): Series C**, Springer, v. 94, p. 373–384, 2013. Citado 3 vezes nas páginas 14, 17 e 18.

TELI, S.; MAJALI, V.; BHUSHI, U.; GAIKWAD, L. Assessment of supplier quality cost in automobile industry. **International Journal of Quality Engineering and Technology**, Inderscience Publishers Ltd, v. 4, n. 1, p. 1–20, 2014. Citado 3 vezes nas páginas 14, 17 e 18.

TEOREY, T. J.; LIGHTSTONE, S. S.; NADEAU, T.; JAGADISH, H. **Database modeling and design: logical design**. [S.l.]: Elsevier, 2011. Citado 3 vezes nas páginas 19, 20 e 21.

VALENTE, M. T. Engenharia de software moderna. **Princípios e práticas para desenvolvimento de software com produtividade**, v. 1, n. 24, 2020. Citado na página 21.

VELICANU, M.; MATEI, G. *et al.* Database vs data warehouse. **Revista Informatica Economică**, v. 3, n. 2007, p. 43, 2007. Citado na página 14.

WANG, C.-H. Using quality function deployment to conduct vendor assessment and supplier recommendation for business-intelligence systems. **Computers & Industrial Engineering**, Elsevier, v. 84, p. 24–31, 2015. Citado na página 14.

## **APÊNDICE A – CÓDIGO FONTE DA APLICAÇÃO *WEB***

O código fonte da aplicação *web* criada para o trabalho pode ser acessada no repositório do GitLab que possui como endereço o link: <<https://gitlab.betim.ifmg.edu.br/0041493/tcc.git>>.