

BUSINESS INTELLIGENCE APLICADO À ENGENHARIA: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA

Victor Medeiros Santomé, victor.santome@gmail.com¹
Marcia Cristiane Vaclavik, mcvaclavik@gmail.com¹
Pedro Carlos Hernandez Junior, pedrohernandez@ifsul.edu.br¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, av. Copacabana, 100 - Piratini, Sapucaia do Sul - RS, 93216-120.

Resumo. Este artigo descreve as etapas de aplicação de uma solução baseada em Business Intelligence (BI) em um estudo de caso em uma indústria de pneus. O objetivo do estudo foi propor uma metodologia apoiada no BI para a análise da performance de produtos para contribuir com as pesquisas acerca do uso do BI dentro da Engenharia Mecânica. A partir de um estudo de caso em uma multinacional do segmento de pneus, este estudo ilustra as etapas e ferramentas empregadas no desenvolvimento metodológico. O trabalho executado e ilustrado neste estudo permitiu a criação de uma solução capaz de apoiar o processo decisório da organização, a partir de um dashboard e gráficos de performances, proporcionando a análise do desempenho de produtos e processos. Observou-se, ainda, uma redução de 88% no tempo empregado pelos analistas para a coleta e processamento de dados, além dos ganhos qualitativos. Este estudo corrobora com a literatura na área, demonstrando que a utilização de ferramentas de BI são bastante úteis nos processos de tomada de decisão e tem amplo campo de aplicação na área da engenharia.

Palavras chave: Inteligência Competitiva; Engenharia; Análise de dados.

1. INTRODUÇÃO

A ciência de dados necessita de um envolvimento cada vez maior de profissionais especialistas em diversos domínios de atuação. Para o profissional de engenharia mecânica, essa área já se apresenta como um ramo de atuação, e deve se expandir ainda mais nos próximos anos (Homem e Lourenço, 2019). O profissional de engenharia, equipado de competências em ciência de dados somadas com a bagagem da sua área técnica de formação, poderá construir suas próprias ferramentas de análise, uma tendência que abrirá novas portas para a inovação. Na manufatura, engenheiros mecânicos capacitados para a análise de dados podem melhorar a confiabilidade dos processos de fabricação, prever falhas de equipamentos, projetar gerações futuras de equipamentos de fabricação e inventar novas tecnologias com base em seus dados históricos, reconfigurando a indústria e os negócios. Áreas com processos altamente multidisciplinares, como as de desenvolvimento de produto, aguardam essa inovação (Kusiak, 2015).

Durante os últimos anos, a abordagem da gestão empresarial mudou profundamente ao redor do mundo. As organizações, através de dados, têm sido capazes de modelar de forma mais eficaz as suas informações e o seu conhecimento. Parte importante desta estratégia se encontra nos *softwares* BI, que se apresentam atualmente como significativa vantagem competitiva (Azma e Mostafapour, 2012; Kelvin e Solomon, 2017). O campo do *Business Intelligence* (BI) busca aumentar a eficiência de atividades de tomada de decisão a partir de um grande volume de informação de fontes distintas (Kuchmann-Beauger, 2013). Não raro, o BI tem ajudado a internacionalização das empresas e aumentado sua produtividade em diversos setores (Azma e Mostafapour, 2012; Cheng, Zhong, e Cao, 2020; Peters et al., 2016).

Embora a literatura atual relate as vantagens do BI para as empresas (Azma e Mostafapour, 2012; Božič e Dimovski, 2019; Peters et al., 2016), ainda há carência das evidências de seus resultados na indústria. Vukšić, Bach, e Popović (2013) apontam limitações na pesquisa que realizaram, destacando que suas conclusões seriam reforçadas com testes em outras indústrias. Também Trieu (2017) sugere mais estudos na área do BI e suas aplicações no segmento industrial.

Diante do exposto, surge a questão norteadora deste estudo: como as ferramentas de BI podem melhorar a performance e o processo de tomada de decisões na indústria, em especial pela ótica da engenharia? Deste modo, o objetivo do artigo é propor uma metodologia apoiada no *business intelligence* para a análise da performance de produtos. Espera-se, assim contribuir com as pesquisas sobre o uso do BI através da perspectiva da Engenharia Mecânica, como também trazer contribuições de ordem prática, qual seja o seu uso na indústria. Para tanto, desenvolve-se um estudo de caso em uma indústria de pneus, que contava com um volume de dados históricos que ainda não haviam sido compilados e analisados

em conjunto. Busca-se alcançar esse objetivo por meio da utilização do Python, uma linguagem de programação adaptada à análise de dados (Igual e Seguí, 2017), e do *software* Power BI, a exemplo de outros trabalhos na literatura (Brito e Oliveira, 2017; Silva, 2021).

Para tanto, este artigo está estruturado da seguinte forma: no capítulo seguinte é apresentada a fundamentação teórica, explorando conceitos como *business intelligence*, ferramentas de coleta, manipulação e análise de dados. Na sequência, são descritos os procedimentos metodológicos, e posteriormente, são apresentados os resultados. Por fim, apresentam-se as considerações finais que encerram o estudo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. *Business Intelligence*

Na língua portuguesa existe uma diversidade terminológica, e registram-se fenômenos de sinonímia e polissemia, ao traduzir-se o termo *Business Intelligence*. Lucas, Café e Viera (2016) sustentam que o termo Inteligência Competitiva é adotado de maneira predominante entre os autores brasileiros. No entanto, ele pode apresentar mais de um significado, constatando-se uma fragilidade terminológica. Encontram-se outros na bibliografia, como Inteligência de Negócios, e Inteligência Empresarial, muito embora estes termos estejam mais voltados a outras áreas do conhecimento, como a gestão de negócios, e não propriamente a área de análise de dados e de sistemas de informação.

Luhn (1958) definiu o termo conhecido por BIS (*Business Intelligence Systems*), em 1958. Em seu artigo, *business* (negócio) é um conjunto de atividades realizadas para qualquer propósito. A noção de *intelligence* (inteligência) é definida, de uma maneira geral, como a habilidade a apreender as inter-relações entre fatos de forma a orientar a ação em direção a um objetivo desejado. Em seu artigo, muito antes do termo BI possuir maior cobertura, Luhn (1958) citava a automação como uma maneira efetiva de se obter respostas a problemas de *business intelligence*.

Em inglês, encontram-se na literatura termos como *Business Intelligence Systems* (BIS) (Vukšić et al., 2013) e *Business Intelligence and Analytics* (BI&A) (Moreno, Cavazotte, e Carvalho, 2020), entre outros. De maneira geral, *Business Intelligence* é o termo que tem maior cobertura e maior história em comparação ao *Business Analytics* (BA) e ao *Big Data*. Chen, Chiang, e Storey (2012) sustentam que isso é consistente visto que o termo popularizou-se no início dos anos 1990, enquanto o BA e *Big Data* começaram a aparecer na literatura em 2001 e só ganharam mais atenção por volta de 2007. Na bibliografia, a predição relaciona-se ao BI através de outro termo, o *Adaptive Business Intelligence*, que busca integrar a identificação de cenários futuros e a predição ao BI (Lopes, Guimarães, e Santos, 2020). Chen, Chiang, e Storey (2012) defendem que o BI&A pode potencializar oportunidades dado o volume abundante de informação e a necessidade de análises específicas em algumas áreas de alto impacto, como ciência e tecnologia.

Diante do exposto, para fazer uma abordagem mais ampla, essa pesquisa destaca sobretudo o termo *Business Intelligence*. Inclusive, alguns autores distinguem diferentemente os termos empregados na área. Para Wieder e Ossimitz (2015), o BI é um processo que reúne dados fragmentados, de empresas e do mercado, e os transforma em informação ou conhecimento. O *software* BI é o programa informático “padrão” (*standard product*). As ferramentas BI são os *softwares* instalados e configurados em uma organização, com um propósito específico. Uma solução BI é o conjunto de aplicações, incluindo a infraestrutura de Tecnologia da Informação (TI) necessária (servidores, sistemas operacionais, redes, etc.). Essas definições de Wieder e Ossimitz (2015) permitem fazer uma distinção entre os termos, e mostram que o BI atua no processo inteiro de gestão de dados: desde a infraestrutura, *software*, até o processo de tomada de decisão.

Justamente, a área de BI tem por objetivo aumentar a eficiência das atividades de tomada de decisão. Isso se faz coletando e entregando a informação às pessoas certas, no tempo certo e no canal adequado (Kuchmann-Beauger, 2013). Concretamente, uma pesquisa realizada em 258 empresas chinesas concluiu que o BI tem uma influência significativa e positiva na velocidade de internacionalização das empresas. Os resultados mostram a capacidade de estabelecer uma base de conhecimento para a tomada de decisões, que se torna insubstituível no contexto de competição global (Cheng et al., 2020). Os sistemas BI podem apoiar a tomada de decisões gerenciais em uma ampla gama de atividades (Elbashir, Collier, e Davern, 2008). Uma dessas atividades, como citam Vallurupalli e Bose (2018), é a análise de desempenho.

2.2. Ferramentas de coleta, manipulação e análise de dados

Recentemente, um estudo realizado por Silva (2021) usou um *software* BI, chamado Power BI, em uma fábrica de produção de rolhas de cortiça. A ferramenta, com dados provenientes de um sistema *Enterprise Resource Planning* (ERP), padronizou os cálculos entre as diferentes fábricas. De fato, os sistemas BI são capazes de processar informações de outros sistemas, como os ERP ou *Customer Relationship Management* (CRM) (Kuchmann-Beauger, 2013). A vantagem trazida foi tornar os desempenhos entre as fábricas comparáveis. Além desse *benchmark*, indicadores atualizados todas as noites e cálculos integrados à ferramenta reduziram o tempo de coleta de dados e criação de relatórios. Além disso, Silva (2021) sustenta que a ferramenta permitiu um controle maior e mais frequente sobre os dados financeiros das fábricas.

Os cálculos integrados por Silva (2021) foram programados em linguagem DAX. Acrônimo de *Data Analysis Expressions*, a linguagem DAX é usada nos *softwares* Excel (através da sua ferramenta Power Pivot) e Power BI. Tratam-se de expressões de fórmulas que incluem funções, operadores e valores, capazes de realizar cálculos avançados e

consultas em dados (Microsoft, 2021a). Em relação ao Excel, ele oferece diversas possibilidades para usuários experientes. Suas principais vantagens são (i) análises eficientes e processamento de dados; (ii) abundância de ferramentas para a formatação, facilidade de compartilhamento e de atividades simultâneas compartilhadas entre usuários, visualização com o uso de gráficos, e automações possíveis a partir da linguagem VBA e do Power Query. Ainda, o Excel é atualmente uma das ferramentas mais comuns usadas nas empresas (Václav et al., 2021).

Em relação aos *softwares* utilizados na área, encontram-se soluções diversas. Há o Power BI, utilizado no estudo de caso citado e em outros encontrados na literatura (Brito e Oliveira, 2017; Nogueira e Borges, 2019; Silva, 2021). Trata-se de uma plataforma unificada e escalonável para o BI corporativo ou por autosserviço (*self-service*). Ele permite, entre outros, a conexão, modelação e visualização de dados, com respostas também baseadas em IA (Microsoft, 2021b). Existem outros *softwares*, como o Apache Superset, de código aberto, que tem ganhado força no mercado (Chen et al., 2012). Percebe-se até aqui que a análise de dados dentro do contexto BI é uma abordagem em várias etapas. Ajah e Nweke (2019) apresentam as etapas de análise de dados (*data analytics*) como sendo a coleta, preparação, processamento, análise e visualização de dados em larga escala para produzir insights para o BI.

A coleta de dados dentro do contexto BI está ligada aos conectores que o *software* BI oferece. No caso do Power BI, existem pelo menos 120 opções, incluindo fontes de dados na nuvem e na infraestrutura local, como banco de dados SQL, Salesforce, Oracle, Excel, SharePoint, etc. Mesmo scripts em linguagem de programação Python são fontes de dados possíveis (Microsoft, 2021c).

Python é uma linguagem de programação madura, de código aberto, ideal para pessoas que nunca programaram antes. Dentre outras qualidades, trata-se de uma linguagem simples de ler, flexível, repleta de bibliotecas científicas e com uma comunidade de usuários ativa, o que a torna ideal para cientistas de dados. Outras alternativas para cientistas de dados são a linguagem R, e os *softwares* MATLAB/Octave. Algumas das bibliotecas mais conhecidas da linguagem Python são a NumPy, SciPy, Pandas, e Scikit-Learn (Igual e Seguí, 2017). As bibliotecas NumPy e SciPy, como os nomes sugerem, são voltadas aos números e à ciência. Ambas são caixas de ferramentas para a computação científica, área que lida com o projeto e a análise das estratégias para solucionar problemas matemáticos que necessitam de muito poder computacional para serem manipulados numericamente e resolvidos (Gradwohl, 2015). Essas bibliotecas contam com funções de álgebra linear, processamento de sinal, otimização, estatística, etc. (Igual e Seguí, 2017). Scikit-Learn é uma biblioteca que conta com ferramentas usadas para classificação, regressão, análise por agrupamento de dados (*clustering*), redução de dimensionalidade (*dimensionality reduction*), seleção de modelo, pré-processamento de dados (*preprocessing*), entre outros (Igual e Seguí, 2017).

Ainda baseado no livro de Igual e Seguí (2017), uma biblioteca importante do Python é a Pandas, uma biblioteca de alta performance para estruturação e análise de dados. A sua ferramenta chave é o chamado *dataframe*, que permite manipulações nos dados com índice integrado. A estrutura de *dataframe* pode ser vista como uma planilha que oferece maneiras flexíveis de manipulação, e funções de alta performance (Igual e Seguí, 2017). A estrutura de dados contém eixos etiquetados (linhas e colunas) onde, nessa estrutura tabular para armazenar dados, permite indexação em diferentes níveis, sendo a estrutura de dados primária da biblioteca Pandas (Pandas, 2021).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este estudo de caso foi conduzido em uma indústria multinacional do ramo de pneus, que conta com diversas unidades ao redor do mundo. O estudo foi aplicado na unidade francesa entre os meses de março e setembro de 2021. A demanda por uma nova ferramenta de análise veio devido ao momento de transição em que a empresa se encontrava e que envolve aspectos internos e externos à organização, onde destacam-se quatro pontos: i) o antigo sistema, baseado em Excel, não seria mais mantido; ii) existiam resultados de teste em produtos em formatos *.xls*, *.pdf*, *.jpg*, *.doc*, e até papel, que precisavam ser conectados entre si; iii) alto risco de erro ao se copiar os dados à mão, da folha Excel de resultados, para as folhas de cálculo utilizadas; iv) criação de novos bancos de dados após a abertura de novos laboratórios ao redor do mundo, com um consequente aumento no fluxo de dados do setor.

Este estudo de caso descreve, portanto, o desenvolvimento de uma metodologia apoiada no *business intelligence* para a análise da performance de produtos. A figura 1 ilustra as principais etapas da condução do projeto, descritas a seguir.

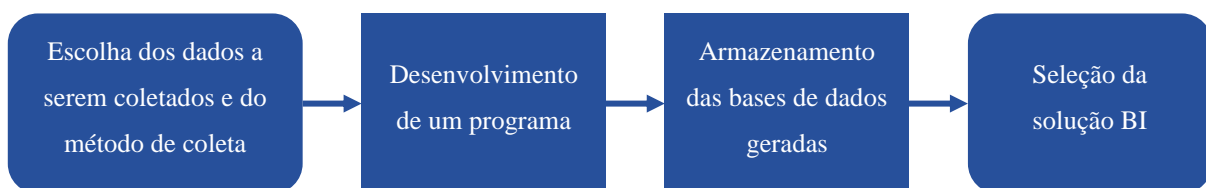


Figura 1. Resumo das etapas empregadas no desenvolvimento metodológico (elaborado pelos autores com base no caso desenvolvido)

3.1 Escolha dos dados a serem coletados e do método de coleta

Para definir o alcance da coleta de dados, a organização delimitou o projeto ao processo de testagem de pneus. Esses testes eram realizados internamente, na própria empresa, nos quais realizavam-se análises comparativas entre os produtos. O banco de dados relativos aos relatórios dos testes executados estavam registrados em formato *.xls* e *.doc*. Em cada relatório encontravam-se dados relativos a três aspectos: à demanda dos testes, às condições de teste, e aos resultados obtidos. Inicialmente, percebeu-se que a coleta manual destes dados seria economicamente inviável, visto que havia um alto volume de dados históricos para os cinco testes a serem tratados - a título de exemplo, havia mais de dez mil arquivos apenas no formato Excel e relativos a um único tipo de teste de performance. A adoção de um método de coleta automatizada desses dados foi um aspecto importante na delimitação do projeto.

Nesta etapa, houve um momento decisivo para o projeto. Entre as opções de escolha para a coleta, estava o uso de VBA, o uso de soluções mais recentes do pacote Microsoft Office 365, como Power Apps, ou o uso de uma linguagem de programação (como o Python). A escolha pelo Python foi pautada pela disponibilidade de ferramentas para análise de dados dentro da linguagem (VanderPlas, 2017), em que se destaca a biblioteca Pandas (Iguar e Seguí, 2017). Além disso, a linguagem permitiu a coleta de dados de arquivos em formato *.doc* e a utilização de técnicas como *web scraping*.

3.2 Desenvolvimento de um programa

A partir dos relatórios dos testes realizados nos pneus, e da escolha da linguagem em Python, foi iniciada a escrita de um algoritmo para, sistematicamente, coletar os dados. Durante a etapa de programação, foram necessários diversos ajustes no algoritmo para adaptar-se à variabilidade de relatórios encontrados para um mesmo teste. Como os arquivos continham históricos de mais de 10 anos, houveram mudanças em seus formatos ao longo do tempo, em razão de novas legislações, novos métodos de cálculo, novas máquinas, etc. A adaptação do algoritmo foi feita através da identificação dos diferentes modelos e do desenvolvimento de um programa para a detecção do modelo de arquivo para, em seguida, aplicar a rotina adaptada. Como entrada para o algoritmo, foram utilizados todos os arquivos coletados na etapa anterior, oriundos de bases de dados internas, de discos rígidos da equipe, entre outros. Como saída, foram gerados arquivos em formato *.xls*, em um formato base de dados, para cada um dos tipos de teste. Esses arquivos tornaram-se as bases de dados construídas a partir da compilação das entradas. Nesta etapa foi criado um dicionário de dados para documentar o nome das variáveis de saída e seu significado.

3.2.1 Definição do modo operatório do programa

A partir do algoritmo, foi desenvolvido um programa com interface gráfica, a partir da biblioteca Python chamada Tkinter. Essa interface gráfica permitiu a execução, por parte de analistas da equipe, de todos os algoritmos criados. A janela de operação do algoritmo foi planejada para as segundas-feiras, com periodicidade semanal, e um responsável pela execução dessa atividade foi definido.

3.3 Armazenamento das bases de dados geradas

O armazenamento dos arquivos foi feito no *software* SharePoint. Sua escolha foi baseada em disponibilidade e custo. Outro fator relevante é que o SharePoint é um dos *softwares* que possui conexão com o Power BI (Microsoft, 2021c).

3.4 Seleção da solução BI

O Power BI foi selecionado também baseado em sua disponibilidade e custo, além dos conhecimentos prévios na ferramenta por parte dos pesquisadores.

A integração foi realizada a partir de um dos conectores do *software*, que permite o acesso ao SharePoint a partir da autenticação de um usuário da empresa com acesso às bases de dados.

O processamento dos dados foi realizado a partir de funções DAX e da ferramenta Power Query, integrada ao Power BI. Com essas duas ferramentas, foram definidos os tipos de variáveis em cada coluna (como texto, número decimal, número inteiro, uma data, entre outros). Além disso, foram integrados cálculos para tornar valores comparáveis (como a adoção das mesmas unidades de medida), e verificações automáticas para a detecção de erros ou dados discrepantes (feitas a partir de regras de negócio ou do *know-how* da equipe).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a aplicação da metodologia, foram realizadas as etapas descritas a seguir.

4.1 Aplicação da metodologia

A metodologia foi aplicada nos principais tipos de teste de performance realizados pela indústria do estudo. Ao todo, a metodologia empregada foi utilizada em 18 *dashboards* distintos, que se referem a critérios de qualidade analisados de maneira cruzada, ou seja, testes que são comparados entre si em diversas configurações diferentes. Testes de resistência ao rolamento e testes de aderência sob solo molhado são exemplos de testes analisados. Uma vez que foram definidos os desempenhos alvos da metodologia, foram recuperados os arquivos informáticos, nos mais diversos formatos. Mais de 20.000 arquivos fizeram parte da documentação coletada.

Em seguida, foi desenvolvido o programa em Python. Com uma interface gráfica, o programa: i) realiza a importação das bibliotecas, que trazem um conjunto de funções prontas a usar; ii) formata uma janela de diálogo para a seleção dos arquivos a serem processados; iii) apresenta as funções principais, cada uma correspondente a um algoritmo dedicado a um padrão de arquivo.

Com o programa, montaram-se as bases de dados necessárias para a etapa de modelagem dentro do Power BI, que consistiu na criação dos relacionamentos entre as fontes de dados. Foram criadas medidas em linguagem DAX para o cálculo de certos indicadores, bem como certas tabelas calculadas, que serviram de conexão entre outras tabelas. Uma vez que os dados estavam modelados, as análises gráficas foram criadas. Na fase em que se encontrava o estudo, sobretudo a partir dos gráficos, foram encontrados tipos de dados diferentes dos esperados em alguns testes. Em um campo onde se esperava sempre um número, foram encontrados textos, que indicavam um problema de apontamento do teste no sistema interno. Todas incoerências constatadas foram, sistematicamente, reportadas à equipe que gere o sistema interno, e, eventualmente, foram corrigidas manualmente. Alguns erros constatados foram provenientes de inconsistências no algoritmo desenvolvido, o que gerou revisões no programa criado.

Outra etapa importante, posterior aos gráficos, foram as reuniões com equipes da empresa que interessavam-se nas performances analisadas. Novos cálculos e gráficos foram integrados a partir de sugestões recebidas por essas equipes. Nesta etapa, constatou-se que haviam certos termos que causavam ambiguidade entre os usuários. Para resolver qualquer ambiguidade, uma das páginas do ambiente BI criado foi dedicada à explicação de cada variável e de cada gráfico, constituindo um glossário. Além disso, nesta página foi indicado um responsável por cada performance, que poderia, com seu conhecimento técnico, esclarecer dúvidas que os usuários eventualmente tivessem em relação à ferramenta.

4.2 Consolidação dos resultados obtidos

A Figura 2 apresenta a metodologia consolidada após a sua aplicação.



Figura 2. Metodologia proposta pelo projeto (elaborado pelos autores)

Antes da metodologia ser aplicada, para a construção dos 18 *dashboards* realizados seriam necessários, para apenas um estudo, manipular mais de 72 arquivos diferentes, em diversos formatos. Toda essa coleta de dados foi automatizada pelo programa em Python, que inclusive serviu como detector de erros nos relatórios. A informação passou a estar centralizada em um mesmo local. A Figura 3 ilustra a página inicial da ferramenta, alterada por razões de confidencialidade, mas que mostra os filtros ao lado esquerdo da tela, e os botões que direcionam aos *dashboards*.

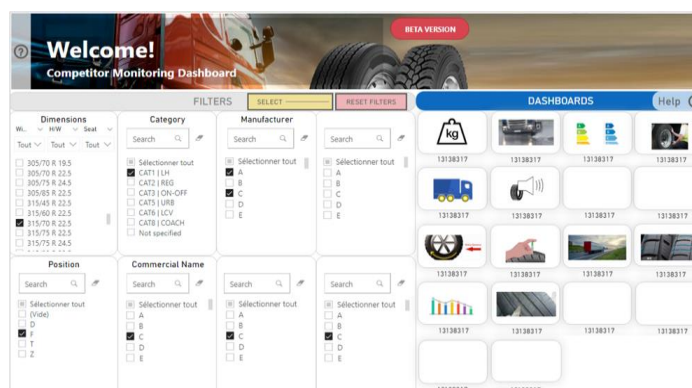


Figura 3. Exemplo de página inicial no Power BI (elaborado pelos autores com base no caso desenvolvido)

As automatizações realizadas pela abordagem BI e Python proposta reduziram drasticamente o número de planilhas manipuladas pelos analistas, e resultaram em um aumento na acuracidade das análises. O ganho foi de 213 horas por ano para cada analista, o que significa maior tempo para dedicarem-se às suas análises quando comparado ao processo anterior. Isso correspondeu a 88% de redução no tempo necessário para redigir o relatório de um estudo.

Os dados compilados graficamente serviram de suporte ao processo de tomada de decisão desde a implementação da ferramenta. Houve um incremento na capacidade de gerir análises mais complexas, devido a um maior acesso de dados de qualidade. Ainda, métodos estatísticos calculados de acordo com os filtros aplicados na ferramenta, permitiram aos analistas julgarem se a informação era confiável ou comparável, de acordo com os critérios específicos de cada análise.

Os dados analisados permitem verificar o comportamento dos produtos da concorrência e, dessa forma, explicar eventuais diferenças de desempenho encontradas, a partir da visão geral de todas as performances dos produtos. Em geral, observaram-se *trade-offs* que eram confirmados pelos diversos gráficos da ferramenta BI. Os gráficos são ilustrados a título de exemplo na Figura 4, alterados por razões de confidencialidade, mas que buscam mostrar a variedade de visuais desenvolvidos.



Figura 4. Exemplos de gráficos no Power BI (elaborado pelos autores com base no caso desenvolvido)

Entre outros, a metodologia proposta permitiu:

- i) facilitar o fluxo de informação, pois anteriormente os dados circulavam entre a equipe por meio de arquivos paralelos e não padronizados;
- ii) minimizar os erros provenientes de múltiplas bases de dados paralelas com dados redundantes, já que os erros detectados passaram a ser corrigidos em uma base de dados unificada, e especialistas da equipe passaram a usar informações comuns para seus estudos;
- iii) padronizar os relatórios emitidos pelos analistas da equipe, pois a definição de modelos de relatório padrão facilitaram a interpretação das informações, com consequentes ganhos em produtividade;
- iv) reduzir o número de erros que existiam na criação manual de relatórios, visto que antes era necessário manipular um grande volume de arquivos manualmente para gerar os gráficos que foram automatizados;
- v) realizar estudos transversais, cruzando um maior volume de dados quase instantaneamente, e viabilizando, dessa forma, estudos mais amplos, com um volume maior de dados;
- vi) analisar resultados individuais de teste mas também compará-los entre si;
- vii) analisar as performances globais dos produtos;
- viii) identificar erros nos resultados dos testes realizados nos produtos;
- ix) economizar tempo na coleta de informações, a exemplo de certas informações, como imagens provenientes de sites internos da empresa, que foram coletadas automaticamente a partir de técnicas de extração de dados conhecidas na literatura por seu termo inglês *web scraping*;
- x) visualizar a evolução dos produtos ao longo do tempo.

5. CONCLUSÃO

Este artigo teve por objetivo propor uma metodologia apoiada no BI para a análise da performance de produtos, para contribuir com as pesquisas acerca do uso do BI dentro da Engenharia Mecânica. Através da fundamentação teórica, foi possível identificar oportunidades abertas por outros autores, que mostraram ganhos significativos no uso do BI como ferramenta para a tomada de decisão. As contribuições para o estado-da-arte na área mostram ganhos ao empregarem-se as linguagens de programação Python, DAX, e o software Power BI na área de Engenharia Mecânica.

Com os resultados obtidos verificou-se que muitas indústrias podem se beneficiar das ferramentas BI para seus processos de tomada de decisão, como, por exemplo, na redução no tempo de coleta de dados por parte dos analistas, gerando economia, e aumento na capacidade de análise da equipe, capaz de entregar mais estudos com o mesmo número de analistas.

Uma limitação do método empregado no estudo de caso ilustrado neste artigo é a necessidade de operação manual dos algoritmos. A melhoria, neste caso, seria um programa que pudesse ser lançado sem interação humana (como em soluções na nuvem, por exemplo). Outro limitante é que, por se tratar de um estudo de caso, o artigo traz resultados da aplicação da técnica em uma organização e nicho específicos.

Sugerem-se mais estudos, sobretudo focando no papel das bases de dados como fontes para a predição da performance de produtos, predição de falhas, entre outros. Ao longo da fundamentação teórica encontrou-se diversos artigos que abordam o uso da Inteligência Artificial (IA). Pesquisas futuras nessa área podem servir-se das bases de dados construídas a partir das ferramentas apresentadas neste artigo.

6. REFERÊNCIAS

- Ajah, Ifeyinwa Angela, e Henry Friday Nweke. 2019. “Big Data and Business Analytics: Trends, Platforms, Success Factors and Applications”. *Big Data and Cognitive Computing* 3(2):32. doi: 10.3390/bdcc3020032.
- Azma, Fereydoon, e Mohammad Ali Mostafapour. 2012. “Business Intelligence as a Key Strategy for Development Organizations”. *Procedia Technology* 1:102–6. doi: 10.1016/j.protcy.2012.02.020.
- Božič, Katerina, e Vlado Dimovski. 2019. “Business Intelligence and Analytics Use, Innovation Ambidexterity, and Firm Performance: A Dynamic Capabilities Perspective”. *The Journal of Strategic Information Systems* 28(4):101578. doi: 10.1016/j.jsis.2019.101578.
- Brito, Thiago Da Silva, e Rafael Da Silva Oliveira. 2017. “Solução de Business Intelligence utilizando a plataforma Microsoft na área da Segurança Pública”. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro.
- Chen, Hsinchun, Roger H. L. Chiang, e Veda C. Storey. 2012. “Business Intelligence and Analytics: From Big Data to Big Impact”. dezembro, 4, 1165–88.
- Cheng, Cong, Huihui Zhong, e Liebing Cao. 2020. “Facilitating Speed of Internationalization: The Roles of Business Intelligence and Organizational Agility”. *Journal of Business Research* 110:95–103. doi: 10.1016/j.jbusres.2020.01.003.
- Elbashir, Mohamed Z., Philip A. Collier, e Michael J. Davern. 2008. “Measuring the Effects of Business Intelligence Systems: The Relationship between Business Process and Organizational Performance”. *International Journal of Accounting Information Systems* 9(3):135–53. doi: 10.1016/j.accinf.2008.03.001.
- Gradvohl, Andre Leon Sampaio. 2015. “Infraestrutura para computação científica de alto desempenho: dos agrupamentos às grades computacionais.” doi: 10.13140/RG.2.1.4764.0088.
- Homem, William Ludovico, e Bruno Cardoso G. Lourenço. 2019. “Big Data e Machine Learning na Engenharia Mecânica”. (PET Mecânica, Sala 38, CT III, UFES).
- Igual, Laura, e Santi Seguí. 2017. *Introduction to Data Science*. Cham: Springer International Publishing.
- Kelvin, Egber A., e Egbule A. C. Solomon. 2017. “BUSINESS INTELLIGENCE AND COMPETITIVE ADVANTAGE (A STUDY OF SELECTED TELECOMMUNICATION FIRMS IN NIGERIA)”. *International Journal of Current Research* 9:5.
- Kuchmann-Beauger, Nicolas. 2013. “Question Answering System in a Business Intelligence Context”. Thèse, Ecole Centrale Paris.
- Kusiak, Andrew. 2015. “Big Data in Mechanical Engineering”. *The American Society of Mechanical Engineers*. Recuperado (<https://www.asme.org/topics-resources/me-today/big-data-in-mechanical-engineering>).
- Lopes, João, Tiago Guimarães, e Manuel Filipe Santos. 2020. “Adaptive Business Intelligence: A New Architectural Approach”. *Procedia Computer Science* 177:540–45. doi: 10.1016/j.procs.2020.10.075.
- Lucas, Alexandre, Ligia Maria Arruda Café, e Angel Freddy Godoy Viera. 2016. “Inteligência de negócios e inteligência competitiva na ciência da informação brasileira: contribuições para uma análise terminológica”. *Perspectivas em Ciência da Informação* 21(2):168–87. doi: 10.1590/1981-5344/2568.
- Luhn, H. P. 1958. “A Business Intelligence System”. *IBM Journal of Research and Development* 2(4):314–19. doi: 10.1147/rd.24.0314.
- Microsoft. 2021a. “DAX Overview”. *Docs.Microsoft.Com*. Recuperado 29 de outubro de 2021

- (<https://docs.microsoft.com/en-us/dax/dax-overview>).
- Microsoft. 2021b. “O que é o Power BI”. *Microsoft Power BI*. Recuperado 29 de outubro de 2021 (<https://powerbi.microsoft.com/pt-br/what-is-power-bi/>).
- Microsoft. 2021c. “Power BI Data Sources”. Recuperado 29 de outubro de 2021 (<https://docs.microsoft.com/en-us/power-bi/connect-data/power-bi-data-sources>).
- Moreno, Valter, Flavia Cavazotte, e Wagner de Souza Carvalho. 2020. “Business Intelligence and Analytics as a Driver of Dynamic and Operational Capabilities in Times of Intense Macroeconomic Turbulence”. *The Journal of High Technology Management Research* 31(2):100389. doi: 10.1016/j.hitech.2020.100389.
- Nogueira, Giovana Fernandes, e Lorena Colauto Borges. 2019. “Análise de Business Intelligence para Aplicações de Robótica”. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- Pandas. 2021. “pandas.DataFrame”. *Pandas 1.3.4 documentation*. Recuperado 2 de novembro de 2021 (<https://pandas.pydata.org/pandas-docs/stable/reference/api/pandas.DataFrame.html>).
- Peters, Matt D., Bernhard Wieder, Steve G. Sutton, e James Wakefield. 2016. “Business Intelligence Systems Use in Performance Measurement Capabilities: Implications for Enhanced Competitive Advantage”. *International Journal of Accounting Information Systems* 21:1–17. doi: 10.1016/j.accinf.2016.03.001.
- Silva, Luís Miguel Ramos. 2021. “Industrial Reporting Using Power BI”. Master’s Dissertation, Universidade do Porto.
- Trieu, Van-Hau. 2017. “Getting Value from Business Intelligence Systems: A Review and Research Agenda”. *Decision Support Systems* 93:111–24. doi: 10.1016/j.dss.2016.09.019.
- Václav, Cempírek, Fedorko Gabriel, Kalupová Blanka, Kavka Libor, e Turek Michal. 2021. “Utilization of Business Intelligence Tools in Cargo Control”. *Transportation Research Procedia* 53:212–23. doi: 10.1016/j.trpro.2021.02.028.
- Vallurupalli, Vamsi, e Indranil Bose. 2018. “Business Intelligence for Performance Measurement: A Case Based Analysis”. *Decision Support Systems* 111:72–85. doi: 10.1016/j.dss.2018.05.002.
- VanderPlas, Jake. 2017. *Python Data Science Handbook*. O’Reilly Media.
- Vukšić, Vesna Bosilj, Mirjana Pejić Bach, e Aleš Popovič. 2013. “Supporting Performance Management with Business Process Management and Business Intelligence: A Case Analysis of Integration and Orchestration”. *International Journal of Information Management* 33(4):613–19. doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2013.03.008.
- Wieder, Bernhard, e Maria-Luise Ossimitz. 2015. “The Impact of Business Intelligence on the Quality of Decision Making – A Mediation Model”. *Procedia Computer Science* 64:1163–71. doi: 10.1016/j.procs.2015.08.599.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.