

## Análise da abordagem *LOW-CODE* como facilitador da transformação digital em indústrias

### *Analysis of the low-code approach as a facilitator of digital transformation in industries*

Fábio Ramos Alves<sup>1</sup> , Symone Gomes Soares Alcalá .

<sup>1</sup>Universidade Federal de Goiás - Faculdade de Ciências e Tecnologia

\*Correspondente: [fabioramos05@hotmail.com](mailto:fabioramos05@hotmail.com)

#### Resumo

A transformação digital é uma tendência nas indústrias decorrente da Quarta Revolução Industrial e da crescente necessidade de as empresas aumentarem a eficiência e a agilidade para se manterem competitivas. Nesse sentido, a digitalização de processos é um importante componente para essa transformação. No entanto, os métodos de desenvolvimento clássicos para a criação de aplicações digitais têm altos custos e tempos de implementação – o que dificulta a digitalização dos processos. Nesse contexto, surge a abordagem *low-code* como uma alternativa viável para facilitar a transformação digital das indústrias. Esse paradigma tem como principais benefícios a maior velocidade para implementação de soluções digitais e a maior eficiência gerada por meio de integrações de dados. Essas e outras características possibilitam uma menor complexidade para realizar melhorias de processos, utilizando as tecnologias digitais. Porém, por ser um tema recente, existem poucos estudos que analisam as formas de aplicação, as vantagens e os desafios dessa abordagem na digitalização de processos da indústria. Assim, este trabalho tem como principal objetivo investigar a transformação digital de indústrias por meio do *low-code*. Para isso, foram realizadas uma revisão bibliográfica deste tema e uma análise de estudos de caso relacionados. Como principal resultado, foi proposto um modelo para implementação de aplicativos utilizando essa abordagem. Além disso, foi possível contribuir com um melhor entendimento sobre os benefícios do *low-code* como uma estratégia para transformação digital da indústria.

**Palavras-chave:** *low-code*; transformação digital; digitalização; processo; indústria.

**Abstract**

Digital transformation is a trend in industries arising from the fourth industrial revolution and the growing need for companies to increase efficiency and agility to remain competitive. In this sense, the digitization of processes is an important component for this transformation. However, the classic development methods for creating digital applications have high costs and implementation times - which make it difficult to digitize the processes. In this context, the low-code approach emerges as a viable alternative to facilitate the digital transformation of industries. This paradigm has as main benefits the greater speed for implementing digital solutions and the greater efficiency generated through data integrations. These and other characteristics allow for less complexity to carry out process improvements, using digital technologies. However, as it is a recent theme, there are few studies that analyze the forms of application, advantages and challenges of this approach in the digitization of industry processes. Thus, this work has as main objective to investigate the digital transformation of industries through low-code. For this, a bibliographical review of this theme and an analysis of related case studies were carried out. As main result, a model for application implementation using this approach was proposed. Furthermore, it was possible to contribute with a better understanding of the benefits of low-code as a strategy for the digital transformation of the industry.

**Keywords:** low-code; digital transformation; digitization; process; industry.

## 1. INTRODUÇÃO

O crescente uso da internet e das tecnologias digitais impactou a indústria global, de modo que elas já estão presentes em diversos estágios da cadeia de valor do setor produtivo (SAVASTANO *et al.*, 2019). Nesse contexto, há uma tendência crescente de transformação digital das indústrias, impulsionada pela Quarta Revolução Industrial. Esse fenômeno é caracterizado pela digitalização de processos e comunicações, uso de dados digitais e inovação (BOGNER *et al.*, 2016; FRANK *et al.*, 2019; SAVASTANO *et al.*, 2019) e ainda tem como principais objetivos geração de valor e impacto econômico para obter vantagens competitivas (GÖKALP *et al.*, 2017; GHOBAKHLOO; FATHI, 2019).

A transformação digital impõe novos desafios para as indústrias. Entre eles, destaca-se a necessidade de um plano tecnológico e estratégico capaz de viabilizar e suportar essa mudança organizacional (GHOBAKHLOO, 2019). Nesse cenário, surgiu o *low-code*. Esse termo refere-se à abordagem de desenvolvimento de software com o mínimo de codificação manual possível e caracteriza-se, principalmente, pela abstração de alto nível, uso de diagramas visuais e linguagens declarativas que possibilitam a criação de aplicações digitais com menores tempos e custos em comparação com modelos de desenvolvimento tradicionais (KHORRAM *et al.*, 2020; SAHINASLAN *et al.*, 2021).

Por ser um paradigma recente, alguns autores ainda buscam entender de forma mais precisa as vantagens das plataformas *low-code* no desenvolvimento de aplicações e automações para a indústria. Nessa linha, Sahay *et al.* (2020) argumentam que um dos principais objetivos das plataformas *low-code* é lidar com a baixa oferta de desenvolvedores avançados no mercado de trabalho. Segundo os autores, com a facilidade proposta pelas

plataformas *low-code*, surgem os chamados “desenvolvedores cidadãos”. Esses profissionais não têm necessariamente experiência com programação, mas com um treinamento em ferramentas *low-code*, já se tornam habilitados para a criação de soluções para a indústria em um espaço de tempo relativamente curto (HORVÁTH *et al.*, 2020; SAHAY *et al.* 2020).

Na literatura especializada, também são discutidos os desafios impostos por essa nova abordagem. Entre outros, são citados a falta de consenso sobre as vantagens e desvantagens do *low-code*, a depuração de aplicações e a documentação técnica (ALAMIN *et al.*, 2021; LUO *et al.*, 2021). De acordo com Luo *et al.* (2021), em determinadas situações pode surgir uma falta de consenso se determinado recurso de alguma plataforma *low-code* pode ser adequado para um projeto ou melhoria. Já Alamin *et al.* (2021) justificam que é preciso adotar estratégias específicas para o aprendizado e a depuração de aplicativos, uma vez que essas questões ainda não foram totalmente resolvidas pelas plataformas que oferecem essa tecnologia. Ademais, de acordo com a literatura, as principais lacunas de conhecimento sobre o *low-code* concentram-se na compreensão pouco apurada dos benefícios deste tema e na ausência de uma metodologia consolidada para a sua implementação em processos da indústria.

Tendo em vista as questões apresentadas, o objetivo geral deste estudo é investigar a transformação digital de indústrias por meio da abordagem *low-code*, assim como apresentar uma metodologia capaz de apoiar a sua implementação. Nesse escopo, os objetivos específicos são:

- realizar uma análise qualitativa de estudos de caso de empresas de médio e grande porte para avaliar os benefícios percebidos na utilização de plataformas *low-code*;
- efetuar um *benchmarking* entre as prin-

principais plataformas de *low-code* para comparar seus pontos fortes e limitações;

- propor uma metodologia de implementação de aplicativos de negócio utilizando o paradigma de *low-code*.

Com este trabalho, pretende-se apoiar a compreensão do conceito *low-code*, bem como evidenciar o seu potencial estratégico para a transformação digital da indústria. Dessa forma, a principal contribuição deste estudo consiste na análise do *low-code* como um facilitador para a transição de processos manuais para o digital na indústria, bem como propor uma metodologia para a sua implementação.

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: na Seção 2 é apresentada uma revisão da literatura, na Seção 3 é mostrada a metodologia de pesquisa utilizada, na Seção 4 os resultados são apresentados e analisados, na Seção 5 é exposta a proposta de metodologia para implementação *low-code* e na Seção 6 é feita a conclusão.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Esta seção está organizada da seguinte forma: na subseção 2.1 é realizada uma revisão bibliográfica sobre o tema transformação digital e na subseção 2.2 é feita uma verificação da literatura sobre *low-code*, incluindo a sua motivação (subseção 2.2.1), a abordagem (subseção 2.2.2) e as plataformas de desenvolvimento *low-code* (subseção 2.2.3).

### 2.1 Transformação digital

A transformação digital, de um modo geral, pode ser definida como um fenômeno social ou evolução cultural, e para as empresas como uma evolução ou criação de modelo de negócios (HENRIETTE *et al.*, 2016). Nesse contexto, a transformação digital envolve

mudanças abrangentes no modelo de negócio da empresa para aproveitar as vantagens das tecnologias digitais. Essa transformação exige mudanças na mentalidade, na cultura, nos processos, nos recursos e métodos operacionais (HENRIETTE *et al.*, 2016; MORAKANYANE, 2017).

As estratégias de transformação digital possuem alguns pontos em comum, independentemente da empresa ou da área de atuação. Esses pontos podem ser divididos em quatro dimensões essenciais: uso de tecnologias, mudanças na criação de valor, mudanças estruturais e aspectos financeiros (MATT *et al.*, 2015).

O uso de tecnologias permite que as empresas realizem a integração de processos e operações de modo que seja alcançada uma inteligência organizacional (FRANK *et al.*, 2019). Dessa maneira, é possível analisar grandes quantidades de dados, prever com maior facilidade falhas nos sistemas e, consequentemente, aumentar a eficiência de produção (GHOBAKHLOO; FATHI, 2019). Nesse sentido, é esperado aumento na produtividade, assim como na vantagem competitiva das empresas que adotam essas tecnologias.

Na perspectiva da criação de valor, a visão é a de analisar o impacto da transformação digital na cadeia de valor das empresas, ou seja, compreende uma mudança das atividades clássicas para as digitais nos negócios (MATT *et al.*, 2015). As mudanças estruturais, por sua vez, referem-se às mudanças observadas na gestão de operações. Nesse contexto, podem-se citar, por exemplo, as estratégias de manufatura distribuídas. Essas estratégias, conforme descrito por Savastano (2019), têm o objetivo de tornar as cadeias de valor da manufatura mais próximas dos usuários finais por meio de tecnologias, como, por exemplo, a impressão 3D.

Além disso, os aspectos financeiros formam a dimensão principal da transformação

digital, uma vez que esta é a responsável por financiar essa mudança. Dessa forma, a dimensão financeira pode viabilizar, limitar ou impossibilitar a transformação digital nas indústrias (GHOBAKHLOO, 2019).

## 2.2 Low-code

### 2.2.1 Motivação

Com a crescente competitividade entre as empresas, a capacidade de mudança e a resposta rápida são habilidades cada vez mais importantes para o sucesso de uma organização. Assim, as ferramentas *low-code* passam a ser estratégicas, tendo em vista que elas proporcionam uma forma mais rápida e econômica para implementação de softwares na indústria (LOURENÇO; GOULÃO, 2018; WASZKOWSKI, 2019; PHILIPPE *et al.*, 2020). Além disso, o paradigma *low-code* oferece a vantagem de requerer um treinamento mais curto para habilitar novos desenvolvedores (KHORRAM *et al.*, 2020, SAHAY *et al.*, 2020).

### 2.2.2 A abordagem

*Low-code* é uma abordagem que aproxima as equipes de negócio e processos da área de Tecnologia da Informação (TI) e as envolve no ciclo de vida da criação de aplicativos (LOURENÇO; GOULÃO, 2018; KHORRAM *et al.*, 2020). Isso possibilita a obtenção de uma maior eficiência e redução de falhas nos processos, uma vez que as partes com maior conhecimento dos procedimentos têm participação ativa desde a etapa de concepção até a fase de validação das soluções digitais.

O termo *low-code* foi usado, pela primeira vez, no contexto da transformação digital, em 2014, pela *Forrester Research*, que afirma que as empresas preferem escolher alternativas de baixo código para entrega rápida

e contínua, bem como para a realização de teste e obtenção de aprendizado (SANCHIS, 2020). As abordagens que deram origem à programação *low-code* foram as de desenvolvimento de software baseado em modelo, desenvolvimento de aplicação rápida, geração automática de código e programação visual (WASZKOWSKI, 2019; CABOT, 2020; PHILIPPE *et al.*, 2020).

Além disso, esse paradigma permite que o desenvolvedor gaste menos tempo com codificação e foque em questões de alto nível, como funcionalidades, estética e experiência do usuário (WASZKOWSKI, 2019). Assim, há um aumento na geração de valor e maiores ganhos estratégicos para o negócio.

### 2.2.3 Plataformas de desenvolvimento *low-code*

Uma Plataforma de Desenvolvimento *Low-Code* (LCDP, do inglês *Low-Code Development Platform*) consiste em um conjunto de recursos para programadores e não programadores. Ela viabiliza a criação e a entrega rápida de aplicativos de negócios com o mínimo de esforço para escrever em uma linguagem de codificação. Além disso, requer o mínimo de energia para instalação e configuração de ambientes, treinamento e implementação (WASZKOWSKI, 2019; ALMONTE *et al.*, 2020; SAHINASLAN *et al.*; 2020).

O principal objetivo das LCDPs é permitir que as empresas desenvolvam aplicativos sem engenharia complexa, facilitando sua configuração para alcançar rapidez e agilidade (SANCHIS, 2020). Além disso, essas soluções são baseadas na computação em nuvem e podem ser classificadas como uma Plataforma como Serviço (PaaS, do inglês *Platform-as-a-Service*), que possuem padrões de arquitetura e design comprovados para garantir eficiência e eficácia em desenvolvimento, implantação e manutenção de aplicações (SAHAY *et al.*, 2020).

Entre os principais benefícios apontados pelos especialistas, podem-se indicar: maior privacidade, rapidez, redução de custos, redução da complexidade, manutenção fácil, envolvimento de perfis de negócio e minimização de requisitos instáveis ou inconsistentes (SANCHIS, 2020). Como os aplicativos podem ser desenvolvidos por usuários sem um conhecimento técnico avançado em programação, as empresas confiam em suas equipes e essas tarefas de desenvolvimento não são terceirizadas. Consequentemente, há um aumento da confidencialidade (OUTSYSTEMS, 2019).

Em razão da parte principal do código já estar pronta, os usuários só precisam realizar configurações visuais ou fazer alguns ajustes necessários. Com isso, tem-se uma redução no tempo total de desenvolvimento e uma maior velocidade na disponibilização do aplicativo (OUTSYSTEMS, 2019; RICHARDSON *et al.*, 2016). Como o ciclo de desenvolvimento é reduzido em termos de tempo, o custo da criação de aplicações também é minimizado (RICHARDSON *et al.*, 2014).

Ainda, como as aplicações não são construídas do zero, no ambiente *low-code* o desenvolvimento é simplificado e isso permite direcionar maior atenção para a personalização do software para atender aos requisitos dos usuários, o que contribui com a melhoria na experiência do usuário (SANCHIS, 2020). Outro ponto relevante é o da manutenção, já que esta é uma fase fundamental para adaptar-se rapidamente às necessidades emergentes. Nesse sentido, como nas plataformas de

*low-code* os aplicativos possuem pouco código, há poucas demandas por manutenção (OUTSYSTEMS, 2019).

Em virtude das interfaces simples e intuitivas oferecidas pelas LCDPs, nenhum conhecimento avançado é necessário. Dessa forma, os usuários finais desses aplicativos se tornam, também, os seus desenvolvedores. Isso é vantajoso na medida em que eles possuem um conhecimento profundo sobre os processos (WASZKOWSKI, 2019; KHORRAM, 2020).

Finalmente, em decorrência dos outros benefícios já citados, há o ganho que consiste na possibilidade de validar ideias e requisitos, antes de desperdiçar recursos em funcionalidades que não agregam valor para o processo (RICHARDSON *et al.*, 2016).

### 2.2.3.1 Análise das plataformas

Foi feita uma comparação entre as principais plataformas *low-code* atuais (HENRIQUES; AMARAL, 2018; SANCHIS *et al.*, 2019; WASZKOWSKI, 2019; ALMONTE *et al.*, 2020; KHORRAM *et al.*, 2020; SAHAY *et al.*, 2020). Essa análise verificou os pontos fortes e as limitações de cada serviço (Tabela 1). Assim, foi constatado que, em geral, as plataformas de maior destaque atualmente têm priorizado recursos relacionados ao suporte de colaboração, integrações com outros serviços e gestão. Por outro lado, a principal limitação encontrada nesses serviços é o baixo suporte para a realização de testes.

Tabela 1 - Benchmarking das LCDPs

| PLATAFORMA           | PONTOS FORTES  | LIMITAÇÕES  |
|----------------------|--|---|
| Power Apps           | Integração de serviços baseados em nuvem; APIs personalizadas; suporte à política de dados; suporte para colaboração; automação de fluxo de trabalho.    | Licenciamento complicado; baixo suporte para desenvolvedores profissionais e indisponibilidade de compartilhamento externo. |
| OutSystems           | Boa experiência de usuário; escalabilidade; Analisador de desempenho; interoperabilidade.  | Poucos conectores externos; baixo suporte a estruturas de testes; indisponibilidade de desenvolvimento <i>off-line</i> .    |
| Mendix               | Suporte móvel <i>off-line</i> para qualquer dispositivo; gerenciamento ágil de projetos; suporte para colaboração; variedade de opções para implantação. | Baixa integração com ERPs; inconsistências em novas versões; alto custo.  |
| SalesForce Lightning | Escalabilidade; disponibilidade de ferramentas para testes; suporte de alto nível para <i>blockchain</i> e IA; gerenciamento amigável; serviço robusto.  | Instabilidades em integrações com outros serviços; maior nível de treinamento requerido; baixo nível de automação.          |
| Appian               | Histórico de processo agregado; processamento de eventos complexos; colaboração simultânea; interfaces de usuário intuitivas; implantação instantânea.   | Personalização limitada; depuração demorada; baixo suporte para testes.   |

Fonte: dos Autores

Conforme Khorram *et al.* (2020), a colaboração é uma característica considerada em todas as LCDPs. Isso acontece pelo fato de, normalmente, haver uma especialização no desenvolvimento de aplicativos, isto é, cada equipe foca em diferentes aspectos da aplicação (HORVÁTH *et al.*, 2020). Dessa forma, isso justifica a importância dada a esse ponto, pelos fornecedores do serviço de *low-code*.

A disponibilidade de fácil integração com outros serviços também é um ponto forte das soluções *low-code*. Segundo Sanchis *et al.* (2019), aspectos como integração, interoperabilidade e comunicação são fundamentais para facilitar a adoção deste paradigma. Essas integrações podem ser feitas utilizando *Application Programming Interface* (API)

e mecanismos de autenticação relacionados (SAHAY *et al.*, 2020).

Além disso, a gestão de processos é uma preocupação emergente das LCDPs, conforme observado por Waszkowsky (2019), Sanchis *et al.* (2019), Sahay *et al.* (2020), Khorram *et al.* (2020) e Horváth *et al.* (2020). As plataformas estão buscando inserir módulos específicos para gerenciar políticas organizacionais, fluxos de aprovação e demais processos integrados.

E o baixo suporte para realização de testes é uma limitação presente na maioria dos serviços *low-code*. De acordo com Khorram (2020), os testes compõem uma etapa essencial para fornecer um maior nível de confiança para o produto final. No entanto, as LCDPs

ainda apresentam baixa maturidade para realização fácil e rápida desses testes.

### 3. METODOLOGIA DE BUSCA DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E DOS ESTUDOS DE CASO

Para a realização deste trabalho, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o tema de *low-code*, com o intuito de proceder com uma análise do estado da arte. Em seguida, estudos de casos de implantação de tecnologias *low-code* em empresas de médio e grande porte foram examinados. E assim, com base nas pesquisas feitas, foi proposta uma meto-

dologia para implementação do *low-code*.

Na revisão bibliográfica, foram consultadas as bases de dados de trabalhos científicos *Web of Science* e *Scopus*. Inicialmente, foi feita uma busca pela palavra-chave “*low-code*”. Em seguida, essa pesquisa foi estendida, utilizando as palavras-chave “*application*” e “*process*”, respectivamente. Essas palavras-chave foram buscadas no título, resumo e palavra-chave dos artigos no dia 30 de abril de 2021. E foi considerado todo período de busca, sem outros filtros. A Tabela 2 resume os resultados obtidos (ou seja, o número de publicações) utilizando as palavras-chave de pesquisa definidas nas duas bases.

Tabela 2 - Número de publicações de acordo com a base de dados

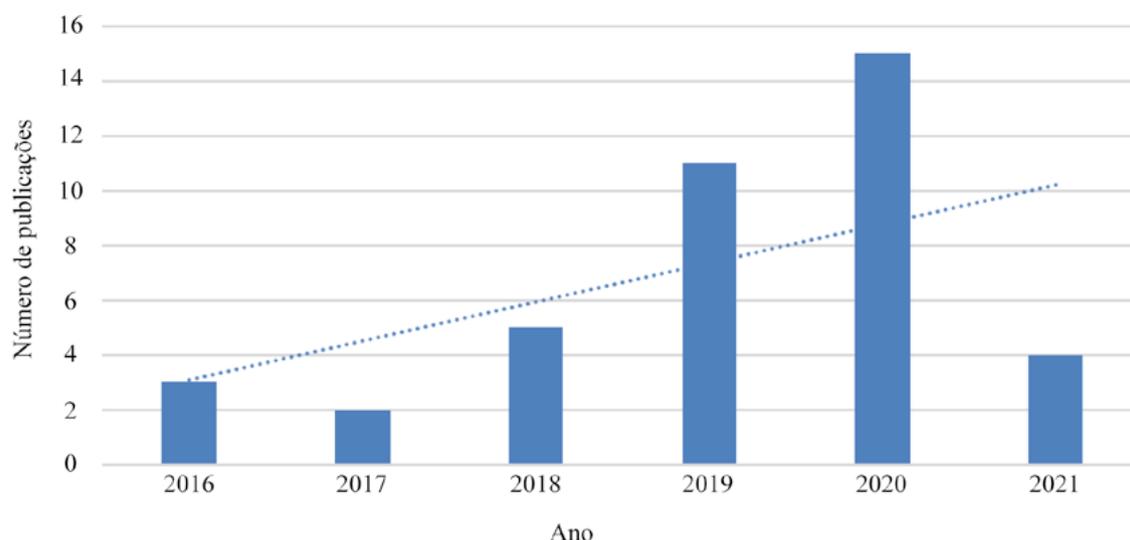
| BASE DE DADOS  | “LOW-CODE” | “LOW-CODE” AND “APPLICATION” | “LOW-CODE” AND “APPLICATION” AND “PROCESS” |
|----------------|------------|------------------------------|--|
| Web of Science | 485        | 91                           | 26   |
| Scopus         | 269        | 66                           | 14   |

Fonte: dos Autores ([s.d.])

Conforme mostrado na Tabela 2, utilizando somente a palavra-chave “*low-code*”, foram encontrados 485 e 269 artigos nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus*, respectivamente. Adicionando o termo “*application*” na pesquisa, os resultados foram reduzidos para 91 na base *Web of Science* e 66 na *Scopus*. Finalmente, a palavra “*process*” também foi inserida nessa busca e foram retornados 26 artigos na primeira base e 14 na segunda, totalizando 40 artigos. Os termos “*application*” e “*process*” foram considerados na pesquisa em função da busca de trabalhos sobre a aplicação do *low-code* em processos.

A Figura 1 mostra a distribuição dos artigos retornados na busca ao longo dos anos. Conforme mostrado na Figura 1, as primeiras publicações que contêm as palavras-chave buscadas ocorreram no ano de 2016. Além disso, é possível notar uma tendência de crescimento no número de publicações, com ápice, no ano de 2020 (15 publicações no total). Vale destacar que o ano de 2021 foi verificado até o mês de abril (período de busca das publicações).

Imagem 01 - Número de publicações por ano com uma linha de tendência



Fonte: dos Autores

Após a pesquisa, os artigos foram ordenados com base no número de citações e os resultados foram salvos em planilha eletrônica Excel. Posteriormente, foi realizada leitura dos resumos de cada publicação. Os artigos sem relação com os objetivos deste trabalho, ou seja, que não se relacionavam com os temas transformação digital e *low-code* no contexto da indústria, foram descartados, totalizando 15 artigos. E os demais documentos foram lidos de forma integral, os quais somam 25 artigos e compõem o referencial teórico deste estudo.

A partir do estudo bibliográfico realizado, foram verificadas nas publicações selecionadas as principais vantagens da transformação digital utilizando tecnologias *low-code*. Esses benefícios foram registrados para posterior análise qualitativa dos estudos de caso onde essas ferramentas foram utilizadas. Além disso, essas publicações auxiliaram na elaboração e proposta de uma metodologia de implementação de aplicativos de negócio utilizando a abordagem *low-code*.

Para o levantamento dos estudos de caso, foi utilizada a plataforma Featured Customers (<https://www.featuredcustomers.com/>). Esse site possui uma base de dados pública e gratuita, na qual há dezenas de estudos de caso reais referentes à utilização de soluções *low-code*, escritos por especialistas da área. Dito isso, os filtros utilizados nessa busca de estudos de casos foram:

1. Empresas de médio e grande porte.
2. Utilização de uma das principais plataformas *low-code* (isto é, Power Apps, OutSystems, Mendix, Salesforce Lightning ou Appian).

As empresas de pequeno porte não foram consideradas nesta busca, em razão da verificação de que essas empresas eram predominantemente do setor de serviços e não industrial (foco deste trabalho). A partir destes critérios, foram selecionados 30 estudos de caso. Esses documentos foram registrados em uma planilha eletrônica Excel. Em seguida, foram feitas análises observando as vantagens do *low-code* levantadas na etapa ante-



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Resultados e análise dos benefícios do *low-code*

Com base na consulta bibliográfica do referencial teórico, foram identificadas 12 vantagens na utilização do *low-code*. Esse resultado consta na Tabela 3.

Tabela 3 - Levantamento dos benefícios da utilização do *low-code*

| BENEFÍCIO  |
|--|
| Redução de custos  |
| Redução no tempo total de desenvolvimento de aplicativos |
| Redução de erros nos processos da indústria              |
| Aumento no envolvimento de perfis de negócios            |
| Aumento de eficiência do processo                        |
| Melhoria da qualidade dos processos da indústria         |
| Aumento de flexibilidade                                 |
| Entrega de <i>insights</i> em tempo real                 |
| Maior privacidade  |
| Redução da complexidade                                  |
| Manutenção ágil  |
| Melhoria na experiência do usuário                       |

Fonte: dos Autores

Com a utilização de ferramentas *low-code*, a escala de tempo para a digitalização de processos foi reduzida de meses para semanas ou dias, nos casos avaliados. Essa informação está de acordo com a literatura apresentada por Henriques e Amaral (2018), Sanchis *et al.* (2019), Waszkowski (2019), Almonte *et al.* (2020), Khorram *et al.* (2020), Sahay *et al.* (2020), Sahinaslan *et al.* (2020) e Sanchis *et al.* (2019), por exemplo, apontam que essa abordagem pode acelerar o desenvolvimento

de aplicativos de cinco a dez vezes. Ainda, Sahinaslan *et al.* (2020) indicam que as plataformas *low-code* reduzem de 50% a 90% do tempo necessário para a realização de melhorias em aplicações digitais, se comparadas com os métodos clássicos.

Também é uma vantagem frequente, na análise realizada, o aumento da eficiência do processo. Foi constatado que o tempo de execução do processo foi otimizado, após a implantação da solução digital. Esse fato é respaldado por Waszkowski (2019) e Sahay *et al.* (2020). Waszkowski (2019) ressalta que nas aplicações *low-code* os processos são executados por ações. Essas ações são divididas em padrões que, por sua vez, são utilizados em todas as tarefas ou ações individualizadas. Somado a isso, os serviços *low-code* permitem uma vasta integração de dados que geram ganhos de eficiência.

Além disso, os relatos indicam a melhoria da experiência do usuário como um benefício do *low-code*. Essa melhoria também é apoiada pelos estudos de Sanchis *et al.* (2019), Waszkowski (2019 e 2020), Khorram *et al.* (2020); Sahay *et al.* (2020) e Sahinaslan *et al.* (2020). Conforme Sahinaslan *et al.* (2020), as LCDPs oferecem diversos recursos de design que possibilitam aprimorar a experiência do usuário. Ainda, de acordo com Sanchis *et al.* (2019), essas soluções têm boa usabilidade e são intuitivas.

### 4.2 Resultados e análise dos estudos de caso encontrados

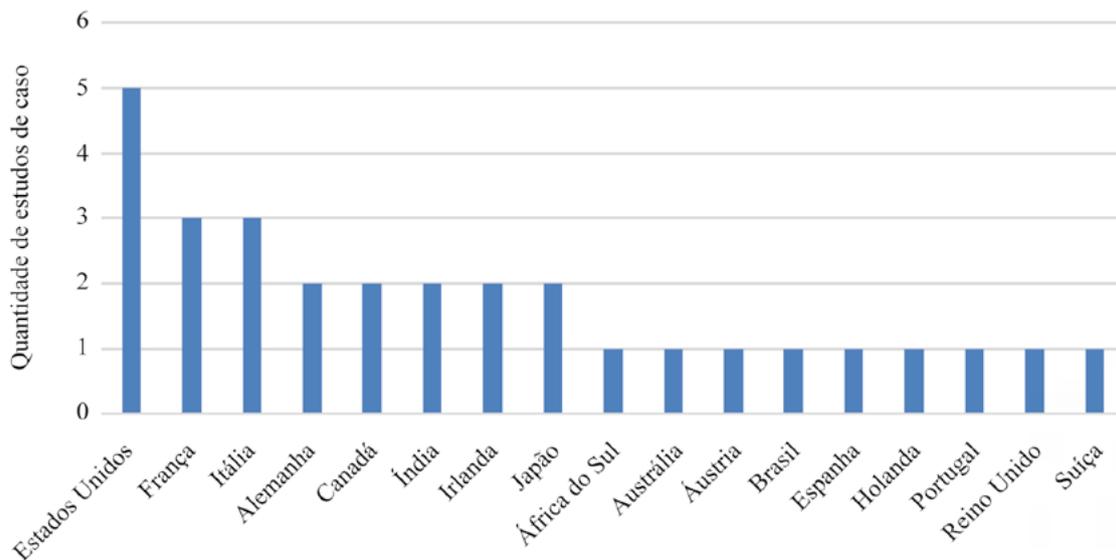
#### 4.2.1 Perfil das empresas

Conforme descrito anteriormente, foram selecionados 30 estudos de caso em empresas de médio e grande porte. A Figura 3 apresenta a distribuição dos estudos de caso por país. Estados Unidos possui um maior número de

estudos casos (cinco casos), seguido por França e Itália (três casos cada). Apenas um estudo de caso no Brasil foi verificado.

Assim, percebe-se que as empresas que adotam o *low-code*, atualmente, estão localizadas, principalmente, em países desenvolvidos.

Imagem 03 - Quantidade de estudos de caso por país

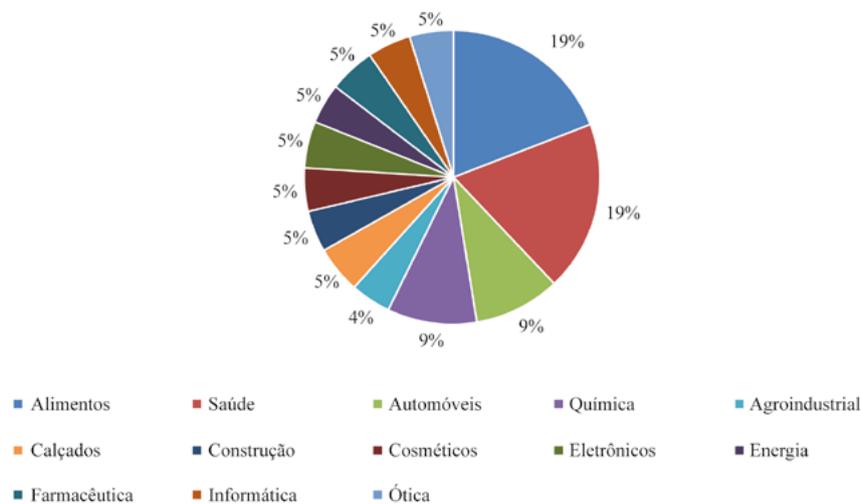


Fonte: dos Autores

A proporção de estudos de caso por setor industrial pode ser vista na Figura 4. É possível verificar que o uso do *low-code* está pre-

sente em diversos setores da indústria, com destaque para os de alimentos, de produtos de saúde, automóveis e químicos.

Imagem 04 - Proporção de estudos de caso por setor industrial

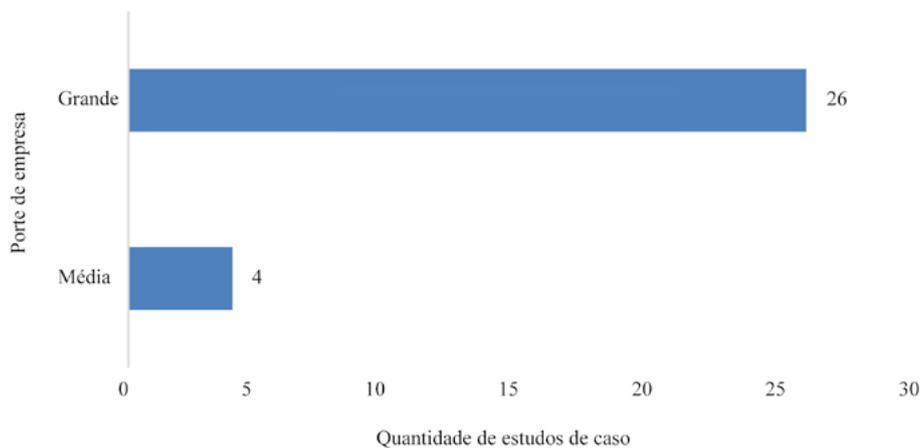


Fonte: dos Autores

A quantidade de estudos de caso por porte de empresa é apresentada na Figura 5. É possível observar que, atualmente, a maior parte das empresas que utilizam o *low-code* é de grande porte. Isso pode acontecer devido ao fato dessas empresas possuírem mais

recursos disponíveis para utilização de novas tecnologias e, também, por terem o potencial de obter maiores resultados em razão da grande quantidade de processos e de dados gerados em suas operações industriais.

Imagem 05 - Quantidade de estudos de caso por porte

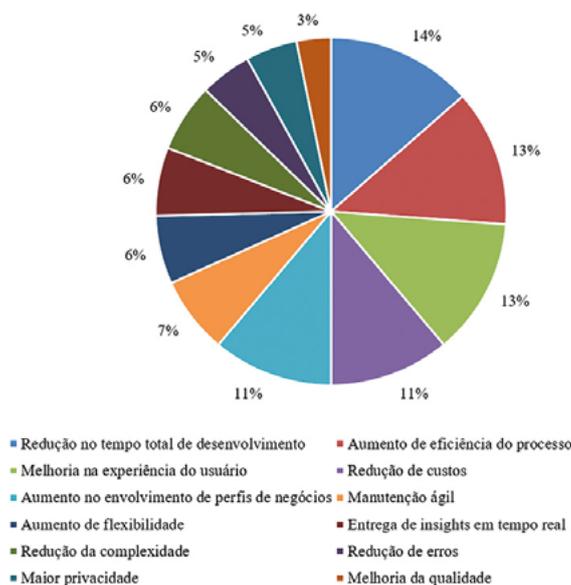


Fonte: dos Autores

#### 4.2.2 Análise dos benefícios do *low-code* descritos nos estudos de caso

Na Figura 6 é apresentada a proporção dos benefícios do *low-code* descritos nos estudos de caso avaliados. Nessa linha, os benefícios mais recorrentes foram a redução no tempo total de desenvolvimento de aplicativos (14%), o aumento da eficiência do processo (13%) e a melhoria na experiência do usuário (13%). Em contrapartida, as vantagens menos observadas foram melhoria da qualidade de

processos (3%), maior privacidade (5%) e redução de erros nos procedimentos operacionais (5%). Tendo isso em vista, é importante alcançar um aumento percentual nesses benefícios menos observados, uma vez que eles são estratégicos para o desempenho das empresas. Para isso, são necessários a expansão dessa estratégia tecnológica na indústria e um plano para divulgação interna dos resultados obtidos com essa abordagem.

Imagem 06 - Benefícios do *low-code* descritos nos estudos de caso

Fonte: dos Autores

#### 4.2.3 Análise dos estudos de caso

Entre os estudos de caso avaliados, vale destacar os das empresas Toyota, Schneider Electric e Amarodi. Nesses casos, houve uma adoção abrangente (em diversas áreas) do *low-code* como estratégia para maximizar a transformação digital em seus respectivos processos industriais. Além disso, essas empresas apresentaram grandes resultados com essa abordagem tecnológica.

A empresa Toyota, do ramo automotivo, utilizou a plataforma Power Apps para melhorar a eficiência e acelerar a inovação na companhia. No total, a empresa desenvolveu mais de 400 aplicativos. Essas aplicações têm como principal objetivo solucionar as ineficiências cotidianas e existem desde aplicativos para equipes especializadas até os mais gerais. Nesse contexto, as principais características dessas soluções são abrangência de impacto e velocidade de desenvolvimento. Esses aplicativos estão presentes em quase todas as operações da Toyota: da gestão de recursos humanos até o gerenciamento de instalações. Além disso, a empresa possibilitou que os

seus colaboradores se tornassem desenvolvedores cidadãos para aproveitar o conhecimento e a experiência dos processos que eles possuem. Dessa forma, a companhia obteve como principais benefícios o aumento da agilidade, a redução de centenas de horas por ano e de centenas de milhares de folhas de papel. Isso permitiu uma economia de milhares de dólares em custos de tempo desperdiçado e em custos de materiais. Ademais, para a consolidação do uso da tecnologia *low-code*, a empresa está criando um processo de governança para o controle de qualidade e suporte de novas aplicações.

Para maximizar a agilidade e a eficiência dos seus processos, a empresa Schneider Electric, especializada em produtos e serviços para distribuição elétrica, controle e automação, adotou a plataforma OutSystems para transformar o seu cenário de tecnologia. Nos primeiros 20 meses, foram desenvolvidos 60 novos aplicativos, sendo que a maioria das aplicações foi concluída em 10 semanas. A plataforma *low-code* foi selecionada para preencher a lacuna entre as demandas da companhia e os recursos de TI disponíveis. Vale

destacar que os aplicativos criados se caracterizam, sobretudo, pela consistência de experiência do usuário oferecida, assim como pela padronização dos processos. Nesse sentido, os principais resultados alcançados foram: a redução do tempo de desenvolvimento pela metade, alcançando economia de 650 dias, no primeiro ano; e o aumento de eficiência em diversas áreas, como na cadeia de suprimentos, gerenciamento de manufatura, entre outras. Adicionalmente à implantação da solução *low-code* foi criado um centro de excelência para oferecer suporte em todo o ciclo de vida de cada iniciativa.

A empresa Amarodi, indústria alimentícia, utilizou a plataforma Appian para simplificar o trabalho para todos os seus colaboradores e reduzir o trabalho manual. Nesse contexto, a organização utilizou a plataforma para criar aplicações com gestão de dados, acesso e confiabilidade aprimorados. Esses aplicativos foram implantados em diversas áreas, como produção, qualidade e logística. Entre as aplicações desenvolvidas, vale mencionar a de gestão da inovação do produto: um aplicativo utilizado pelas equipes de produção, pesquisa e marketing para gerenciar o ciclo de vida dos produtos. Nesse cenário,

destacam-se os seguintes benefícios obtidos pela companhia com a adoção da solução *low-code*: redução de milhares de papéis utilizados por ano; redução de 466% do tempo de espera no processo de manutenção; e melhoria na conformidade regulamentar. Dessa forma, a empresa alcançou maior agilidade em seus processos. Como próximo passo, a organização espera ampliar e intensificar o uso de aplicações *low-code* nos próximos anos.

## 5. PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA IMPLEMENTAÇÃO DO LOW-CODE

A proposta de implementação do *low-code* é apresentada na Figura 7. Essa metodologia foi construída após análise de artigos para desenvolvimento do estado da arte sobre *low-code*. Essa sistematização é respaldada pela ausência de uma referência consolidada, na literatura, para implementação de soluções *low-code* no contexto da indústria. Nesse sentido, espera-se contribuir com o preenchimento dessa lacuna de conhecimento.

Imagem 07 - Metodologia de Implementação da Abordagem Low-Code



Fonte: dos Autores

Na fase de análise do processo, é feito um mapeamento de todas as etapas que o constituem e é realizado um levantamento dos requisitos e funcionalidades da aplicação (JANUÁRIO, 2020). A partir dessa análise é avaliada, também, a viabilidade de digitalização do processo utilizando a tecnologia *low-*

*code*. Assim, esta etapa é crucial para se obter sucesso nas etapas seguintes.

Já a fase de modelagem de dados é a primeira etapa operacional da abordagem *low-code*. Neste momento, o usuário cria as entidades, estabelece os relacionamentos, define as restrições e as dependências. Todas essas

ações são geralmente feitas por meio de recursos de arrastar e soltar (SAHAY *et al.*, 2020).

A etapa de desenho de interfaces, por sua vez, é destinada para a elaboração visual das telas que irão compor o aplicativo. As plataformas *low-code* são caracterizadas pela sua compatibilidade com a criatividade em geral. Dessa forma, como há uma economia de tempo com codificação pesada, pode-se dedicar mais tempo na etapa de desenho (ALMONTE *et al.*, 2020; CABOT, 2020). Assim, as LCDPs possibilitam um aumento na personalização das aplicações e, consequentemente, uma melhor experiência do usuário.

A partir do desenvolvimento *low-code*, é possível obter benefícios da metodologia ágil. Ou seja, com a conclusão das três etapas iniciais, pode-se liberar um Menor Produto Viável (MVP, do inglês *Minimum Viable Product*). O paradigma *low-code* permite uma experiência de desenvolvimento rápido, na qual o desenvolvedor consegue visualizar o resultado final durante o desenvolvimento (WYSIWYG, do inglês *What-You-See-Is-What-You-Get*), que suporta o lançamento rápido de novas versões (OLATUNJI, 2021).

Após a validação do MVP, as regras de negócios, definidas na etapa inicial de análise do processo, são implementadas. Essa implementação é feita utilizando funções de sintaxe simples e de fácil compreensão (SANCHIS, 2020).

Além disso, as plataformas *low-code* também permitem a integração de serviços externos por meio de uma interface de programação de aplicações (API, do inglês *Application Programming Interface*) de terceiros. Assim, as plataformas fornecem meios para consumir serviços e dados de diferentes sistemas (KHORRAM *et al.*, 2020; SAHAY *et al.*, 2020). Consultando a documentação do serviço utilizado, podem-se verificar quais

integrações estão disponíveis e o seu respectivo modo de configuração.

Finalmente, com a conclusão das etapas de desenvolvimento, o aplicativo pode ser publicado e compartilhado com os usuários finais (etapa de disponibilização). Na maioria das plataformas *low-code*, a visualização e a disponibilização do aplicativo podem ser feitas com poucos cliques (HENRIQUES; AMARAL, 2018; HORVÁTH *et al.*, 2020).

## 6. CONCLUSÕES

O cenário industrial atual é caracterizado pela busca constante, por parte das empresas, da transformação digital, com vistas a aproximar-se cada vez mais da Indústria 4.0 e aumentar a competitividade. No entanto, essa mudança impõe alguns desafios. Entre outros, podem-se destacar a baixa oferta de programadores avançados no mercado e a baixa velocidade da criação de soluções tecnológicas utilizando abordagens clássicas. Dessa forma, a abordagem *low-code* surge como uma alternativa para fazer frente a esses obstáculos.

O estudo efetuado mostrou que a redução no tempo total de desenvolvimento de aplicações é o maior benefício (14%) percebido pelas empresas que utilizam ferramentas *low-code* para digitalizar os seus processos. Ainda, foi possível verificar que a maior parte das indústrias que adotam esse paradigma como facilitador da transformação digital é de grande porte.

Além disso, na revisão da literatura da área, não foi encontrada uma metodologia robusta de como implementar soluções *low-code* na indústria. Assim, foi feita uma consolidação das melhores práticas e proposta uma referência para utilização dessas tecnologias. Com isso, espera-se contribuir com uma melhor compressão da abordagem *low-*

-code no contexto da transformação digital da indústria.

A partir da revisão bibliográfica de publicações científicas da área e da avaliação de estudos de caso reais, foi possível alcançar o objetivo proposto neste estudo: analisar a transformação digital de indústrias por meio da abordagem *low-code* e sugerir uma metodologia para a sua implementação. Para pesquisas futuras, sugere-se investigar a abordagem *low-code* como alternativa para as empresas de pequeno porte, uma vez que essas organizações não foram incluídas neste trabalho. Tendo em vista o potencial desse modelo para acelerar a transformação digital e a limitação de recursos das pequenas empresas, o *low-code* é uma oportunidade interessante para apoiar a evolução tecnológica dessas organizações. Ademais, são necessários mais estudos para avaliar e validar a metodologia proposta neste trabalho.

## 7. REFERÊNCIAS

- ALAMIN, Md A. Al *et al.* **An Empirical Study of Developer Discussions on Low-Code Software Development Challenges.** arXiv preprint arXiv:2103.11429, 2021.
- ALMONTE, L. *et al.* Towards automating the construction of recommender systems for low-code development platforms. *In: Proceedings of the 23rd ACM/IEEE International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems: Companion Proceedings.* p. 1-10, 2020.
- BARUA, A. *et al.* **An empirical investigation of net-enabled business value.** MIS Quarterly, p. 585-620, 2004.
- BOGNER, E. *et al.* **Study based analysis on the current digitalization degree in the manufacturing industry in Germany.** Procedia CIRP, v. 57, p. 14-19, 2016.
- CABOT, J. Positioning of the low-code movement within the field of model-driven engineering. *In: Proceedings of the 23rd ACM/IEEE International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems: Companion Proceedings.* p. 1-3, 2020.
- FRANK, A. G. *et al.* Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 141, p. 341-351, 2019.
- GHOBAKHLOO, M.; FATHI, M. Corporate survival in Industry 4.0 era: the enabling role of lean-digitized manufacturing. **Journal of Manufacturing Technology Management**, 2019.
- GÖKALP, E.; ŞENER, U.; EREN, P. E. Development of an assessment model for industry 4.0: industry 4.0-MM. *In: International Conference on Software Process Improvement and Capability Determination.* Springer, Cham, p. 128-142, 2017.
- HENRIETTE, E.; FEKI, M.; BOUGHZALA, I. Digital Transformation Challenges. *In: MCIS.* p. 33, 2016.
- HENRIQUES, H. *et al.* Improving the developer experience with a low-code process modelling language. *In: Proceedings of the 21th ACM/IEEE International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems.* p. 200-210, 2018.
- HORVÁTH, B.; HORVÁTH, Á.; WIMMER, M. Towards the next generation of reactive model transformations on low-code platforms: three research lines. *In: Proceedings of the 23rd ACM/IEEE International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems: Companion Proceedings.* p. 1-10, 2020.

- KAGERMANN, H. **Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry**; final report of the Industrie 4.0 Working Group. Forschungsunion, 2013.
- KELKAR, O.; HEGER, R.; DAO, D. **Studie Industrie 4.0-Eine Standortbestimmung der Automobil-und Fertigungsindustrie**. v. 4, p. 2016, 2014.
- KHORRAM, F.; MOTTU, J; SUNYÉ, G. Challenges & opportunities in low-code testing. *In: Proceedings of the 23rd ACM/IEEE International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems: Companion Proceedings*. p. 1-10, 2020.
- KRYKAVSKYY, Y.; POKHYLCHENKO, O.; HAYVANOVYCH, N. **Supply chain development drivers in industry 4.0 in Ukrainian enterprises**. *Oeconomia Copernicana*, v. 10, n. 2, p. 273-290, 2019.
- KUSIAK, A. Service manufacturing: Basic concepts and technologies. *Journal of Manufacturing Systems*, v. 52, p. 198-204, 2019.
- LUO, Y. *et al.* Characteristics and Challenges of Low-Code Development: The Practitioners' Perspective. *In: Proceedings of the 15th ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM)*. p. 1-11, 2021.
- MATT, C.; HESS, T.; BENLIAN, A. Digital transformation strategies. *Business & Information Systems Engineering*, v. 57, n. 5, p. 339-343, 2015.
- MORAKANYANE, R.; GRACE, A. A.; O'REILLY, P. **Conceptualizing Digital Transformation in Business Organizations: A Systematic Review of Literature**. *Bled eConference*, v. 21, 2017.
- OUTSYSTEMS. **The State of Application Development. Is IT Ready for Disruption** *OutSystems*. Boston, MA, USA, 2019.
- PAIOLA, M.; GEBAUER, H. Internet of things technologies, digital servitization and business model innovation in BtoB manufacturing firms. *Industrial Marketing Management*, v. 89, p. 245-264, 2020.
- PARITALA, P. K.; MANCHIKATLA, S.; YARLAGADDA, P. KDV. Digital manufacturing-applications past, current, and future trends. *Procedia engineering*, v. 174, p. 982-991, 2017.
- RICHARDSON, C.; RYMER, J. R. **New Development Platforms Emerge for Customer-Facing Applications**. *Forrester*, Cambridge, MA, USA, 2014.
- RICHARDSON, C.; RYMER, J. R. **Vendor Landscape: The Fractured, Fertile Terrain of Low-Code Application Platforms**. *Forrester*, Cambridge, MA, USA, 2016.
- SAHAY, A. *et al.* Supporting the understanding and comparison of low-code development platforms. *In: 2020 46th Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA)*. IEEE, p. 171-178, 2020.
- SAHINASLAN, E.; SAHINASLAN, O.; SABANCIOGLU, M. Low-code application platform in meeting increasing software demands quickly: SetXRM. *In: AIP Conference Proceedings*. AIP Publishing LLC, p. 07, 2021.
- SANCHIS, R. *et al.* Low-code as enabler of digital transformation in manufacturing industry. *Applied Sciences*, v. 10, n. 1, p. 12, 2020.
- SAVASTANO, M. *et al.* Contextual impacts on industrial processes brought by the digital

transformation of manufacturing: A systematic review. **Sustainability**, v. 11, n. 3, p. 891, 2019.

SOMMER, L. Industrial-industry revolution 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution? **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 8, n. 5, p. 1512-1532, 2015.

VRCHOTA, J.; PECH, M. Readiness of enterprises in Czech Republic to implement industry 4.0: Index of industry 4.0. **Applied Sciences**, v. 9, n. 24, p. 5405, 2019.

WASZKOWSKI, R. **Low-code platform for automating business processes in manufacturing**. IFAC-PapersOnLine, v. 52, n. 10, p. 376-381, 2019.

WEISBECKER, A.; BURMESTER, M.; SCHMIDT, A. **Mensch und Computer 2015 – Workshopband**. Walter de Gruyter GmbH & Co KG, 2015.