

Stein: proposta de um sistema ERP para construção civil

Stein: proposal for an ERP system for the construction industry

Tatiana Gondim do Amaral 

Lucas Macedo da Silva 

Vitor de Almeida Silva 

Resumo

Um *Enterprise Resource Planing* (ERP) é um sistema de gestão empresarial que permite integrar os fluxos de informação de uma empresa. A implantação de sistemas ERP na construção civil é altamente suscetível a falhas, devido aos requisitos e à complexidade da área. Com o propósito de desenvolver um sistema ERP efetivo, é necessário ter uma análise de requisitos prévia, além de manter o contato com os interessados e demais envolvidos até a entrega do produto. Contudo, diversas escolhas técnicas influenciam na qualidade final do produto, e não foram identificadas na literatura propostas técnicas que auxiliem nessas escolhas. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho é propor uma arquitetura para a implementação do sistema, no formato de um modelo de diagrama de blocos, para auxiliar na construção de um ERP, definindo os principais módulos de software que esse sistema deve possuir. O modelo proposto é baseado na arquitetura de microsserviços. Foram levantados e elencados os módulos do sistema e seu fluxo de comunicação, de modo a evitar problemas técnicos encontrados durante o ciclo de vida do software. Também foram sugeridas tecnologias que podem ser utilizadas para a construção do ERP, tais como API REST e banco de dados.

Palavras-chave: Planejamento de recursos da empresa. Diagrama de blocos. Construção civil. Processo de implementação.

Abstract

An Enterprise Resource Planning (ERP) is a business management system that allows the integration of a company's information flows. The implementation of ERP systems in the construction industry is highly susceptible to failure, due to the requirements and complexity of the area. With the purpose of developing an effective ERP system, it is necessary to have a prior requirements analysis, in addition to maintaining contact with stakeholders and others involved until the product is delivered. However, several technical choices influence the final quality of the product and no technical proposals that can help in these choices have been identified in the literature. Thus, the objective of this study is to propose an architecture for the system's implementation, in the format of a block diagram model to help in the construction of an ERP, defining the main software modules that an ERP system must have. The proposed model is based on microservices architecture. The system's modules and their communication flow were surveyed and listed in order to avoid technical problems encountered during the software life cycle. Technologies that can be used to build the ERP, such as REST API and Database, are also suggested.

¹Tatiana Gondim do Amaral

¹Universidade Federal de Goiás
Goiânia - GO - Brasil

²Lucas Macedo da Silva

²Universidade Federal de Goiás
Aparecida de Goiânia - GO - Brasil

³Vitor de Almeida Silva

³Universidade Federal de Goiás
Goiânia - GO - Brasil

Recebido em 20/06/22

Aceito em 17/08/22

Keywords: Enterprise resource planning. Block diagram. Civil construction. Implementation process.

Introdução

Um *Enterprise Resource Planning* (ERP) é um software que permite a integração completa do fluxo de informações de todas as áreas funcionais de uma empresa a partir de um banco de dados acessado via interface gráfica unificada, ou seja, uma tela (ABU-SHANAB; ABU-SHEHAB; KHAIRALLAH, 2015). O compartilhamento e a integração dos processos de negócio promovem um alto nível de eficiência e gerenciamento de contratos (HADIDI; ASSAF, 2017).

O uso de ERP para integrar os processos de uma empresa traz diversos benefícios, entre os quais possibilidade de eliminar a duplicação de esforço e dados; melhoria dos processos; efetividade no tratamento com fornecedores; aumento da produtividade; aumento da satisfação do cliente; facilidade na comunicação corporativa; auxílio na inteligência do negócio; e ajuda aos gerentes no processo de tomada de decisões (ABU-SHANAB; ABU-SHEHAB; KHAIRALLAH, 2015; DENIC *et al.*, 2016).

Em contrapartida, as principais desvantagens dessa categoria de software estão ligadas a seu desenvolvimento e implementação. Entre elas se destacam, de acordo com Denic *et al.* (2016), o tempo e o custo elevados para colocar o sistema ERP em condições de funcionamento. Além dessas desvantagens, os problemas de compatibilidade com outros sistemas existentes e risco substancial se houver apenas um vendedor ou uma equipe técnica pouco qualificada afetam negativamente na aceitação de um ERP.

Especificamente na área da construção civil, esses softwares são vistos como um investimento de alto custo, em decorrência de necessidades de mudanças culturais dos processos, investimentos em treinamentos e atualizações da infraestrutura de Tecnologia da Informação (TI). Isso é agravado nessa área, principalmente por conta da complexidade dos negócios, do ambiente, dos aspectos particulares de cada projeto/cliente, do tempo, do custo e da montagem da infraestrutura para o sistema operar. Tudo isso leva a uma taxa de fracasso muito grande na fase de implantação desses sistemas (HADIDI; ASSAF, 2017). Além disso, a implantação total de um sistema ERP é mais importante que a implantação parcial dele, pois empresas que implantam o sistema ERP parcialmente têm queda de produtividade, enquanto empresas que implantam o sistema ERP completamente têm aumentada sua produtividade (CASTRO *et al.*, 2020).

A construção de um sistema ERP para qualquer área é altamente suscetível a falhas, pois é um software difícil de ser implementado e mantido (ABU-SHANAB; ABU-SHEHAB; KHAIRALLAH, 2015). Esse fato é comprovado pela alta taxa de fracasso dos projetos: cerca de 90% dos projetos terminam acima do orçamento, 40% são parcialmente implantados e 20% falham completamente (SOUSA; BARROS NETO, 2020; HADIDI; ASSAF, 2017; CHAKRAVORTY; DULANEY; FRANZA, 2016).

Os principais fatores para o sucesso do produto são o planejamento de todo o ciclo de vida do ERP e a escolha correta da arquitetura do sistema (SOUSA; BARROS NETO, 2020; ABU-SHANAB; ABU-SHEHAB; KHAIRALLAH, 2015). O planejamento começa a partir dos requisitos, que devem ser claros e concisos, além de refletir corretamente o que se espera do sistema. A arquitetura do software dirá como os módulos do sistema estão interligados e define a comunicação entre eles. Além disso, ela minimiza os recursos humanos necessários para construir e manter determinado sistema (MARTIN, 2019).

Outro aspecto importante para o sucesso de um sistema é o modelo de implementação que será seguido. Sousa e Barros Neto (2020) apresentam três diferentes modelos para a implementação de um sistema ERP, os quais contemplam o ciclo de vida do software, partindo da definição dos requisitos até o uso do sistema.

Denic *et al.* (2016) destacam todo o ciclo de vida do software, sendo uma opção de modelo para a construção dele. Dado que esses modelos são restritos ao ciclo de vida do software, não abordam uma proposta para a construção da arquitetura do sistema e a comunicação entre os componentes de software.

Diante da lacuna identificada na literatura, o modelo proposto busca auxiliar de forma técnica a construção de um sistema ERP. Desse modo, a presente questão é explorada: como construir um modelo para desenvolver um sistema ERP na área da construção civil que promova o sucesso do projeto?

Acredita-se que, com a modelagem correta do sistema, as demais etapas podem ser realizadas com maior assertividade, aumentando, assim, a aceitação e as chances de sucesso dos sistemas ERP propostos na construção civil, o que impacta diretamente na eficiência e nos lucros da empresa, principalmente empresas de pequeno porte. Além disso, conforme apontado por Castro *et al.* (2020), as empresas que implantaram totalmente um sistema ERP conseguiram registrar aumento na produtividade, mostrando a importância da aceitação de um sistema ERP. Portanto, o objetivo do presente trabalho é propor uma arquitetura para a implementação do sistema, no formato de um modelo de diagrama de blocos, para auxiliar na construção de um ERP, definindo os principais módulos de software que um sistema ERP deve ter. A proposta apresenta a

forma gráfica de como seria realizada a interligação de todo o sistema, facilitando, assim, a etapa de desenvolvimento que mais gera erros do ciclo de vida.

Referencial teórico

Fatores de sucesso

Um fator de sucesso são elementos que influenciam no sucesso de um produto (RUSSO; SILVA, 2019). Sousa e Barros Neto (2020) realizaram uma pesquisa exploratória para encontrar os fatores críticos de um ERP. Os autores apontaram como principais fatores a cultura do planejamento, o perfil profissional da equipe responsável pelo ciclo de vida do *software* e o modelo de gestão adotado para a construção do sistema. Além disso, a partir da literatura, foram apresentados três modelos para a construção de um ERP, que se iniciam com a definição da necessidade dos clientes: o modelo de Nascimento (2007), que contém mais etapas e preza pelo delineamento de cada uma; o modelo de Souza e Zwicher (2003), mais direto e focado nas etapas do ciclo de vida do *software*; e o modelo de Bajwa e Garcia (2004), que dá maior destaque às fases de definição dos requisitos.

Por outro lado, Abu-Shanab, Abu-Shehab e Khairallah (2015) realizaram uma avaliação com 60 gerentes e executivos da Jordânia para avaliarem os fatores críticos do sucesso de um projeto de sistema ERP. Os autores encontraram 23 fatores de sucesso, entre os quais se destaca a clareza na definição dos objetivos do sistema e nas escolhas de arquitetura. Os principais fatores delineados pelos autores são o suporte da alta administração na construção do sistema, o treinamento do usuário final, a intercomunicação e a competência da equipe de desenvolvimento. Assim sendo, uma das chaves para o sucesso se encontra na destreza técnica da equipe, mas o principal ponto é a competência humana, porque os objetivos devem estar claros para todos.

Dessa forma, a construção de um ERP, assim como de qualquer outro *software*, envolve diversas escolhas, iniciando-se com a definição correta da tecnologia com que o sistema será implementado até a escolha da equipe para executar o projeto. Para tanto, os requisitos devem estar claros e concisos, definindo-se o que é necessário ser implementado. Posteriormente, a equipe será responsável por decidir como realizar a construção, definição feita a partir de alinhamentos estratégicos. A comunicação, portanto, é outro fator de alta relevância para o sucesso de um ERP. Equipes de desenvolvimento de *software* geralmente empregam metodologias ágeis, como o SCRUM. Este é compatível com os pontos levantados, pois preza a comunicação e alinhamentos diários, além de ciclos rápidos e entregas contínuas em períodos de uma a duas semanas.

Requisitos

Um requisito é uma característica que um produto deve atender para ser aceito (PAULA FILHO, 2009). Dessa forma, o não atendimento de um requisito impacta diretamente na satisfação do cliente e na qualidade do produto. Na construção de um *software* os requisitos são de vital importância. O Guia para o Corpo de Conhecimento de Engenharia de Software (em inglês, Guide to the Software Engineering Body of Knowledge – SWEBOOK) dedica um capítulo exclusivo para tratar os requisitos de um *software*, além de conter tópicos sobre o correto levantamento e manutenção dos requisitos (BOURQUE; FAIRLE, 2014). Portanto, o requisito descreve os itens que a solução de um problema deve conter, crucial para a aceitação de qualquer produto.

Szitas (2004) apresenta diversos requisitos que um sistema ERP deve contemplar. Ele os divide em requisitos de usuário, de interface gráfica, de sistema e de banco de dados. Para o usuário, o sistema deve conseguir automatizar todos os processos da empresa, armazenar os dados e apresentá-los ao usuário, seja em forma de lista ou de relatório, para facilitar a tomada de decisões. A interface gráfica deve ser clara, concisa, fácil de usar e manusear. Os requisitos de sistema dizem respeito à facilidade de manutenção e extensão do *software*. Por fim, em relação ao banco de dados do sistema, este deve ser modelado para tolerar altas cargas de acesso, prover segurança aos dados e ser extensível.

Tecnologias e Arquitetura

Ao construir sistemas complexos, como um ERP, existem duas arquiteturas que podem ser seguidas. A primeira é a arquitetura monolítica, onde o código do sistema é descrito como um grande bloco, que inclui diversos serviços. A segunda é a arquitetura de microsserviços, onde os serviços são escritos e executados de forma independente. Esta última permite uma melhor manutenção, reusabilidade e escalabilidade do que a anterior. A monolítica, no que lhe concerne, dificulta o trabalho de uma equipe no código, além de não conseguir atender a aplicações de larga escala (AL-DEBAGY; MARTINEK, 2018; CHEN *et al.*, 2017). Dessa forma, com base nos requisitos levantados, o uso da arquitetura de microsserviços é preferível na criação de

um sistema ERP, pois facilita o desenvolvimento e a manutenção do software. A Figura 1 mostra o exemplo de uma aplicação para loja de livros, com módulos divididos em microsserviços.

A independência dos microsserviços pode ser verificada na Figura 1, em que, caso um serviço fique indisponível, não há impacto nos demais serviços prestados. Por exemplo, caso o serviço de entrega fique indisponível, o sistema continuará funcionando, pois os módulos do sistema são independentes entre si. Por outro lado, se o sistema fosse construído utilizando a arquitetura monolítica, os usuários não conseguiriam acessar os demais serviços até que o serviço de entrega fosse normalizado. Isso é importante em um sistema complexo como um ERP, pois o usuário deve interagir com o sistema independentemente dos problemas de disponibilidade de um serviço específico.

Um banco de dados (BD) é responsável por armazenar os dados relacionados (ELMASRI; NAVATHE; PINHEIRO, 2005). Ele é responsável por armazenar todos os dados de um sistema; por exemplo, as informações de uma aplicação de lista telefônica são armazenadas em um BD. Os dados armazenados em um BD são gerenciados por um sistema gerenciador de banco de dados (SGBD). Este é responsável por facilitar as operações do banco de dados, tornando tudo transparente para o usuário (CARRARO, 2019). Existem diversos bancos de dados disponíveis no mercado, como PostgreSQL, SQL Server e Oracle Database. Assim sendo, a persistência dos dados em qualquer sistema é importante, pois com isso será possível recuperá-los e realizar operações sobre eles.

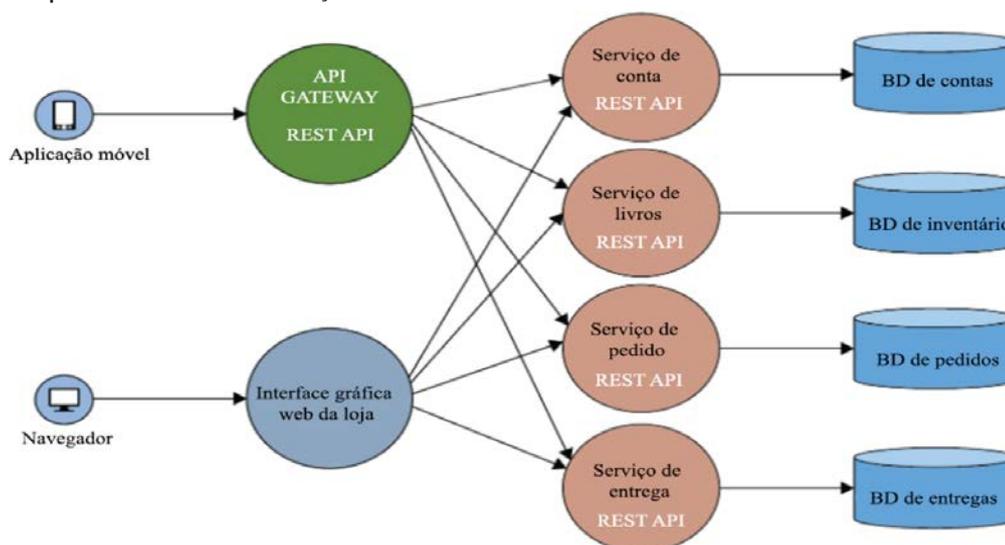
Outro aspecto importante, também destacado na Figura 1, é a escolha da comunicação entre os serviços. Existem duas maneiras mais comuns: o uso de API REST (*Representational State Transfer*) ou mensageria. O estilo arquitetural REST é uma especificação da comunicação entre sistemas heterogêneos em aplicação web. O uso do REST permite a criação de uma arquitetura simples, escalável, eficaz, segura e confiável (CHEN *et al.*, 2017). Por outro lado, há a mensageria, que trabalha em uma lógica de programação assíncrona, o que possibilita que os microsserviços se tornem ainda mais independentes, aumentando a coesão e reduzindo o acoplamento. No presente trabalho, a comunicação foi ilustrada no modelo com API REST, o que não limita o desenvolvedor de utilizar mensageria.

Materiais e métodos

O desenvolvimento do modelo foi dividido em cinco etapas: revisão sistemática/levantamento de requisitos; refinamento de requisitos; identificação dos módulos do ERP; construção do modelo de diagrama de blocos; e construção dos protótipos de tela. Essas etapas estão apresentadas na Figura 2.

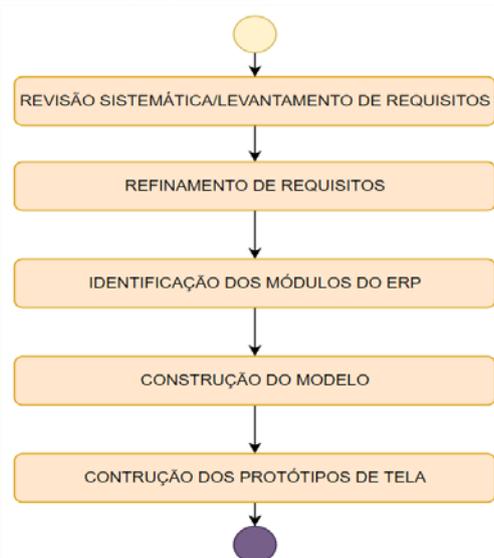
As próximas seções expõem as etapas citadas na Figura 2. Cabe ressaltar que parte do material levantado no primeiro passo, revisão sistemática, foi utilizado para construir o referencial teórico do presente artigo.

Figura 1 - Arquitetura de microsserviços com API REST



Fonte: adaptada de Packt (2022).

Figura 2 - Fluxograma do desenvolvimento do trabalho



Revisão sistemática

Com o propósito de levantar requisitos e dados sobre ERP na área da construção civil, foi feita uma revisão sistemática, que se baseou nos passos propostos por Gil (2002) quanto ao delineamento de uma revisão bibliográfica. A Figura 3 mostra a sequência de passos definidos para a revisão sistemática.

Para apoiar a seleção dos relatos durante as etapas da revisão, foram estabelecidos alguns critérios de escolha, que atuaram como filtros de seleção dos trabalhos, referentes ao problema. São os seguintes:

- descartar artigos que não expõem as vantagens e desvantagens dos ERP;
- descartar artigos que não contribuem com a listagem de requisitos;
- descartar artigos que não estão no tema da construção civil; e
- descartar artigos que, mesmo atendendo aos critérios anteriores, não sustentam suas análises em uma revisão consistente ou *survey*.

Na leitura exploratória foi realizado um levantamento geral dos relatos ligados ao problema abordado. Para tanto, foram escolhidas as bases do Web of Science e Google Scholar como fontes de busca. Em seguida, a partir de testes nas bases e avaliação dos resultados obtidos, foi construída uma *string* de busca, composta das seguintes palavras-chave:

- ("Construction industry" OR "Automation in construction" OR "Construction management" OR "Construção civil") AND;
- ("Enterprise Resource Planning" OR "ERP") AND;
- ("Fatores de sucesso" OR "Processo de implantação" OR "Success" OR "Failure" OR "Requirement" OR "Analysis" OR "Architecture" OR "Challenges" OR "Solutions").

Mediante a aplicação da *string* citada, nessa etapa foi listado o *total de relatos encontrados nas bases*.

Prosseguindo, na leitura seletiva foram selecionados os trabalhos com potencial para serem analisados em mais detalhes. A seleção se deu pela leitura do título e do *abstract* de cada relato encontrado. Essa etapa teve como resultado o número de relatos total após a seleção e a eliminação dos duplicados.

Já na leitura analítica foi realizada a leitura dos artigos integralmente. Com base nos critérios de escolha, os trabalhos foram selecionados pela análise do *abstract*, introdução e conclusão, de modo a listar a metodologia e os resultados dos trabalhos. Esta etapa foi dividida em dois subpassos:

- divisão de relatos: foi selecionado do conjunto de artigos obtidos no Passo 2 um subconjunto para leitura completa, com base nos critérios de seleção; e
- leitura de relatos em texto completo: os artigos do subconjunto criado foram lidos em texto completo e, em paralelo, foram confeccionados os fichamentos.

Ao final dessa etapa, foram obtidos como resultados o *número de relatos da divisão*, o *número de relatos avaliados e elegidos* e o *número de relatos avaliados e excluídos*.

Por fim, na leitura interpretativa foram listados, a partir do material analisado, os requisitos mais importantes para um ERP na área da construção civil. Para tanto, foi realizada uma análise pontual e comparativa de cada trabalho elencado no Passo 3. Ao final, foram obtidos o *número de estudos incluídos em síntese qualitativa/quantitativa* e os *principais requisitos de um ERP para a área*. O Quadro 1 lista os trabalhos resultantes da revisão e suas informações relevantes para a presente pesquisa.

Dados bibliométricos

Ao aplicar todo o processo de busca da revisão, foi obtida a quantificação dos artigos. A Figura 4 mostra o gráfico gerado no Web of Science, do número de artigos inicial.

Com a aplicação da leitura exploratória, os outros passos da revisão foram realizados. É importante destacar que ao longo de toda a análise os requisitos eram descartados e listados. Os resultados de cada etapa da revisão são os seguintes:

- (a) leitura exploratória: 46 relatos encontrados nas bases;
- (b) leitura seletiva: 40 relatos totais após a seleção e a eliminação dos duplicados;
- (c) leitura analítica: 8 relatos avaliados e elegidos e 32 relatos avaliados e excluídos; e
- (d) leitura interpretativa: 8 estudos incluídos em síntese qualitativa e quantitativa.

Figura 3 - Fluxograma da revisão sistemática

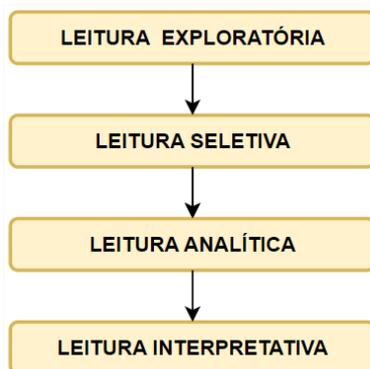
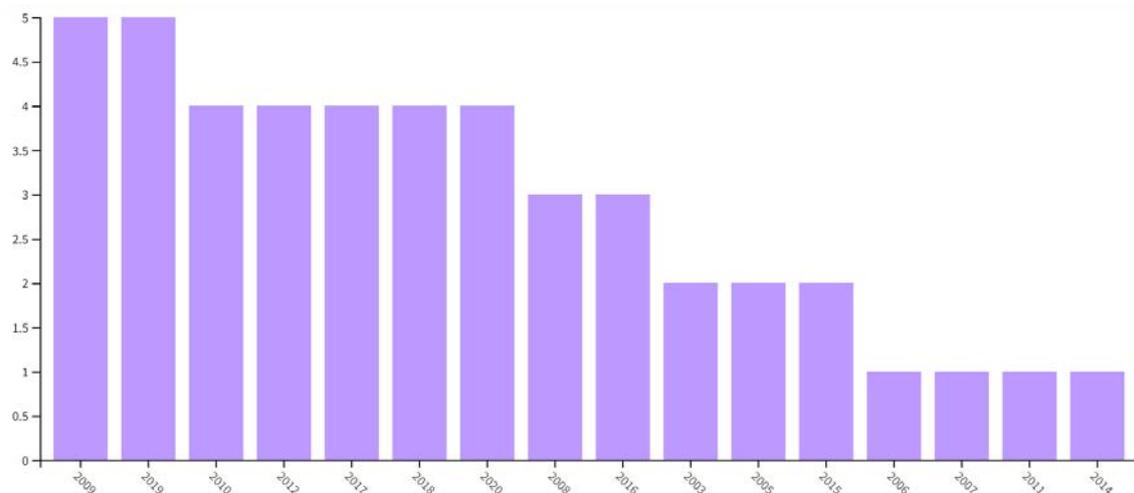


Figura 4 - Gráfico do número de artigos por ano (46 relatos)



Resultados

Para a construção do modelo do sistema ERP seguiram-se as etapas a seguir.

- (a) levantamento de requisitos: foi realizada uma revisão de literatura de modo a coletar *insights* e requisitos para a construção do modelo. Esse passo se sucedeu conforme descrito na seção anterior, e o resultado é detalhado no Quadro 1. Durante a leitura dos trabalhos, os requisitos eram tabulados e assinalados conforme tipo, potencial para o uso em ERP e critério de aceitação. Tais critérios foram os seguintes:
- Critério 1 (C1) - Redução de custos: o atendimento do requisito permite que a empresa reduza os custos e aumente os lucros?
 - Critério 2 (C2) - Melhoria na eficiência: o atendimento do requisito permite que a empresa melhore os processos, tornando-os mais rápidos e eficientes?
 - Critério 3 (C3) - Auxílio na tomada de decisões: o atendimento do requisito permite que a empresa melhore a forma como as decisões são tomadas, provendo maneiras de mensurar as consequências a partir de dados consolidados?
 - Critério 4 (C4) - Aumento da satisfação do usuário: o atendimento do requisito permite que o usuário utilize da melhor forma o sistema e se sinta satisfeito com o processo para realizar uma ação no software?

Para cada requisito levantado, essas perguntas eram respondidas com “sim” ou “não”. Caso o requisito atendesse a algum desses critérios, era selecionado; caso contrário, era descartado:

- (a) validação de requisitos: foram realizadas reuniões de alinhamento no formato de *brainstorming* entre os autores, de forma que os principais requisitos fossem analisados por pares. Cada autor colocava os principais requisitos encontrados em discussão. O requisito era então aprovado caso ambos concordassem;
- (b) identificação dos módulos/microserviços: durante a etapa de levantamento dos requisitos, também eram elencados os principais módulos que um sistema ERP deveria possuir. Os módulos foram listados com base nos resultados da revisão sistemática dos trabalhos. Em um primeiro momento, tais módulos foram colocados juntos e analisados por similaridade. Na segunda análise, foram separados em grupos por nível de semelhança. Depois, eles foram categorizados, e os mais similares eram convertidos em apenas um. Ao final, foram levantados os sete módulos que um sistema ERP da construção civil deve possuir. A Figura 4 apresenta esses módulos e seus microserviços; e
- (c) definição da comunicação entre os módulos: os módulos foram analisados dois a dois, de forma que a comunicação entre eles foi representada com um traço. A Figura 5 mostra essa comunicação. Tal conexão foi desenvolvida com base nas boas práticas de desenvolvimento para arquiteturas de microserviços, para evitar alto acoplamento, além de facilitar manutenções e melhorias contínuas no sistema.

Na literatura, os autores buscam levantar os requisitos, os módulos e/ou fatores de sucesso de um sistema ERP a partir de algum questionário, ou *survey*. Por exemplo, o trabalho de Chung, Skibniewski e Kwak (2009) empregou uma *survey* para levantar dados quanto aos requisitos do software por parte de especialistas. Por outro lado, o trabalho de Méxas, Quelhas e Costa (2012) empregou um questionário entre 79 especialistas em ERP brasileiros para obter informações quanto aos critérios e subcritérios para a escolha de sistemas ERP. Os autores que optam por essa metodologia para a coleta de dados os compilam e destacam os achados mais importantes. Contudo, nenhum deles se preocupa em gerar um modelo descritivo de como deve ser realizada a implementação de um ERP. Os autores se preocupam com a perspectiva de especialistas e de usuários, o que é, de fato, muito importante, mas existe também a perspectiva técnica, que impacta diretamente na construção e no consequente uso do sistema. O presente trabalho compilou esses dados consolidados na literatura e complementou com a perspectiva técnica, resultando na geração de um modelo de blocos para a construção de um sistema ERP.

Diante dos trabalhos levantados, os fatores de sucesso de um ERP podem ser categorizados em fatores humanos e fatores técnicos. No quesito humano, encontra-se a comunicação entre o time e o foco empregado por este para o cumprimento dos objetivos do projeto, com o suporte da alta administração da empresa que construirá o sistema (SOUSA; BARROS NETO, 2020). Por outro lado, o fator técnico encontra-se na escolha correta da arquitetura do sistema e em sua construção, que deve ser baseada em algum modelo, como o apresentado neste trabalho (ABU-SHANAB; ABU-SHEHAB; KHAIRALLAH, 2015). Além disso, a escolha de um sistema ERP está ligada ao fator financeiro e ao fator de negócios da empresa compradora, o que pode

influenciar na escolha do sistema e em sua implantação (MÉXAS; QUELHAS; COSTA, 2012). Sendo assim, devem-se considerar diversas variáveis, desde a construção até a implantação de um sistema ERP.

Quadro 1 - Trabalhos relacionados (Continua...)

Citação	Objetivo	Método	Resultados
Szitas (2004)	Analisar as necessidades dos usuários, o ciclo de vida e resumir os requisitos de sistemas ERP.	O autor realizou a sumarização do conhecimento acerca de ERP.	O autor categorizou os requisitos em três categorias: de usuário, de sistema e de banco de dados. Cada categoria representa a necessidade que o ERP deve contemplar para atender à qualidade esperada.
Chung, Skibniewski e Kwak (2009)	Construir um modelo de sucesso ideal para implementação e implantação de ERP na área da construção civil.	Foi aplicado uma survey entre especialistas da área da construção civil de modo a levantar os aspectos em relação aos requisitos do ERP. Participaram da survey 66 profissionais, 9 deles seniores da área.	Os autores levantaram os requisitos que um ERP deve contemplar: capacidade de o software ser atualizado; compatibilidade: o ERP deve ser compatível com outros sistemas; confiabilidade dos dados; capacidade de gerar relatórios; acesso a projetos e suas variáveis; suporte; e boa usabilidade.
Méxas, Quelhas e Costa (2012)	Propor um conjunto de critérios e subcritérios para a seleção de sistemas ERP para empresas de construção civil.	Aplicaram um questionário entre 79 especialistas brasileiros, dos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. Além dos especialistas, participaram 32 grupos empresariais. O questionário tinha como objetivo identificar os fatores de sucesso para a construção de um sistema ERP.	Foi levantado que o critério financeiro e o critério de negócios são os que mais influenciam na escolha de um sistema ERP. O principal requisito que um ERP deve contemplar, levantado pelos autores, é a automatização de processos.
Abu-Shanab, Abu-Shehab e Khairallah (2015)	Estudo dos fatores-chave para a implementação de sistema ERP na região da Jordânia.	Realizaram uma avaliação com 60 gerentes e executivos de empresas locais da Jordânia. O objetivo da avaliação era identificar os principais fatores de sucesso de um sistema ERP na região.	Os autores concluíram que os principais fatores que definem o sucesso da implementação de um sistema ERP são o suporte da alta administração na tomada de decisão e a escolha correta da arquitetura do sistema.

Quadro 1 - Trabalhos relacionados (continuação)

Citação	Objetivo	Método	Resultados
Hadidi e Assaf (2017)	Propor um modelo de decisão baseado em requisitos para a escolha e desenvolvimento de ERP na área da construção civil.	Para a condução do trabalho foi empregada uma metodologia própria, composta de quatro passos. O primeiro passo era definir os módulos mais comuns de um ERP na área da construção civil. Após, o segundo passo era definir os benefícios esperados da implementação de um ERP. O terceiro passo consistia em definir a importância desses módulos. O último passo consistia em ranquear os módulos a partir do critério adotado pelos autores.	Os autores indicam que um sistema ERP deve possuir os seguintes módulos: controle de inventário e logística; compras; projeto de finanças e contabilidade; gestão de projetos e orçamento; recursos humanos; gestão de subcontratantes; gestão de recursos (insumos); gestão de contratos e mudanças; gestão de dados/documentos; gestão de tendência/ofertas; e vendas e marketing. Em relação aos critérios de aceitação, a redução de custos e a melhoria na eficiência dos processos são os dois mais importantes encontrados pelos autores.
Hasheela-Mufeti e Smolander (2017)	Identificar os desafios enfrentados pelas pequenas e médias empresas na implementação de sistemas ERP e sugerir requisitos para alcançar implementações bem-sucedidas nelas na África do Sul.	Os autores realizaram entrevistas pessoais com proprietários de PME e especialistas de TI de 14 empresas na região da África do Sul.	Foi encontrado que os principais problemas enfrentados na implementação e operação de um sistema ERP são o alto custo envolvido em todo o ciclo de vida do software e a falta de treinamento por parte dos usuários. Eles, então, sugerem que sejam realizados investimentos no treinamento tanto da equipe técnica quanto dos usuários para alcançar o sucesso de sistemas ERP.
Sousa e Barros Neto (2020)	Identificar os fatores críticos de sucesso para a implementação de um sistema ERP em função da construção da produção civil. Foi feito baseado em uma pesquisa exploratória, com abordagem qualitativa.	Foi realizada uma pesquisa exploratória qualitativa com diferentes empresas que utilizam algum ERP na área da construção específica.	Os autores concluem que, para a implementação de um sistema ERP obter sucesso, deve-se planejar eficientemente o sistema; analisar efetivamente as mudanças do sistema; e treinar tanto a equipe de desenvolvimento quanto os usuários.

Outro aspecto interessante é em relação ao contexto do ERP na indústria 4.0. Um dos pilares dessa indústria é a internet das coisas (IoT), que possibilita a coleta de informações de diversos artefatos, como as vibrações de um prédio. Extrair, transformar e carregar informações (ETL, do inglês, *Extract-Transform-Load*) é um processo de integração de dados de diferentes fontes e de geração de informações a partir deles. Um ERP que

coleta dados das obras em diferentes momentos seguindo esse processo pode auxiliar na tomada de decisões (DIOUF; BOLY; NDIAYE, 2018). Isso é importante para a área da construção civil, pois uma pequena empresa pode utilizar diferentes fontes de dados para realizar a gerência. Um sistema ERP poderia realizar esse processo nativamente. Na literatura, no entanto, não foram encontrados na revisão sistemática relatos de requisitos ou trabalhos voltados para esse tópico, o que pode ser uma boa oportunidade de aprofundamento da pesquisa em trabalhos futuros, dado que o presente escopo não aborda essa questão.

Principais requisitos levantados

Ao final do processo de revisão sistemática, foram elencados os principais requisitos para o desenvolvimento de um sistema ERP na área da construção civil indicados pelos artigos analisados. Os Quadros 2 a 4 mostram os requisitos obtidos. Todos os requisitos de usuários elencados são categorizados como requisitos funcionais, enquanto que os de interface de usuário são classificados como não-funcionais.

Quadro 2 - Requisitos de usuário e interface de usuário

Requisitos de usuário	Critério(s)	Requisitos de interface de usuário	Critério(s)
Acompanhamento de todos os processos	C2, C3	Interface simples e clara	C4
Automatização de tarefas frequentes	C1, C2	Fácil acesso e usabilidade	C4, C2
Armazenamento dos dados	C1, C3	Inteligibilidade ou ser intuitivo	C4, C2
Criar listas e relatórios	C2, C3	Flexibilidade	C2
Permitir a análise de tendências	C1, C3	Mais interfaces gráficas padronizadas	C2
Simulações	C3	Interface gráfica separada das tarefas do sistema	C2
Time de suporte	C4		
Importar arquivos de outros sistemas	C1, C2		

Quadro 3 - Requisitos de sistema

Requisito	Tipo	Critério(s)
Construir o software como uma estrutura modular	Não-funcional	C2
Capacidade de manutenção (capacidade de atualização)	Não-funcional	C1, C2
Portabilidade	Não-funcional	C4
Extensibilidade	Não-funcional	C1, C2
Estabilidade, capacidade de carga	Não-funcional	C2
Segurança	Não-funcional	C4
Operação orientada a eventos	Não-funcional	C1
Independência de plataforma	Não-funcional	C4
Manutenibilidade (capaz de ser atualizado e evoluir sem prejuízos das funções atuais)	Não-funcional	C1, C4
Compatibilidade: ser compatível com outros sistemas	Não-funcional	C4
Capacidade de gerar relatórios	Funcional	C2, C3
Acesso aos projetos e suas variáveis	Funcional	C1
Compras	Funcional	C1, C2
Controle de inventário e logística	Funcional	C3
Projeto de finanças e contabilidade	Funcional	C1, C3
Gestão de projetos e orçamento	Funcional	C1, C2
Tempo, despesas e faturamento	Funcional	C1, C2, C3
Recursos humanos	Funcional	C2
Gestão de subcontratantes	Funcional	C2
Gestão de recursos (insumos)	Funcional	C2
Gestão de contratos e mudanças	Funcional	C2
Gestão de tendência/ofertas	Não-funcional	C2
Vendas e marketing	Não-funcional	C2

Quadro 4 - Requisitos de bancos de dados e armazenamento

Requisito	Tipo	Critério(s)
Tolerância de carga	Não-funcional	C2, C4
Estabilidade e confiabilidade	Não-funcional	C4
Padronização	Não-funcional	C1, C4
Proteção e segurança	Não-funcional	C4
Possibilidade para acesso de baixo nível	Não-funcional	C2
Extensibilidade	Não-funcional	C2
Seguir os padrões da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD)	Não-funcional	C1, C4

Cada quadro representa um grupo de requisitos que o sistema ERP deve contemplar. O Quadro 2 diz respeito aos requisitos de usuário e de interface gráfica. Para o usuário o importante é que o sistema responda da forma esperada para as entradas, que seja intuitivo e simples de usar (CASTRO *et al.*, 2020), além de facilitar o desenvolvimento e a automatização das atividades, provendo formas de visualizar os resultados a partir de listas, tabelas, relatórios, etc. Nesse grupo, o principal a ser atendido é alinhar praticidade a facilidade de uso.

O grupo de requisitos de sistema, apresentados no Quadro 3, indica o que este deve contemplar para ser fácil construí-lo e mantê-lo. Para o sistema no qual a equipe técnica atuará, deve-se pensar sempre na facilidade da construção, manutenção e melhorias contínuas, além de buscar construir um sistema pouco acoplado, no qual os módulos operem independentemente.

Por fim, para a persistência dos dados, os requisitos listados no Quadro 4 indicam que o banco utilizado e a infraestrutura devem ser altamente estáveis e confiáveis, de modo a evitar problemas de indisponibilidade e inconsistências, além de prover formas de seguir as delimitações da LGPD, pois é um ponto crucial para a operação confiável do sistema.

Construção do modelo de diagrama de blocos

O modelo lógico do sistema foi construído utilizando a ferramenta Diagrams.net. Esse modelo representa todo o levantamento realizado de requisitos e informações. A Figura 5 apresenta os módulos levantados; no total foram sete. Cada módulo é responsável por gerenciar uma parte do sistema. A construção de um software em módulos facilita a manutenção, aumenta a clareza do código e melhora o desempenho da aplicação (HURLER; HOF; ZITTERBART, 2004). As responsabilidades de cada um dos sete módulos identificados são descritas a seguir:

- (a) compras: este módulo irá gerenciar as compras que a empresa realiza durante toda a sua operação, devendo armazenar dados de notas fiscais, valores gastos em compras, manifestos e pedidos, entre outros. Além disso, deve possibilitar a busca rápida por informações e permitir realizar cálculos para prestação de contas, inclusive a extração de relatórios de gastos em períodos específicos;
- (b) vendas: a principal função deste módulo é gerenciar os dados referentes às vendas, realizar o cálculo de lucro, prover meios para verificar a lucratividade das vendas/vendedores e permitir a extração de *insights* eficientemente. Também, prover meios para vender os produtos eficientemente, ao se empregar um modelo de recomendação baseado em inteligência artificial, por exemplo;
- (c) recursos humanos: módulo responsável por fazer o gerenciamento de pessoas e equipamentos de trabalho, desde computadores pessoais a equipamentos de proteção individual (EPI). Além de ser responsável por gerenciar todos os contratos e subcontratos da empresa, deve permitir o acompanhamento da vida profissional de uma pessoa na empresa e auxiliar nos processos, tais como aumento de salário, férias e banco de horas;
- (d) contabilidade: responsável por realizar o controle do dinheiro da empresa. Todos os módulos que realizam algum tipo de movimentação financeira se comunicam com esse, que deve gerar relatórios de lucratividade e fazer buscas para a realização de auditorias, entre outros. É um dos módulos que exige mais confiabilidade por parte da persistência de dados, pois os cálculos realizados por ele podem impactar em processos legais;
- (e) projetos: este módulo engloba todas as operações que envolvem alguma categoria de projeto da empresa, como a realização de uma obra de um prédio. Ele deve contemplar funcionalidades de acompanhamento do progresso dos projetos, realização de orçamentos, alocação de recursos e simulação de gastos, entre outros;

- (f) relatórios: responsável por gerar relatórios, listas e análise de tendência de qualquer área da empresa. Esse módulo utiliza dos dados dos outros módulos para realizar suas operações; e
- (g) banco de dados: este módulo é responsável por gerenciar os dados da empresa, armazenando, recuperando e excluindo dados conforme interação com o software. Ele se comunica com todos os outros módulos. Outro quesito importante que o módulo de banco de dados deve propiciar é a possibilidade de migração de dados de outros sistemas de forma simples, sem a necessidade de intervenção humana. Sugere-se o uso do banco de dados PostgreSQL, visto que este segue o padrão de objetos relacionais, o que permite realizar herança em tabelas ou sobrecarregar métodos, aspectos interessantes para uma arquitetura de microsserviços (HRISTOZOV, 2019).

A Figura 5 apresenta o modelo de diagrama de blocos para auxiliar na construção de um sistema ERP. Os módulos são representados por retângulos brancos, enquanto seus principais componentes são representados pelos retângulos internos e a comunicação entre os módulos é representada por linhas.

Figura 5 - Arquitetura do ERP e comunicação entre os módulos de microsserviços

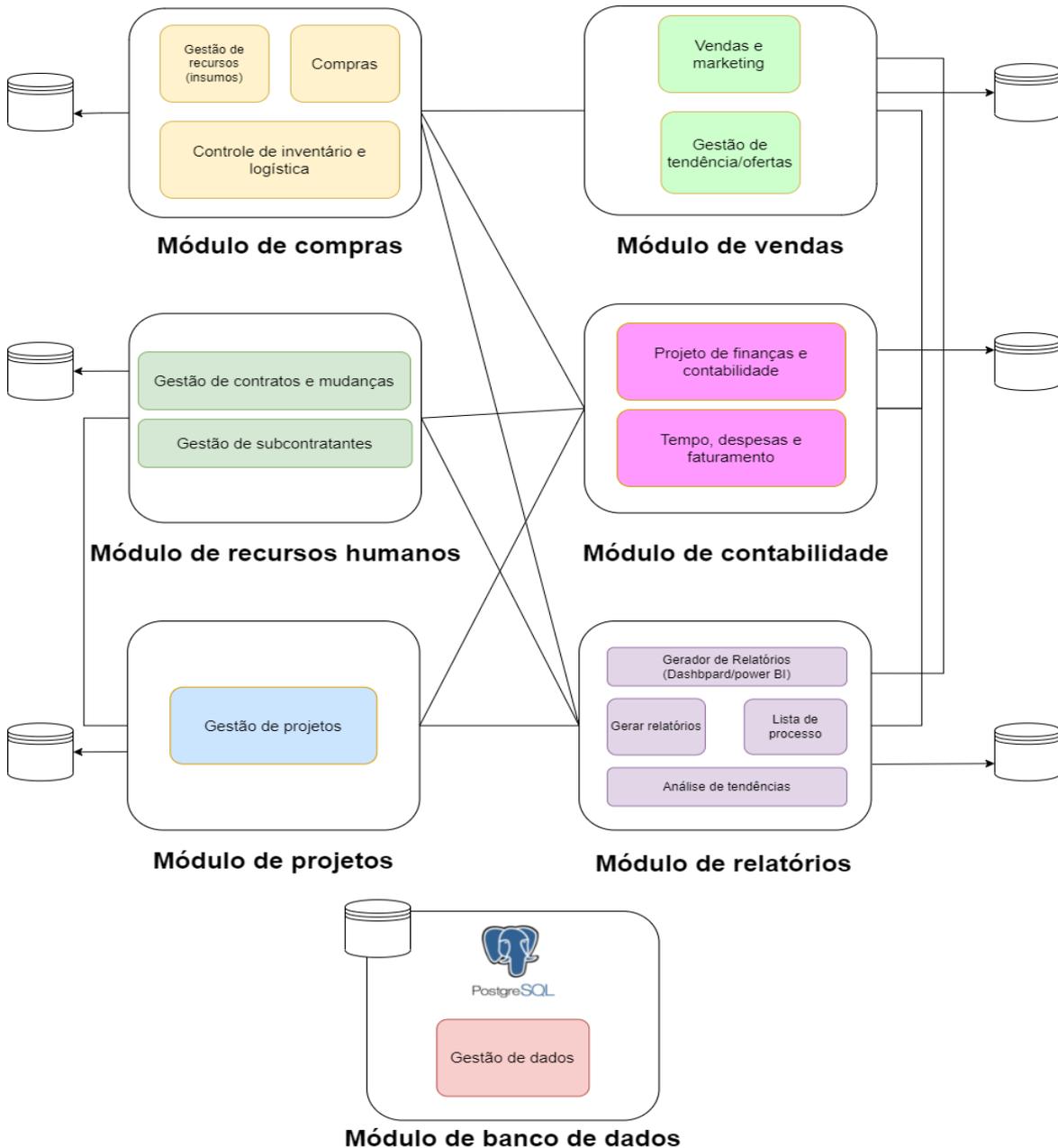


Figura 6 - Protótipos de tela



Nota: (a) Tela principal; (b) tela do módulo de projetos; (c) tela do módulo de relatórios; e (d) tela do módulo de compras.

A comunicação é realizada bidirecionalmente. Isso significa que o módulo de compras pode se comunicar com o financeiro, por exemplo, para solicitar a aprovação de uma compra, e o módulo financeiro pode se comunicar com o módulo de compras para, por exemplo, verificar as compras realizadas em determinado período. Todos os módulos se comunicam com o banco de dados, que pode se localizar em um servidor na própria empresa ou em nuvem.

No modelo proposto, optou-se por representar a comunicação com API REST. Contudo, devido ao fato de o modelo ser genérico nesse quesito, é possível implementar qualquer opção. Além desses aspectos técnicos do sistema, deve-se pensar na construção do ERP de forma que permita a integração com as tecnologias da indústria 4.0, como inteligência artificial (IA), *Big Data* e IoT (SANTOS; MANHÃES; LIMA, 2022). O uso do REST, por exemplo, permite a comunicação dos sensores com o sistema ERP (ZHANG *et al.*, 2011). O uso de um módulo responsável pelo banco de dados permite que as ferramentas de *Big Data* e IA sejam executadas e retirem *insights* dos dados, auxiliando na tomada de decisões da empresa.

Protótipos de tela das principais funcionalidades do produto

A partir dos requisitos levantados e dos módulos definidos, foram desenvolvidos quatro protótipos de tela, que correspondem às principais funcionalidades do produto, sendo um conceito semelhante ao de *minimal viable product* (MVP). A Figura 6 apresenta os protótipos de tela. Na Figura 6a está apresentada a tela inicial, que dá acesso a todos os módulos do sistema. Na Figura 6b está apresentada a tela do módulo de projetos, que traz a listagem dos projetos e o *status* desse módulo. A Figura 6c ilustra a tela de relatórios selecionados para exibição. Por fim, na Figura 6d está apresentada a tela de compras, que permite o acesso às funcionalidades do módulo.

Com base nas limitações da pesquisa, como trabalhos futuros sugerem-se:

- (a) revisão de literatura voltada para o estudo da relação entre ERP e indústria 4.0;
- (b) refinamento do modelo para abranger outros módulos que não estão tão claros na literatura;
- (c) pesquisa de campo em empresas construtoras de diferentes portes que implementam ERP para adquirir outros requisitos funcionais e não funcionais a serem considerados que não foram levantados nesta pesquisa;
- (d) validação do modelo proposto com funcionários de construtoras da região; e
- (e) implementação de um *minimal viable product* do modelo proposto.

Referências

- ABU-SHANAB, E.; ABU-SHEHAB, R.; KHAIRALLAH, M. Critical success factors for ERP implementation: the case of Jordan. **International Arab Journal of e-Technology**, v. 4, n. 1, p. 1-7, jan. 2015.
- AL-DEBAGY, O.; MARTINEK, P. A comparative review of microservices and monolithic architectures. In: IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COMPUTATIONAL INTELLIGENCE AND INFORMATICS, 18., Budapest, 2018. **Proceedings [...]** Budapest, 2018.
- BAJWA, D. S., & GARCIA, J. E. An integrative framework for the assimilation of enterprise resource planning systems: phases, antecedents, and outcomes. **Journal of Computer Information Systems**, v. 44, n. 3, p. 81-90, 2004.
- BOURQUE, P.; FAIRLEY, R. E. Guide to the Software Engineering Body of Knowledge, Version 3.0. IEEE Computer Society, 2014. Disponível em: www.swebok.org. Acesso em: 25 maio 2022.
- CARRARO, C. S. **Proposta de estratégia para análise de escalabilidade do SGBD MySQL**. Caxias do Sul, 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciência da Computação) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2019.
- CASTRO, J. P. da C. *et al.* Avaliação da aceitação do ERP a partir do Modelo UTAUT: uma visão qualitativa em um estudo de caso múltiplo. Evaluation of ERP Acceptance from the UTAUT Model: a qualitative view in a multiple case study. **Management in Perspective**, v. 1, n. 2, p. 208-232, jul. 2020.
- CHAKRAVORTY, S. S.; DULANEY, R. E.; FRANZA, R. M. ERP implementation failures: a case study and analysis. **International Journal of Business Information Systems**, v. 21, n. 4, p. 462-476, 2016.
- CHEN, X. *et al.* Restful API architecture based on Laravel framework. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 910, p. 012016, oct. 2017.
- CHUNG, B.; SKIBNIEWSKI, M. J.; KWAK, Y. H. Developing ERP systems success model for the construction industry. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 135, n. 3, p. 207-216, mar. 2009.
- DENIC, N. M. *et al.* Key factors for successful implementation of ERP systems. **Tehnicki Vjesnik - Technical Gazette**, v. 23, n. 5, oct. 2016.
- DIOUF, P. S.; BOLY, A.; NDIAYE, S. Variety of data in the ETL processes in the cloud: state of the art. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE RESEARCH AND DEVELOPMENT, Bangkok, 2018. **Proceedings [...]** Bangkok, 2018.
- ELMASRI, R.; NAVATHE, S. B.; PINHEIRO, M. G. *Sistemas de banco de dados*. 4a. ed. São Paulo: Pearson Educação, 2005.
- GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- HADIDI, L. A.; ASSAF, S. A. A systematic approach for ERP implementation in the construction industry. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 23, n. 5, p. 594-603, oct. 2017.
- HASHEELA-MUFETI, V.; SMOLANDER, K. What are the requirements of a successful ERP implementation in SMEs? Special focus on Southern Africa. **International Journal of Information Systems and Project Management**, v. 5, n. 3, p. 5-20, jan. 2017.
- HRISTOZOV, K. **MySQL vs PostgreSQL: choose the right database for your project**. 2019. Disponível em: <https://developer.okta.com/blog/2019/07/19/mysql-vs-postgres#:~:text=Postgres%20is%20an%20object%2Drelational,more%20closely%20to%20SQL%20standards>. Acesso em: 5 dez. 2021.
- HURLER, B.; HOF, H.-J.; ZITTERBART, M. A general architecture for wireless sensor networks: first steps. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DISTRIBUTED COMPUTING SYSTEMS WORKSHOPS, 24., Tóquio, 2004. **Proceedings [...]** Tóquio, 2004.
- MARTIN, R. C. **Arquitetura limpa: o guia do artesão para estrutura e design de software**. Rio de Janeiro: Alta, 2019.
- MÉXAS, M. P.; QUELHAS, O. L. G.; COSTA, H. G. Prioritization of enterprise resource planning systems criteria: Focusing on construction industry. **International Journal of Production Economics**, v. 139, n. 1, p. 340-350, Set. 2012.

NASCIMENTO, F. P. **Uma proposta metodológica para uma implantação de um ERP orientada a gestão de mudanças**. Florianópolis, 2007. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Estadual de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

PACKT. **Microservice architecture pattern**. 2022. Disponível em: <https://subscription.packtpub.com/book/web-development/9781789133608/1/ch01lv1sec03microservice-architecture-pattern>. Acesso em: 28 maio 2022.

PAULA FILHO, W. P. P. **Engenharia de software: fundamentos, métodos e padrões**. Rio de Janeiro: Ltc, 2009.

RUSSO, R. D. F. S. M.; SILVA, L. F. Critérios de sucesso e fatores de sucesso: é crítico distinguir o significado de ambos. *Revista de Gestão e Projetos*, v. 10, n. 2, ago. 2019.

SANTOS, M.; MANHÃES, A. M.; LIMA, A. R. **Indústria 4.0: desafios e oportunidades para o Brasil**. Disponível em: https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/10423/2/Industria_4_0.pdf. Acesso em: 5 abr. 2022.

SOUSA, A. M. H.; BARROS NETO, J. P. Is it possible to implement ERP in the production function of civil construction? **Gestão & Produção**, v. 27, n. 3, 2020.

SOUZA, C. A.; ZWICKER, R. Big-bang, small-bang ou fases: estudo dos aspectos relacionados ao modo de início de operação de sistemas ERP. **Revista Administração Contemporânea**, v. 7, n. 4, p. 9-31, 2003.

SZITAS, Z. Technical requirements in enterprise resource planning systems. In: INTERNATIONAL SPRING SEMINAR ON ELECTRONICS TECHNOLOGY: MEETING THE CHALLENGES OF ELECTRONICS TECHNOLOGY PROGRESS, 27., Bankya, 2004. **Proceedings [...]** Bankya, 2004.

ZHANG, X. *et al.* The implementation and application of the internet of things platform based on the REST architecture. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BUSINESS MANAGEMENT AND ELECTRONIC INFORMATION, Guangzhou, 2011. **Proceedings [...]** Guangzhou, 2011.

Tatiana Gondim do Amaral

Conceitualização, Metodologia, Desenvolvimento, implementação e teste de software, Supervisão, manuscrito original e Redação - revisão e edição.

Escola de Engenharia Civil e Ambiental | Universidade Federal de Goiás | Av. Universitária, Quadra 86, Lote Área 1488, Setor Leste Universitário | Goiânia - GO - Brasil | CEP 74605-220 | Tel.: (62) 98168-0902 | E-mail: tatianagondim@ufg.br

Lucas Macedo da Silva

Conceitualização, Curadoria de dados, Análise de dados, Pesquisa, Metodologia, Desenvolvimento, Design da apresentação de dados e Redação do manuscrito original.

Faculdade de Ciências e Tecnologia | Universidade Federal de Goiás | Rua Mucuri, s/n., Setor Conde dos Arcos, Campus Aparecida de Goiânia | Aparecida de Goiânia - GO - Brasil | CEP 74968-755 | Tel.: (62) 99307-7164 | E-mail: luckasmacedo2@gmail.com

Vitor de Almeida Silva

Conceitualização, Curadoria de dados, Análise de dados, Pesquisa, Metodologia, Desenvolvimento, Design da apresentação de dados e Redação do manuscrito original.

Faculdade de Ciências e Tecnologia | Universidade Federal de Goiás | Tel.: (62) 99841-6178 | E-mail: vitoras0534@gmail.com

Ambiente Construído

Revista da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Av. Osvaldo Aranha, 99 - 3º andar, Centro

Porto Alegre - RS - Brasil

CEP 90035-190

Telefone: +55 (51) 3308-4084

www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido

www.scielo.br/ac

E-mail: ambienteconstruido@ufrgs.br



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License.