Rumo a um Método para Estabelecer *Links* de Interoperabilidade em Sistemas de Informação: Um Estudo Qualitativo na Indústria Brasileira

Artigo Completo

Andrey G. França
Aluno de Mestrado do Instituto de Informática na Universidade Federal de Goiás
andreyfranca@inf.ufg.br

Rafael Z. Frantz
Professor Doutor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias na Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul
rzfrantz@unijui.edu.br

Valdemar V. Graciano Neto
Professor Doutor do Instituto de Informática na Universidade Federal de Goiás
valdemarneto@ufg.br

Abstract

Currently, companies are increasingly integrating their Information Systems (IS) to improve operational efficiency and information exchange. Although numerous integration approaches have emerged over the years, organizations often resort to *ad-hoc* methods, which can lead to sub-optimal solutions, integration failures, and resource wastage. This paper aims to report a qualitative study designed to understand the processes, obstacles, and challenges of IS integration. Using the Grounded Theory methodology, interviews were conducted with 12 experienced professionals. An online survey, with 19 responses, complemented the primary data. As a result, a conceptual model was developed to explain how professionals perceive the integration process and a taxonomy of integration challenges. These understandings will help professionals avoid common problems and build efficient integration solutions.

Keywords

Integration, interoperability, information systems

Resumo

Atualmente, as empresas estão cada vez mais integrando seus Sistemas de Informação (SI) para melhorar a eficiência operacional e a troca de informações. Embora inúmeras abordagens de integração tenham surgido ao longo dos anos, as organizações ainda recorrem a métodos *ad-hoc*, que podem levar a soluções sub-ótimas, falhas de integração e desperdício de recursos. Este artigo objetiva relatar um estudo qualitativo projetado para entender os processos edesafios da integração de SI atualmente. Utilizando a metodologia de *Grounded Theory*, foram realizadas entrevistas com 12 profissionais experientes. Uma pesquisa online, com 19 respostas, complementou os dados primários, fornecendo insights adicionais. Como resultado, foi desenvolvido um modelo conceitual para explicar como os profissionais percebem o processo de integração e uma taxonomia dos desafios de integração. Esses entendimentos ajudarão os profissionais a evitar problemas comuns e construir soluções de integração eficientes.

Palavras-chave

Integração, interoperabilidade, sistemas de informação

Introdução

A criação de *links* de interoperabilidade entre Sistemas de Informação (SI)[1] é uma necessidade constante para muitas empresas. A competição global pode levar empresas a se envolverem em redes colaborativas, combinando as funcionalidades de seus sistemas e formando alianças intraorganizacionais para atender às demandas do mercado. Um exemplo disso é a Amazon, que se alia a diversas empresas menores para oferecer um portfólio diversificado de produtos. Neste contexto, a interoperabilidade tem sido estudada por décadas, mas ainda representa um desafio significativo (Fernandes et al., 2020; Santos et al., 2021; Costa et al., 2022; Fernandes et al., 2022), sendo inclusive um dos Grandes Desafios em Sistemas de Informação no Brasil para a Década de 2016 - 2026 (Maciel et al., 2017). Para que uma aliança entre organizações funcione, é essencial estabelecer a interoperabilidade técnica entre seus SI. Assim, a Integração de Aplicações Empresariais (EAI) é uma abordagem que permite que sistemas distintos trabalhem de forma integrada e coesa para atender às necessidades do negócio (Frantz et al., 2021). Embora diversas técnicas e metodologias de integração tenham sido propostas nas ultimas décadas, a falta de um processo estruturado para orientar o desenvolvimento de soluções de integração pode levar as organizações a adotarem abordagens *ad-hoc*. Essas abordagens, embora possam resolver problemas técnicos imediatos, frequentemente negligenciam aspectos críticos da integração, resultando em problemas de desempenho, integrações frágeis que falham sob condições adversas, desperdício de recursos, aumento de custos operacionais e dificuldades de manutenção.

À medida que se olha para o futuro da integração de sistemas, é esperada a chegada de cidades inteligentes, onde os SI devem ser capazes de interoperar plenamente. Nesse sentido, a principal contribuição deste artigo é apresentar os resultados de uma investigação sobre como a integração de diferentes sistemas é realizada na indústria brasileira. O objetivo desta pesquisa foi compreender melhor os processos de integração, técnicas, ferramentas e identificar os principais desafios e obstáculos enfrentados na integração. Para isso, foi aplicada uma metodologia de pesquisa qualitativa denominada *Grounded Theory* (GT). Foram entrevistados 12 profissionais da indústria de software com experiência em integração de sistemas. Para complementar os dados, uma pesquisa online foi conduzida e recebeu 19 respostas. Os dados das entrevistas e da pesquisa foram triangulados e analisados qualitativamente seguindo o procedimento GT de Strauss (Strauss e Corbin, 1990). Como resultado, foi desenvolvido um modelo conceitual de como os profissionais percebem a integração de SI. O artigo é concluído apresentando os desafios da integração estruturados como uma taxonomia. As seções subsequentes deste artigo estão organizadas da seguinte forma: a Seção 2 apresenta um breve contexto; a Seção 3 apresenta o método de pesquisa e como metodologia GT foi utilizada; a Seção 4 detalha e resume os resultados; a Seção 5 fornece a discussão e análise dos resultados; a Seção 6 fornece detalhes sobre as ameaças à validade; e finalmente, a Seção 7 apresenta as considerações finais.

Fundamentação Teórica

As estruturas organizacionais das empresas modernas são frequentemente uma mistura heterogênea de aplicações que, juntas, formam um ecossistema intricado de software. Esse ecossistema pode compreender dezenas de aplicações adquiridas de diversos fornecedores ou desenvolvidas internamente, cada uma executando uma função de negócio independente e específica, como cálculo de folha de pagamento, obrigações fiscais, entre outras. Um desafio recorrente para as empresas é a necessidade de aumentar a funcionalidade de seu software a partir da interoperabilidade entre esses sistemas de software. Esse problema é reconhecido na literatura como Integração de Aplicações Empresariais (EAI) (Frantz et al., 2011). As soluções de EAI são comumente fundamentadas em padrões de integração, conforme documentados por Hohpe e Woolf (Hohpe e Woolf, 2004). Esses padrões fornecem uma base conceitual para metodologias no âmbito de EAI, oferecendo um catálogo abrangente que detalha problemas recorrentes e soluções correspondentes dentro desse domínio. Além disso, Hohpe e Woolf apresentam vários estilos de integração, incluindo Transferência de Arquivos, Banco de Dados Compartilhado, Invocação de Procedimentos Remotos e Mensageria, para fornecer um contexto mais amplo para o uso de padrões individuais.

[1] Por questões de simplicidade, ao longo deste texto, o acrônimo SI será utilizado para expressar as duas formas: singular e plural: Sistema de Informação e Sistemas de Informação.

Em particular, o estilo de mensageria tem sido amplamente adotado por diversos produtos e é um ponto focal para os padrões de Hohpe e Woolf. Nesse sentido, múltiplas soluções de mensageria surgiram nas últimas décadas, como Apache Camel[2] RabbitMQ[3] e Apache Kafka[4]. Além disso, existem diferentes linguagens específicas de domínio para criar soluções de integração (Frantz et al., 2011). Embora padrões e técnicas de integração sejam um tópico bem estudado, e os padrões de integração propostos por Hohpe e Woolf representem um grande avanço no sentido de abordar a qualidade das soluções de integração, eles focam na aplicabilidade de cada padrão, com poucas diretrizes sobre como implementar e combinar esses padrões. Portanto, a literatura carece de processos de desenvolvimento que possam facilitar a condução das atividades de integração e o uso adequado do conjunto de técnicas e ferramentas presentes na literatura.

Diversas definições de interoperabilidade existem na literatura. A norma ISO/IEC 2382:2015 define interoperabilidade como "a capacidade de um sistema ou produto de funcionar com outros sistemas ou produtos sem esforço especial por parte do cliente". Essa norma estabelece a base para a interoperabilidade em sistemas de TI e fornece uma terminologia comum para facilitar discussões sobre interoperabilidade. Maciel et al (2017) consideram a interoperabilidade como um grande desafio de pesquisa no contexto de IoT, Ecossistemas de Software e Computação em Nuvem. IoT apresenta desafios de interoperabilidade, especialmente aqueles relacionados à comunicação entre SI e dispositivos físicos. Por sua vez a computação em nuvem apresenta um cenário em que os SI devem lidar com plataformas diferentes e heterogêneas.

Interoperabilidade e integração, embora às vezes usadas de forma intercambiável, têm conotações distintas no contexto de SI. A integração explora um nível mais tecnológico e operacional, exigindo o desenvolvimento de soluções específicas ou código para permitir a comunicação entre sistemas, funcionando como uma unidade coesa. Isso envolve a tradução de formatos de dados, adaptação de chamadas e a incorporação de middleware ou pontos de integração para facilitar a troca de dados. A integração pode introduzir dependência funcional, onde os sistemas perdem funcionalidade se os serviços interconectados forem interrompidos. Por outro lado, a interoperabilidade define um modelo de comunicação amplo, permitindo que sistemas comuniquem sem a necessidade de soluções personalizadas ou dependências funcionais. Baseada em padrões abertos, protocolos e modelos de dados, a interoperabilidade garante que os sistemas compartilhem funcionalidades de maneira transparente, mantendo a capacidade de operar independentemente e reduzindo a dependência funcional (Panetto, 2007; Weichhart e Wachholder, 2014; Walsham, 2013).

Método de Pesquisa

O objetivo deste estudo é analisar as atividades realizadas durante projetos de integração a fim de identificá-las em termos de etapas, estratégias, desafios, ferramentas e lições aprendidas, sob a perspectiva de profissionais de TI da indústria brasileira, no contexto de SI. Com base nesse objetivo, elaboramos as seguintes Questões de Pesquisa (QP):

- ***QP1: Quais são as principais fases identificadas na integração de SI?***

Justificativa: Visa identificar e descrever as fases gerais que os profissionais consideram essenciais no processo de integração de SI.

- ***QP2: Quais são os desafios comuns enfrentados pelos profissionais durante a integração de SI?***

Justificativa: Tem o objetivo de identificar os principais obstáculos e desafios encontrados durante as diferentes fases da integração de SI, contribuindo para a criação de estratégias que possam mitigar esses desafios.

Relatos práticos e experiências são essenciais para compreender como os profissionais conduzem as atividades em um projeto de integração. Para isso, foram realizadas entrevistas semiestruturadas,

[2] https://camel.apache.org/
[3] https://www.rabbitmq.com/
[4] https://kafka.apache.org/

permitindo a coleta de percepções e exploração dos assuntos estudados (Runeson e Host, 2009). Além disso, um questionário online complementou os dados qualitativos das entrevistas, ampliando a perspectiva das práticas e tendências da indústria, os dados das entrevistas e questionário online foram triangulados e analisados, conforme inspirado em Nelson et al. (2009). Para a entrevista, foram desenvolvidas perguntas-guia baseadas nas questões de pesquisa, permitindo a inclusão de novas perguntas durante a discussão. As perguntas do questionário online também foram formuladas com base nas questões de pesquisa. A Figura 1 ilustra o processo de pesquisa utilizado: o objetivo foi definido, estabelecendo a meta do estudo; as questões de pesquisa foram formuladas como guia para a investigação; perguntas para entrevistas e questionários foram desenvolvidas alinhadas aos objetivos de pesquisa; entrevistas foram conduzidas para extrair insights detalhados dos participantes, seguidas pela distribuição dos questionários para acumular uma gama mais ampla de dados.

Figura 1. Etapas do método de pesquisa adotado.

Coleta de Dados

Para conduzir as entrevistas, convites foram enviados a profissionais de software com experiência em integração de SI via redes sociais e fóruns da indústria. Uma entrevista piloto foi realizada com um arquiteto de software experiente do grupo de pesquisa, permitindo refinar a técnica e coletar opiniões. Após essa etapa, 12 entrevistas aprofundadas foram realizadas entre outubro de 2022 e fevereiro de 2023, todas facilitadas pelo Google Meet, com gravação e transcrição para uma análise abrangente. Cada entrevista durou em média 30 minutos. Os participantes, principalmente engenheiros de software com idades entre 22 e 54 anos, tinham experiência na indústria variando de 2 a 34 anos e experiência em integração de 2 a 26 anos, com a maioria (10 de 12) interagindo com integração diariamente. Seguindo essa abordagem, a disseminação do questionário online começou com um estudo piloto com dois profissionais experientes, refinando o design do questionário. Em seguida, o questionário refinado foi distribuído entre profissionais da indústria com experiência em integração de SI, resultando em 19 respostas completas. Por questões de espaço, as tabelas detalhando os dados dos participantes foram omitidas, mas o grupo consiste de 19 profissionais com idades de 25 a 61 anos, ocupando funções como engenheiros de software e arquitetos de integração. A maioria (74%) trabalha com integração diariamente, enquanto um segmento menor (26%) interage com integração semanalmente ou raramente.

Análise de Dados

Cada entrevista gerou um conjunto de códigos que foram comparados, não apenas dentro da mesma entrevista, mas também com códigos de outras entrevistas. Essa aplicação do método de comparação constante, um elemento chave da Grounded Theory (GT), permitiu o refinamento contínuo e desenvolvimento desses códigos. À medida que padrões emergiam, os códigos eram agrupados em categorias para estabelecer um nível superior de abstração (Strauss e Corbin, 1998). A Figura 2 ilustra o processo da GT adotado, destacando os principais componentes.

O processo começa com a coleta de dados, seguida pela análise de dados onde ocorre a codificação aberta. Aqui, os dados são segmentados e classificados em códigos iniciais. Em seguida, esses códigos passam pela comparação constante, onde são comparados continuamente para identificar padrões e consistências. A próxima etapa é a amostragem teórica, que orienta a coleta de dados adicionais com base nos conceitos emergentes. A codificação axial segue, ligando as categorias formadas para construir um framework analítico coerente em torno de uma categoria central. Essa categoria central é uma conceitualização mais ampla e abstrata que captura a essência dos conceitos relacionados (Strauss e Corbin, 1998). O Modelo de paradigma sugerido por Strauss e Corbin (1998), e recomendado nas diretrizes de GT para engenharia de software apresentadas por Stol et al. (2016), é aplicado durante a codificação axial. Esse modelo visa entender fenômenos em termos de condições causais, contexto, condições intervenientes, estratégias de ação/interação e consequências. Isso permite identificar padrões e relacionamentos dentro dos dados coletados, fornecendo uma estrutura organizada para interpretar as complexidades dos fenômenos em estudo. Finalmente, a codificação seletiva envolve a integração teórica dos conceitos refinados, culminando

na integração teórica, onde se constrói uma teoria abrangente que explica os fenômenos estudados de maneira coesa e detalhada. Ao utilizar esse processo estruturado de GT, foi possível desenvolver uma compreensão profunda e bem fundamentada dos desafios e práticas na integração de SI.

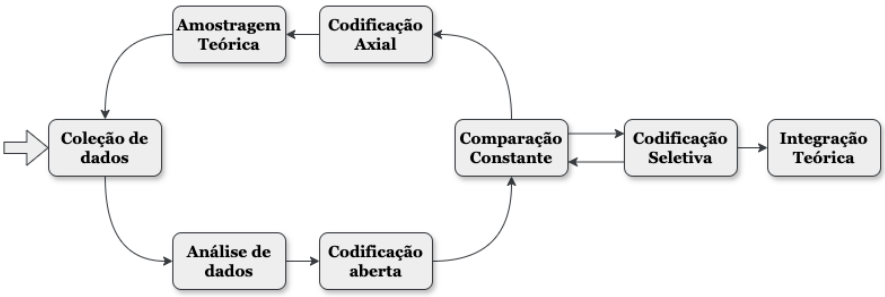

Figura 2. Processo de GT adotado no presente estudo.

Resultados

Nesta seção, são detalhados os resultados obtidos a partir da implementação do processo de GT. Após a codificação axial, foram identificadas as categorias, subcategorias correspondentes, características, eixos de variações e propriedades. No total, 19 categorias foram identificadas. Para facilitar a compreensão, o modelo de paradigma é ilustrado na Figura 3, que apresenta as categorias identificadas e mostra os principais componentes do modelo de paradigma, com o fenômeno central no centro e outros componentes ao redor.

- **Fenômeno Central:** representa o processo de integração de sistemas, detalhando os desafios, obstáculos e atividades de um projeto de integração.
- **Condições Contextuais:** são divididas em *Integração Interna e Integração Externa*. Essas condições fornecem o contexto em que o fenômeno central opera.
- **Estratégias:** abordam o fenômeno central. Elas englobam *Adaptadores de Integração*, *Interfaces de Integração*, *Plataforma de Integração*, *Garantia de Qualidade*, *Desenvolvimento de Integração*, *Documentação de Integração* e *Manutenção de Integração*.
- **Consequências:** são os resultados das estratégias, que incluem *Design da Arquitetura do Sistema*, *Sistemas Integrados* e *Documentação*.

QP1: Fases do Processo de Integração

A partir da análise dos dados, foram identificadas as fases essenciais do processo de integração de sistemas de informação. Um modelo conceitual de como os profissionais percebem o processo de integração é apresentado na Figura 4. Essa figura ilustra o processo de integração de Sistemas de Informação (SI), detalhando suas principais fases e componentes. O processo começa com a fase de análise, onde são definidos interfaces, adaptadores e requisitos. Em seguida, na fase de projeto da arquitetura, são escolhidos os estilos arquiteturais, tecnologias, documentação e padrões arquiteturais. A fase de implementação envolve a construção de adaptadores necessários para a integração. A fase de testes valida a compatibilidade dos dados e a saúde da integração, utilizando testes automatizados, manuais e *mocks*. Por fim, a fase de manutenção assegura a observabilidade do sistema por meio de monitoria, alarmes e logs, garantindo o bom funcionamento contínuo da integração. As fases identificadas são detalhadas a seguir:

Fase de Análise. A Fase de Análise é o ponto de partida do processo de integração. Ela envolve a coleta e compreensão dos requisitos do sistema, interfaces, adaptadores e transformações necessárias. Os requisitos são divididos em duas categorias principais: requisitos funcionais, que especificam o que o sistema deve realizar, e requisitos não funcionais, que descrevem como o sistema deve operar. Durante esta fase, é essencial definir claramente os objetivos da integração, envolvendo partes interessadas e usuários do

sistema através de processos colaborativos, como *brainstorming* ou *design thinking*. Esta etapa estabelece a base para a integração, garantindo que todos os requisitos sejam claramente entendidos e documentados

Fase de Projeto de Arquitetura. Na Fase de Projeto de Arquitetura, a estrutura do sistema é definida. Esta fase inclui a seleção da tecnologia a ser utilizada, a escolha do estilo arquitetônico, a geração de documentação para uso futuro e a implementação de padrões arquitetônicos para gerenciar a complexidade do sistema. A documentação é uma atividade vital, pois fornece um guia claro para os desenvolvedores atuais e futuros.

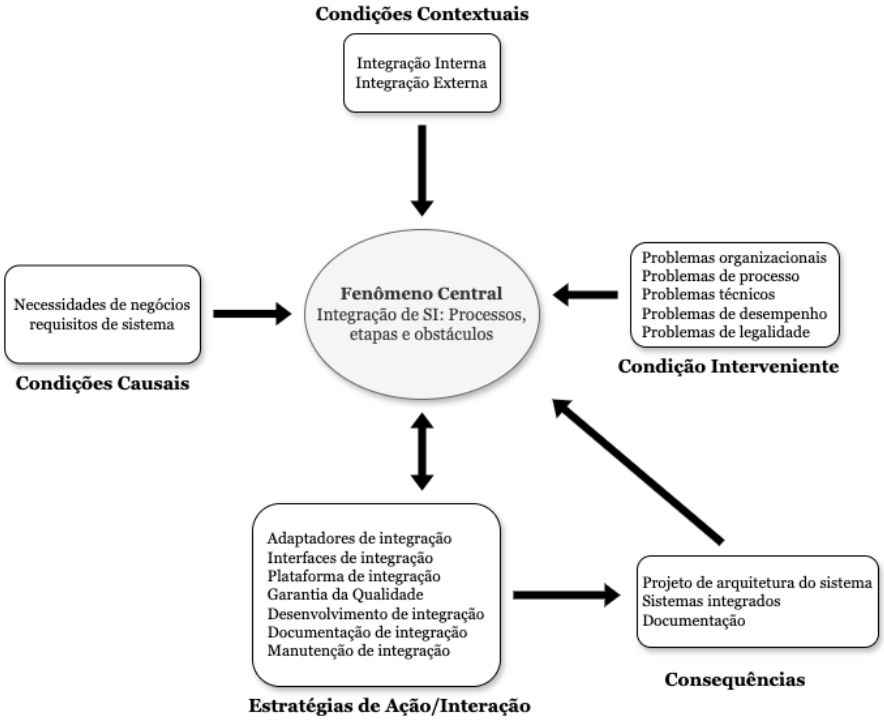

Figura 3. Modelo de paradigma

Fase de Implementação. A Fase de Implementação abrange a construção real da integração. As soluções de integração disponíveis no mercado oferecem diferentes graus de abstração para construir sistemas de integração, variando de soluções *low-code* a *no-code*, onde os integradores do sistema selecionam adaptadores adequados e mapeiam o fluxo de integração. Em cenários onde soluções pré-existentes não são adequadas, os adaptadores devem ser desenvolvidos do zero, exigindo um entendimento claro dos sistemas que estão sendo integrados.

Fase de Testes. A Fase de Testes envolve a validação e verificação do sistema integrado. Isso inclui testes automatizados e manuais para garantir a funcionalidade dos componentes individuais e sua interação dentro do sistema. Os testes automatizados, como testes unitários e de integração, são amplamente utilizados para garantir a precisão e eficiência do processo de integração

Fase de Manutenção. A Fase de Manutenção foca na observabilidade do sistema, incluindo o monitoramento da funcionalidade, configuração de alarmes para eventos cruciais ou falhas, e manutenção de logs para auditorias e solução de problemas. A observabilidade é considerada fundamental para o sucesso da integração de sistemas, garantindo que qualquer problema seja rapidamente identificado e resolvido

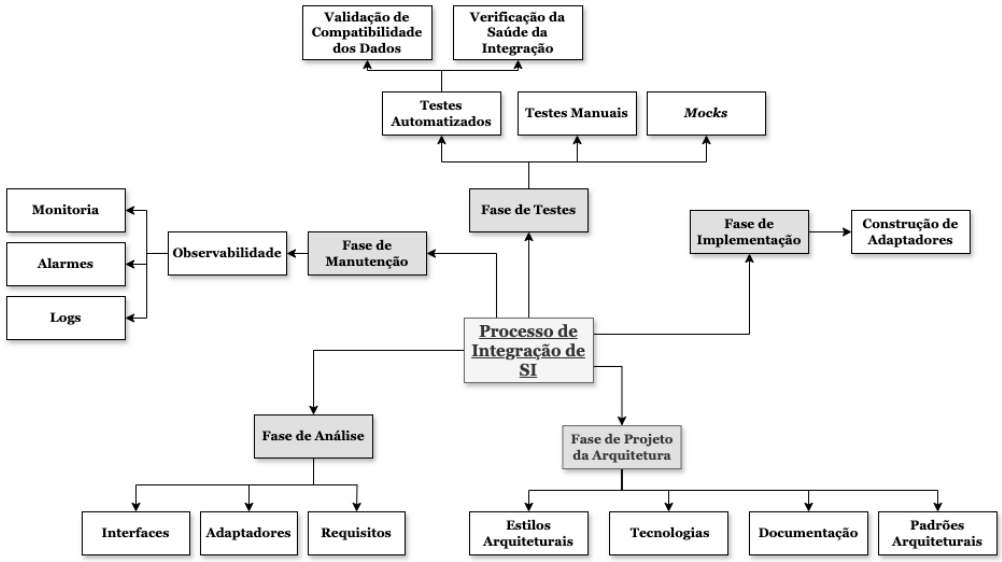

Figura 4. Modelo de integração de SI.

QP1: Desafios Encontrados na Integração

A taxonomia dos desafios de integração é dividida em quatro categorias principais: Problemas de Processo, Problemas de Desempenho, Problemas de Legalidade, Problemas Organizacionais e Problemas Técnicos. Esta taxonomia oferece uma compreensão estruturada dos vários desafios que podem ocorrer durante a integração de sistemas, permitindo uma abordagem focada e sistemática para resolvê-los, facilitando assim um processo de integração mais suave. Nas seções seguintes, cada categoria será discutida em detalhe.

Problemas de Processo: ocorrem devido a inadequações ou ineficiências nos processos durante a integração de sistemas. Um desafio comum é a falta de documentação adequada, dificultando a compreensão do sistema e suas interfaces. Mudanças nas definições e nos requisitos podem interromper o fluxo do projeto, exigindo ajustes no design, codificação e testes. A ausência de monitoramento, a falta de clareza no propósito dos dados, dificuldades de teste, geração de dados para ambientes não-produtivos, incerteza na medição de esforço, gerenciamento de cenários imprevistos, dificuldades no planejamento de tarefas e problemas de compreensão entre os participantes são outros problemas de processo que podem surgir. Abordar essas questões requer um processo de integração bem estruturado, comunicação eficaz e uma compreensão clara dos objetivos da integração.

Problemas de Desempenho: relacionam-se aos desafios que afetam a eficiência operacional do sistema integrado. A disponibilidade do sistema, por exemplo, é um problema significativo de desempenho. Se um sistema não estiver disponível devido a tempo de inatividade, isso pode interromper todo o sistema integrado, causando atrasos ou falhas nos processos de negócios que dependem do sistema. A visibilidade de erros é outro aspecto crucial da integração de sistemas. Sem um registro de erros adequado e visibilidade, o diagnóstico de problemas torna-se uma tarefa complicada, potencialmente levando a um tempo de inatividade prolongado do sistema. Outros desafios relacionados ao desempenho, como otimização de recursos e restrições de entrega e orçamento do projeto, também podem impactar significativamente o sucesso dos projetos de integração de sistemas.

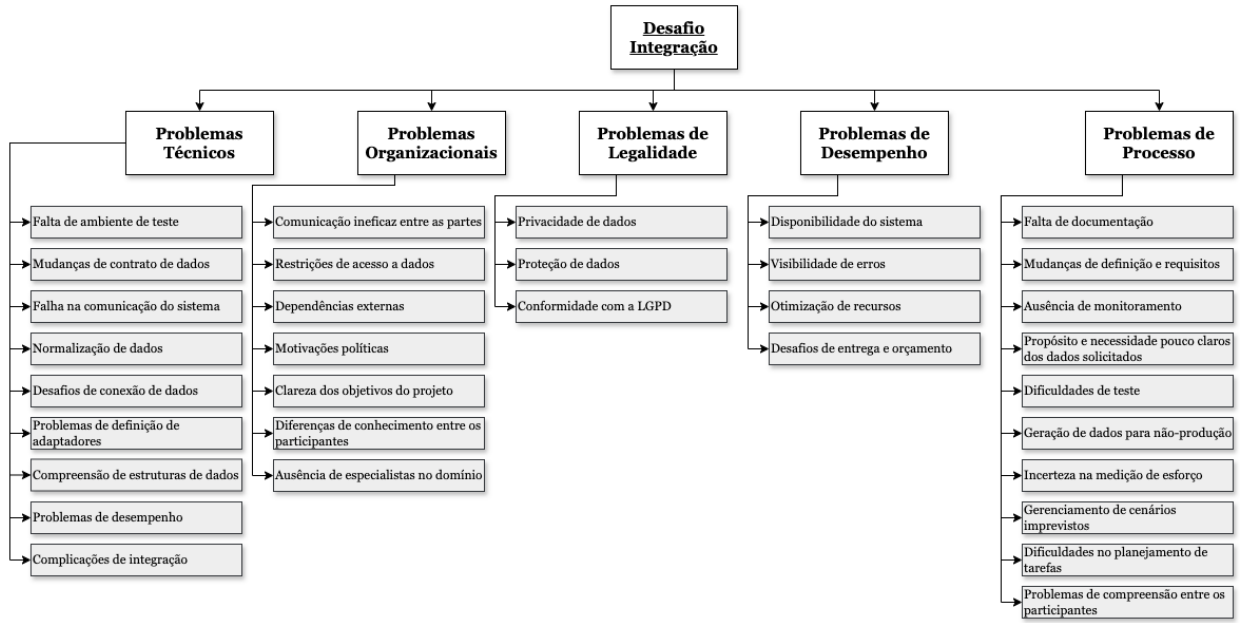

Figura 5. Taxonomia dos desafios de integração.

Problemas Organizacionais: surgem de aspectos humanos e organizacionais. A comunicação ineficaz entre as partes pode causar interpretações errôneas e confusões, resultando em atrasos e mal-entendidos sobre os objetivos da integração. Restrições de acesso a dados, devido a preocupações com segurança, políticas da empresa ou requisitos regulatórios, também dificultam o processo. Além disso, dependências externas, motivações políticas, falta de clareza nos objetivos, diferenças de conhecimento e a ausência de especialistas no domínio representam desafios significativos. Esses fatores ressaltam a importância de um forte gerenciamento de projetos e comunicação eficaz em projetos de integração de sistemas.

Problemas Técnicos: Problemas técnicos estão diretamente ligados à tecnologia envolvida na integração. Eles geralmente surgem devido às complexidades inerentes ao processo. Exemplos incluem a falta de um ambiente de teste adequado, que pode causar bugs ou falhas no sistema após a integração, e mudanças em contratos de serviço, que podem levar à incompatibilidade e interrupções. Falhas na comunicação entre sistemas integrados podem resultar em perda ou interpretação errônea de dados. A normalização inadequada de dados compromete sua qualidade, afetando a análise e o comportamento do sistema. Problemas de conexão podem isolar sistemas, impedindo a troca eficaz de dados. Outros desafios incluem definição de adaptadores, compreensão de estruturas de dados, desempenho e complicações na integração. Cada problema exige diferentes habilidades e recursos para ser resolvido eficazmente.

Ameaças à Validade e Limitações

Embora este estudo ofereça insights valiosos sobre os desafios de integração de sistemas, é importante reconhecer as possíveis ameaças à sua validade, dada a metodologia GT utilizada.

Validade de Construto. Este estudo depende fortemente das percepções e experiências dos profissionais entrevistados. Como tal, preconceitos pessoais e interpretações subjetivas podem ter influenciado os resultados. No entanto, buscou-se minimizar essa ameaça conduzindo múltiplas entrevistas em diferentes contextos organizacionais e funções para garantir uma ampla gama de experiências e perspectivas.

Validade Interna. Como o GT é um processo iterativo que envolve a codificação e categorização de dados qualitativos, existe o risco de que diferentes pesquisadores possam interpretar os dados de maneiras diferentes. Essa subjetividade pode afetar a validade interna da pesquisa. Para mitigar essa ameaça, aderiu-se estritamente aos procedimentos de codificação do GT e as interpretações foram revisadas várias vezes. Além disso, foi utilizado um trilho de auditoria de dados bem documentado e completo para aumentar a

transparência e a rastreabilidade das decisões de codificação e análise, promovendo uma interpretação mais rigorosa e válida dos dados.

Validade Externa. Nossos achados dependem principalmente dos contextos dos profissionais entrevistados, os quais são delimitados por seus respectivos contextos organizacionais, indústrias e regiões. Esta limitação representa uma ameaça à generalização de nossos achados. Tentou-se considerar isso selecionando participantes de uma variedade de funções, níveis de experiência e tipos de organização; no entanto, estudos futuros com amostras mais diversificadas ajudariam a validar ainda mais esses resultados.

Confiabilidade. A confiabilidade na pesquisa GT refere-se à questão de saber se o processo do estudo é relatado de forma completa e transparente, de modo que os mesmos resultados possam ser obtidos se o estudo for replicado. Neste estudo, procurou-se descrever detalhadamente os métodos de pesquisa e os processos de análise para garantir que outros possam replicá-lo. No entanto, devido à natureza interpretativa da pesquisa qualitativa, a replicação absoluta pode ser desafiadora. Além disso, as limitações de um estudo GT residem em sua especificidade contextual. A teoria resultante só pode fornecer uma explicação para os contextos particulares investigados no estudo. Isso se deve ao fato de que os códigos, conceitos e categorias emergem diretamente dos dados, que são coletados de situações do mundo real, fundamentando assim os resultados dentro do contexto dos dados.

Discussão

Esta seção discute a relação entre nossos achados e nossas questões de pesquisa, além de traçar algumas implicações desses resultados.

A **QP1** buscou responder questões sobre as atividades e fases do processo de integração. Observou-se que o processo de integração de sistemas é complexo e executado de maneiras distintas na indústria. No entanto, há um consenso sobre diversos aspectos do processo. Por exemplo, a análise dos requisitos de integração é vista como uma etapa fundamental, mesmo sendo reconhecida como uma fase repleta de desafios. Esses desafios incluem dificuldades de comunicação, a falta de disponibilidade de stakeholders e usuários para atividades de coleta de informações, e a luta com a documentação insuficiente para entender as soluções envolvidas. Assim, um planejamento profundo é necessário, e técnicas de elicitação de requisitos poderiam ser empregadas para minimizar essas barreiras. Observou-se que a fase de análise, que envolve o levantamento de requisitos e a análise de interfaces, é crucial para estabelecer uma base sólida para a integração. A fase de projeto de arquitetura, onde são selecionadas tecnologias e ferramentas adequadas, também é fundamental para garantir a interoperabilidade dos sistemas. A fase de implementação, que inclui o desenvolvimento de adaptadores e integradores personalizados, destaca a necessidade de um conhecimento técnico profundo. Finalmente, a fase de testes e manutenção, com a realização de testes automatizados e manuais e a implementação de monitoramento contínuo, é essencial para garantir a funcionalidade e a continuidade do sistema integrado.

A **QP2** visou entender os desafios comuns enfrentados pelos profissionais durante a integração de SIS. Nesta perspectiva, foi observado que os principais desafios incluem problemas de documentação, mudanças de requisitos, e dificuldades técnicas e organizacionais. A falta de documentação adequada foi mencionada como um desafio significativo, tornando a compreensão dos sistemas e suas interfaces uma tarefa árdua. Além disso, as mudanças nos requisitos durante o processo de integração podem interromper o fluxo do projeto e exigir ajustes contínuos. Desafios técnicos, como a falta de um ambiente de teste adequado e falhas na comunicação do sistema, foram frequentemente citados. Problemas organizacionais, como a comunicação ineficaz entre as partes e as restrições de acesso a dados, também representam barreiras significativas. Para mitigar esses desafios, é necessário um processo de integração bem estruturado, comunicação eficaz e uma compreensão clara do propósito e dos objetivos da integração. A implementação de ferramentas robustas de monitoramento e a adoção de estratégias de gestão de falhas, como retentativas automáticas e filas de mensagens *dead-letter-queue* (DLQ), são essenciais para garantir a resiliência e a eficiência das integrações de SI.

Os achados revelam que abordar esses desafios requer uma estratégia holística que engloba não apenas a expertise técnica, mas também uma liderança forte, conformidade legal, otimização de desempenho e processos sistemáticos. Os desafios, embora categorizados separadamente, estão interconectados, e complicações em uma categoria podem influenciar outras. Por exemplo, um problema técnico como

desafios de conexão de dados pode exacerbar problemas de desempenho, como a disponibilidade do sistema. Assim, uma abordagem integrada e interdisciplinar faz-se necessário para lidar com as complexidades de integrar SI distintos. Com a chegadas de sistemas complexos se torna ainda mais urgente o desenvolvimento de um método estruturado para integrar SI.

Considerações Finais

Este estudo apresentou uma exploração abrangente do complexo cenário da integração de SI. Foram abordadas suas fases, desafios associados e a variedade de técnicas, ferramentas e frameworks disponíveis para enfrentar esses desafios. Os achados desta pesquisa, encapsulados na forma de uma taxonomia dos desafios de integração e um modelo conceitual do processo de integração de sistemas, fornecem uma visão estruturada e detalhada do assunto. Este trabalho oferece mais do que insights teóricos; ele fornece orientações práticas para auxiliar organizações e indivíduos na condução eficaz de projetos de integração de sistemas. A taxonomia e o modelo apresentados servem como ferramentas úteis para compreender, planejar e gerenciar tarefas de integração de sistemas, contribuindo assim para o corpo de conhecimento nesta área. Para o futuro, pretende-se utilizar esses achados como base para pesquisas adicionais. O objetivo é construir um processo que empregue padrões de integração para alcançar altos níveis de interoperabilidade em SI. Com base em nossa taxonomia, este modelo de processo abordaria os desafios identificados. Esse esforço pode ser essencial para avançar nas metodologias de integração e melhorar a eficácia da integração de SI em grande escala.

Referências

Costa, M.G.N., Paiva, D.M.B., Cagnin, M.I. 2022. "How Are the Interoperability Requirements Addressed in the Systems-of-Systems Context?" Association for Computing Machinery, New York, NY, USA.

Fernandes, J., Cordeiro, F., Ferreira, F., Graciano Neto, V.V., Santos, R.P.d. 2022. "A Method for Identification of Potential Interoperability Links Between Information Systems Towards System-of-Information Systems," iSys - Brazilian Journal of Information Systems (15:2), pp. 1-26.

Fernandes, J., Ferreira, F., Cordeiro, F., Neto, V.G., Santos, R. 2020. "How Can Interoperability Approaches Impact on Systems-of-Information Systems Characteristics?" in: XVI SBSI, pp. 1-8.

Frantz, R.Z., Corchuelo, R., Basto-Fernandes, V., Rosa-Sequeira, F., Roos-Frantz, F., L.Arjona, J. 2021. "A Cloud-Based Integration Platform for Enterprise Application Integration: A Model-Driven Engineering Approach," Software - Practice and Experience (51), pp. 824-847.

Frantz, R.Z., Reina Quintero, A.M., Corchuelo, R. 2011. "A Domain-Specific Language to Design Enterprise Application Integration Solutions," International Journal of Cooperative Information Systems (20), pp. 143-176.

Hohpe, G., Woolf, B. 2004. "Enterprise Integration Patterns: Designing, Building, and Deploying Messaging Solutions," Addison-Wesley Professional.

Maciel, R.S.P., David, J.M.N., Claro, D., Braga, R.P. 2017. "Full Interoperability: Challenges and Opportunities for Future Information Systems," Sociedade Brasileira de Computação.

Nelson, N., Brindescu, C., McKee, S., Sarma, A., Dig, D. 2019. "The Life-Cycle of Merge Conflicts: Processes, Barriers, and Strategies," Empirical Software Engineering (24), pp. 2863-2906.

Panetto, H. 2007. "Towards a Classification Framework for Interoperability of Enterprise Applications," International Journal of Computer Integrated Manufacturing (20), pp. 727-740.

Runeson, P., Höst, M. 2009. "Guidelines for Conducting and Reporting Case Study Research in Software Engineering," Empirical Software Engineering (14), pp. 131-164.

Santos, K.S.S., Pinheiro, L.B.L., Maciel, R.S.P. 2021. "Interoperability Types Classifications: A Tertiary Study," in: SBSI 2021, ACM, Uberlândia, Brazil, pp. 19:1-19:8.

Stol, K.J., Ralph, P., Fitzgerald, B. 2016. "Grounded Theory in Software Engineering Research: A Critical Review and Guidelines," in: ICSE, pp. 120-131.

Strauss, A., Corbin, J. 1990. "Basic Qualitative Research: Grounded Theory Procedures and Techniques," Sage Publications.

Strauss, A., Corbin, J. 1998. "Basics of Qualitative Research Techniques," Sage Publications.

Walsham, G. 2013. "Integrated Health Information Architecture: Power to the Users," Springer.

Weichhart, G., Wachholder, D., 2014. "On the Interoperability Contributions of S-BPM," in: S-BPM ONE, Springer, pp. 3-19.