



REVIEW OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION

DOI: <https://doi.org/10.37497/rev.artif.intell.educ.v6ii.60>

ARTIGO

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO GERENCIAMENTO DE PROCESSOS DE NEGÓCIO: DESAFIOS, OPORTUNIDADES E ESTRATÉGIAS PARA ALINHAMENTO À ISO 42001

Artificial Intelligence in Business Process Management: Challenges, Opportunities and Strategies for Alignment With ISO 42001

Darci de Borba

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, Brasília (DF), Brasil.
E-mail: darci17@gmail.com

Rafael Brinkhues

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS, Rio Grande do Sul (RS), Brasil.
E-mail: Rafabrinh@gmail.com



Received: 02 november 2025

Revised: 02 december 2025

Accepted: 03 december 2025

e-ISSN: 2965-4688

Corresponding Author: Darci de Borba –
E-mail: darci17@gmail.com

How to cite this article: de Borba, D., & Brinkhues, R. (2025). Artificial intelligence in business process management: Challenges, opportunities and strategies for alignment with ISO 42001. *Review of Artificial Intelligence in Education*, 6(1), e060. <https://doi.org/10.37497/rev.artif.intell.educ.v6ii.60>

RESUMO | Propósito: Este estudo tem como objetivo analisar os principais desafios, oportunidades e estratégias de alinhamento entre as práticas de *Business Process Management* (BPM) mediadas por Inteligência Artificial (IA) e os requisitos da norma ISO/IEC 42001, buscando compreender como as organizações podem integrar princípios de governança, gestão de riscos e explicabilidade ao BPM para assegurar uma automação responsável, transparente e auditável dos processos de negócio. **Metodologia:** A pesquisa adota uma abordagem qualitativa por meio de uma revisão integrativa da literatura estruturada segundo o protocolo PRISMA, com buscas realizadas nas bases Scopus e Web of Science, cobrindo o período de 2015 a 2025 e resultando em um corpus final de 22 artigos que discutem Explainable AI (XAI), mineração de processos, governança algorítmica, conformidade e gestão semântica de dados; a análise de conteúdo seguiu o método de Bardin (2008). **Resultados:** Os achados indicam que o alinhamento entre BPM e ISO/IEC 42001 envolve três eixos centrais relacionados à governança e transparência, infraestrutura de dados e semântica e fatores sociotécnicos de adoção, destacando a noção de dupla transparência técnica e operacional e a proposta de uma arquitetura de conformidade em camadas composta por momentos de design-time, run-time e post-hoc apoiada por mineração de processos, supervisão humana e interfaces explicáveis. **Implicações teóricas e práticas:** O estudo apresenta um framework teórico e operacional que orienta organizações sobre a incorporação de princípios de governança da IA no desenho, monitoramento e melhoria contínua de processos, contribuindo para fortalecer a auditabilidade, reduzir riscos algorítmicos e aprimorar a responsabilidade corporativa. **Originalidade e valor:** O artigo é um dos primeiros a integrar BPM e a ISO/IEC 42001, avançando o debate sobre governança algorítmica ao demonstrar como metodologias orientadas a processos podem apoiar o desenvolvimento de sistemas de IA éticos, transparentes e alinhados à conformidade regulatória.

Palavras-chave | Inteligência Artificial; Business Process Management; ISO/IEC 42001; Governança Algorítmica; Explicabilidade.





ABSTRACT | Purpose: This study aims to analyze the main challenges, opportunities, and strategies for aligning Artificial Intelligence (AI)-based Business Process Management (BPM) practices with the ISO/IEC 42001 standard. It seeks to understand how organizations can integrate principles of AI governance, risk management, and explainability into BPM to ensure responsible, transparent, and auditable automation of business processes. **Methodology:** The research adopts a qualitative approach through an integrative literature review structured according to the PRISMA protocol. Searches were conducted in the Scopus and Web of Science databases, covering the period from 2015 to 2025, resulting in a final corpus of 22 articles. The analyzed studies address topics such as Explainable AI (XAI), process mining, algorithmic governance, compliance, and semantic data management. The content analysis followed Bardin's (2008) method, organizing the findings into three dimensions: challenges, opportunities, and strategies. **Findings:** The results indicate that the alignment between BPM and ISO/IEC 42001 involves three main axes: (i) governance and transparency, (ii) data and semantic infrastructure, and (iii) sociotechnical adoption factors. The concept of "dual transparency" (technical and operational) and a layered compliance architecture (design-time, run-time, and post-hoc) are highlighted, supported by process mining, human oversight, and explainable interfaces. **Theoretical And Practical Implications:** The study presents a theoretical and operational framework that connects BPM to ISO/IEC 42001, guiding organizations on how to embed AI governance principles in process design, monitoring, and continuous improvement. For practitioners, it provides practical guidance to strengthen auditability, reduce algorithmic risks, and enhance corporate responsibility in digital environments. **Originality And Value:** This paper is among the first to integrate BPM and the ISO/IEC 42001 standard, proposing a systematic interpretation of AI management requirements within organizational contexts. It advances the debate on algorithmic governance by showing how process-oriented methodologies can operationalize ethical, transparent, and compliant AI systems.

Keywords | Artificial Intelligence; Business Process Management; ISO/IEC 42001; Algorithmic Governance; Explainability.

1 INTRODUÇÃO

A emergência da Inteligência Artificial (IA) como força motriz de transformação organizacional redefine, em profundidade, a forma como empresas concebem, operam e avaliam seus processos de negócios. Nos últimos anos, a evolução acelerada de técnicas de aprendizado de máquina, *deep learning*, processamento de linguagem natural e sistemas autônomos contribuiu para a criação de modelos sofisticados que atuam em atividades antes exclusivamente humanas (Benraouane, 2024). No contexto da gestão de processos de negócios (BPM), essas tecnologias têm sido incorporadas para promover automação inteligente, otimização preditiva e personalização em escala (Khazieva et al., 2024; Ricciardi Celsi & Zomaya, 2025).

Entretanto, apesar do crescimento exponencial de estudos sobre o potencial da IA no BPM, observa-se uma carência de diretrizes consolidadas para garantir que os sistemas inteligentes operem em conformidade com requisitos de governança, transparência, rastreabilidade e responsabilidade organizacional (Biroğul et al., 2025; McIntosh et al., 2024). O advento da norma ISO/IEC 42001 representa um marco nesse cenário ao estabelecer parâmetros normativos internacionais para o gerenciamento de sistemas de IA, contemplando todo o ciclo de vida dos algoritmos – desde o desenho e a implementação até a monitoração contínua e o descomissionamento.

Apesar desse avanço normativo, persiste uma dificuldade substancial em compreender como alinhar, de forma efetiva e pragmática, práticas de BPM mediadas por IA aos requisitos complexos e interdependentes da ISO 42001. Este problema não é meramente operacional, visto que, envolve questões de natureza conceitual, metodológica e cultural, que se manifestam na ausência de modelos integrados de governança, na escassez de métricas consensuais para medir a transparência



algorítmica e na incerteza regulatória gerada pela sobreposição de legislações (Botunac et al., 2024). Rybalko (2024) destaca que a IA deve ser compreendida como um construto do intelecto humano que espelha a racionalidade e a criatividade, ampliando as fronteiras do conhecimento e desafiando a própria noção de cognição racional. De forma complementar, Silva e Janes (2023) reforçam que a expansão global da IA requer o desenvolvimento de frameworks regulatórios que equilibrem inovação e responsabilidade, especialmente em contextos de adoção tecnológica acelerada. Assim, a literatura vem convergindo para o avanço normativo em torno da IA.

Paralelamente, o uso de BPM consolidou-se, nas últimas décadas, como um campo interdisciplinar que integra gestão estratégica, engenharia de processos e sistemas de informação. Sua evolução histórica passa pelo desenvolvimento de frameworks como o *Business Process Model and Notation* (BPMN), pelas metodologias de *Six Sigma* e *Lean Management* e pela adoção progressiva de workflows digitais (Campos & Carreiro, 2024). Contudo, o advento de soluções baseadas em IA marca uma ruptura qualitativa nesse percurso, ao permitir capacidades inéditas de predição, adaptação e automação (Biroğul et al., 2025).

Contudo, o cenário regulatório global vem se tornando mais restritivo, refletindo preocupações sociais sobre vieses algorítmico, falta de explicabilidade e riscos à privacidade e aos direitos fundamentais (McIntosh et al., 2024). Nesse ambiente, organizações enfrentam uma pressão crescente para demonstrar que seus sistemas de IA são auditáveis, confiáveis e alinhados a padrões reconhecidos internacionalmente. A ISO/IEC 42001 surge, assim, como a primeira norma específica de sistemas de gestão de IA, oferecendo um framework abrangente que abarca princípios de governança, avaliação de riscos e mitigação de impactos adversos (Benraouane, 2024).

A convergência entre BPM e ISO 42001 começa a ser explorada em trabalhos sobre gestão de riscos e compliance digital (Campos & Carreiro, 2024). McIntosh et al. (2024) analisam como frameworks como COBIT e ISO 42001 podem ser integrados para mitigar riscos na comercialização de modelos de linguagem de larga escala. Campos e Carreiro (2024) salientam que organizações enfrentam tensões constantes entre inovação e conformidade, especialmente em setores regulados. Embora haja trabalhos que tratem separadamente da integração da IA ao BPM (Khazieva et al., 2024) e do enquadramento da IA na ISO 42001 (Benraouane, 2024), são escassas as abordagens que conciliam, de forma sistemática, práticas de BPM com os requisitos normativos e de governança da ISO 42001, sobretudo no que diz respeito à operacionalização simultânea de métricas de desempenho de processos e indicadores de conformidade algorítmica. Para direcionar o preenchimento da lacuna visada, o presente estudo propõe três questões de pesquisa:

- **QP1:** Quais desafios enfrentados ao alinhar práticas de BPM baseadas em IA com a ISO/IEC 42001?
- **QP2:** Quais são as oportunidades advindas da adoção da ISO 42001 em processos de negócio mediados por IA?
- **QP3:** Quais estratégias têm sido propostas para integrar os requisitos da ISO 42001 às práticas de IA no BPM?

Para responder às questões, o presente trabalho propõe uma revisão integrativa (Snyder, 2019) com o objetivo sistematizar a literatura sobre os temas visando identificar, categorizar e analisar criticamente os desafios, oportunidades e estratégias associados ao alinhamento entre práticas de



BPM mediadas por IA e a ISO 42001. O artigo contribui ao propor um framework integrativo que conecta práticas de BPM mediadas por IA aos requisitos de governança, risco e explicabilidade da ISO/IEC 42001. Essa abordagem oferece uma base conceitual e operacional para traduzir princípios normativos em práticas de gestão de processos auditáveis, promovendo transparência, conformidade e aprendizado organizacional em sistemas inteligentes. Diante do caráter técnico do tema, foi elaborado um referencial teórico para sustentar a análise em bases conceituais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A literatura recente sobre IA tem avançado para além de uma visão puramente técnica, incorporando dimensões filosóficas, epistemológicas e sociotécnicas que contribuem para compreender como os sistemas inteligentes se articulam com os processos organizacionais. Rybalko (2024) discute a evolução da IA sob a ótica construtivista, argumentando que a IA reflete a capacidade humana de projetar e criar, e que seu desenvolvimento exige compreender o cérebro como um sistema dinâmico de raciocínio e aprendizagem. Essa perspectiva amplia o entendimento da IA como um artefato cognitivo que coevolui com os sistemas sociais e tecnológicos, reforçando a necessidade de abordagens integradas entre cognição natural e artificial. Joska Junior et al. (2023) analisam a aplicação prática da IA em empresas de base tecnológica, mostrando como sua adoção está associada ao fortalecimento da eficiência organizacional e à aprendizagem coletiva mediada pela socialização do conhecimento. O estudo evidencia que a internalização de ferramentas inteligentes depende tanto da infraestrutura tecnológica quanto da cultura e do engajamento dos colaboradores, apontando que a IA se torna um vetor de inovação quando articulada a práticas colaborativas e à gestão do conhecimento.

Sob essa perspectiva, a literatura converge para o reconhecimento de que o valor organizacional gerado pela IA está condicionado ao seu alinhamento com princípios éticos, de governança e aprendizagem contínua. Tais achados dialogam com as abordagens contemporâneas que defendem a integração entre governança algorítmica, gestão de processos e responsabilidade social, como discutido por Banerjee et al. (2023), que enfatiza o papel das normas internacionais – como a ISO/IEC 42001 – na estruturação de sistemas de gestão de IA transparentes, auditáveis e centrados no ser humano. Em conjunto, esses estudos reforçam a importância de compreender a IA não apenas como tecnologia de automação, mas como infraestrutura cognitiva e ética que redefine as fronteiras do gerenciamento de processos de negócio, baseando-se em princípios de explicabilidade, rastreabilidade e conformidade dinâmica.

2.1 Visão Geral da ISO/IEC 42001

A ISO/IEC 42001:2023 é a primeira norma internacional que estabelece requisitos para um Sistema de Gestão de Inteligência Artificial (SGIA), com foco em demonstrabilidade de governança, gestão de riscos e operação segura e responsável de sistemas de IA ao longo de todo o ciclo de vida. Diferentemente de guias técnicos ou códigos de conduta, trata-se de uma norma de gestão certificável, construída sobre a arquitetura de alto nível da ISO, o que facilita sua integração com



sistemas já existentes (como ISO 9001 (qualidade) e ISO/IEC 27001), e com frameworks de TI e cibersegurança (Benraouane, 2024; Gueorguiev, 2024; McIntosh et al., 2024).

Em termos de escopo, a 42001 é tecnologia-agnóstica e setor-agnóstica. Não prescreve algoritmos, técnicas específicas ou métricas únicas; em vez disso, define o que uma organização deve estabelecer para planejar, operar, monitorar e melhorar a gestão dos seus sistemas de IA, de modo proporcional ao risco. Essa abordagem orientada a processo e baseada em risco a torna adequada para contextos diversos – do setor financeiro ao hospitalar, passando por automotivo e administração pública – ao mesmo tempo em que demanda evidências de que o sistema de gestão funciona na prática (Biroğul et al., 2025; Nelson & Lin, 2025; Ranjbar et al., 2024).

A estrutura segue a lógica PDCA e a abordagem por processos. No “Planejamento”, a organização contextualiza riscos e partes interessadas, estabelece objetivos, define controles e critérios de aceitação, prepara recursos e competências e planeja a avaliação de impactos e de riscos de IA; no “Fazer” (Operação), implementa controles ao longo do ciclo de vida (da concepção ao descomissionamento), incluindo requisitos para dados, modelos, fornecedores, mudanças, supervisão humana, explicabilidade e gestão de incidentes; no “Checar” (Avaliação de desempenho), monitora e audita a eficácia dos controles, mede indicadores e conduz revisões; por fim, no “Agir” (Melhoria), corrige desvios, trata não conformidades e atualiza processos e controles (Benraouane, 2024; Gueorguiev, 2024). Essa cadência é adequada para integrar a 42001 às rotinas de BPM e de gestão de projetos, porque permite encadear entregáveis com marcos de processo e de projeto (Bogucka et al., 2024).

Do ponto de vista de requisitos operacionais, quatro camadas se destacam. A primeira é a governança: a norma demanda papéis e responsabilidades claros (por exemplo, *Data Owner*, *Model Owner*, *Process Owner*), fóruns decisórios e documentação que sustentem prestação de contas – inclusive em temas como supervisão humana, gestão de mudanças e ética aplicada (Biroğul et al., 2025; Ricciardi Celsi & Zomaya, 2025). A segunda é a gestão de riscos e impactos: além de uma matriz de riscos de IA, cresce a expectativa por relatórios de AIA estruturados (propósito, contexto, dados, riscos, mitigação, plano de monitoramento), ajudando a transformar princípios em provas de diligência (Benraouane, 2024; Bogucka et al., 2024). A terceira é a operação do ciclo de vida com controles em *design-time*, *run-time* e *post-hoc*: projetar regras e semântica de processo para verificação prévia; e manter auditoria recorrente habilitada por mineração de processos (precisão/recall, latência, taxa de falso alerta, estabilidade da explicação) (McIntosh et al., 2024; Weimer et al., 2025; Yatagha et al., 2024). A quarta é a infraestrutura de suporte: governança de dados (metadados, linhagem, qualidade, ontologias/glossários), competências e gestão do conhecimento (*playbooks*, lições aprendidas), indispensáveis para garantir rastreabilidade e reprodutibilidade (Benraouane, 2024; Khazieva et al., 2024).

Três pontos de atenção ajudam a calibrar expectativas. Primeiro, a 42001 é processual: certifica o sistema de gestão, não a IA em si. Um modelo tecnicamente excelente, se não inserido em processos com papéis, métricas e documentação, não atende à norma; inversamente, um SGIA pode requerer a substituição de modelos que não sejam explicáveis ou controláveis o bastante para seu risco (Benraouane, 2024). Segundo, a norma pressupõe proporcionalidade ao risco: o esforço de controle e de evidência deve escalar com criticidade, impacto e exposição – razão pela qual estratégias de



priorização e escalonamento de avaliação são essenciais (Weimer et al., 2025). Terceiro, a 42001 não elimina obrigações regulatórias setoriais; ela as organiza e torna auditáveis, exigindo matrizes de conformidade que liguem cada obrigação a controles de processo e a evidências (Botunac et al., 2024; McIntosh et al., 2024).

Em síntese, a ISO/IEC 42001 oferece o fio condutor para transformar práticas de IA em BPM: explicabilidade ancorada no processo, governança de logs e supervisão humana. Isso amparado por um sistema capaz de ser planejado, executado, verificado e melhorado. Ao adotar essa gramática, organizações deixam de depender de esforços localizados e passam a provar, com evidências, que a IA que medeia seus processos é responsável, auditável e alinhada a padrões reconhecidos internacionalmente.

2.2 Business Process Management (BPM)

Business Process Management (BPM) é a disciplina que organiza a empresa “por processos”, ou seja, os fluxos de atividades interfuncionais que entregam valor a clientes e demais partes interessadas. Isso ocorre por meio de um ciclo de vida contínuo, que modela, executa, monitora e melhora esses fluxos para desempenho, conformidade e aprendizado organizacional. Na prática, o BPM combina três planos: (i) gestão (governança de processos, papéis como *process owner*, indicadores e metas), (ii) engenharia (descoberta, análise, redesenho e implementação de processos e regras) e (iii) tecnologia (motores de *workflow/BPMS*, integração de sistemas, mineração de processos, automação e analítica). Esse arranjo explica por que o BPM é frequentemente o “tecido conjuntivo” que liga estratégia, operações e governança (Campos & Carreiro, 2024; Moreira & Dallavalle, 2024).

O ciclo de vida do BPM tende a seguir um roteiro bem estabelecido: identificação e descoberta do processo (por documentação ou dados); modelagem (com padrões como BPMN) e análise de gargalos, riscos e regras; redesenho e priorização de mudanças; implementação (em sistemas, papéis e procedimentos); execução e monitoramento (coleta de eventos, indicadores de desempenho e conformidade); e, por fim, otimização com base em evidências. Em domínios intensivos em dados esse ciclo é cada vez mais orientado por dados, com mineração de processos extraíndo modelos e métricas a partir de logs reais, o que encurta a distância entre o processo desenhado e processo real (Dallagassa et al., 2022; Shafei et al., 2024).

Do ponto de vista sociotécnico, BPM não é apenas diagrama e sim uma mudança organizacional. A adoção de automação inteligente e de monitoramento preditivo exige competências por papel, desenho de feedback (clareza do racional, espaço de contestação) e supervisão humana explícita nos fluxos, fatores que influenciam diretamente a aceitação e a eficácia das soluções (Mayr et al., 2024; Wang et al., 2025). Por isso, a integração entre BPM e ISO/IEC 42001 é natural, visto que, o BPM fornece a arquitetura de processos e os pontos de controle onde a norma demanda evidências, enquanto a 42001 fornece a gramática de sistema de gestão (papéis, avaliação de riscos/impactos, documentação, monitoramento e melhoria) que transforma técnicas em provas auditáveis de governança (Elkhawaga et al., 2024; Grohs et al., 2025; Sun et al., 2024).



Para BPM, a principal implicação é que a ISO/IEC 42001 opera como uma gramática de governança a ser acoplada aos processos. Isso se materializa em mapeamentos diretos: processos críticos passam a ter inventário de sistemas de IA associado; modelos BPMN incorporam regras de conformidade e metadados; indicadores de processo são expandidos com KPIs de controle; tarefas e papéis incluem supervisão humana e canais de contestação; e o ciclo de melhoria contínua reúne auditorias de processo e revisões de AIA para ajustar limites, explicações e planos de resposta (Benraouane, 2024; Biroğul et al., 2025). Em organizações com PMO, esse arranjo se traduz em linhas de base e entregáveis de projeto: AIA e matriz de riscos no planejamento; critérios de explicabilidade, SLAs de controle e planos de teste na execução; painéis de auditoria e relatórios de eficácia no monitoramento; e descomissionamento controlado no encerramento (Bogucka et al., 2024; Gueorguiev, 2024).

Em síntese, o BPM é o veículo operativo para materializar IA responsável em processos: ele localiza onde inserir controles e explicações, como medir sua eficácia e quem responde por decisões e exceções. Ao acoplar o ciclo de vida do BPM ao SGIA da ISO/IEC 42001, organizações conseguem planejar, executar, verificar e melhorar a IA no próprio fluxo do trabalho, alinhando valor de negócio, conformidade e responsabilização. A Tabela 1 resume as convergências entre a ISO/IEC 42001 e o BPM.

Tabela 1. Resumo das Convergência entre a ISO/IEC 42001 e o BPM

ISO/IEC 42001	BPM	Referências
Governança: definição de papéis (Data Owner, Model Owner, Process Owner), fóruns decisórios, supervisão humana, ética e prestação de contas	Governança de processos: papéis como Process Owner, definição de indicadores, mecanismos de supervisão e instâncias de decisão	Benraouane (2024); Biroğul et al. (2025); Ricciardi Celsi & Zomaya (2025)
Gestão de riscos e impactos: matriz de riscos de IA, relatórios de AI Impact Assessment (AIA), planos de mitigação e monitoramento	Análise e redesenho de processos: identificação de riscos, modelagem BPMN com regras de conformidade, priorização de mudanças	Benraouane (2024); Bogucka et al. (2024); Ranjbar et al. (2024)
Operação do ciclo de vida (PDCA): controles desde design até descomissionamento, requisitos de dados, modelos, fornecedores, auditoria e explicabilidade	Ciclo de vida do BPM: descoberta, modelagem, execução, monitoramento e otimização; mineração de processos e controles proativos (conformidade checking)	Gueorguiev (2024a, 2024b, 2025); McIntosh et al. (2024); Weimer et al. (2025)
Avaliação de desempenho: monitoramento de indicadores, auditorias recorrentes, revisão de eficácia dos controles	Monitoramento e auditoria de processos: coleta de event logs, KPIs de conformidade e desempenho, auditorias habilitadas por process mining	McIntosh et al. (2024); Yatagha et al. (2024); Zerbino et al. (2018)
Melhoria contínua: tratamento de não conformidades, atualização de controles e processos com base em resultados de auditoria	Otimização de processos: ajustes baseados em métricas e feedback, realimentação do ciclo BPM para ganho de eficiência e compliance	Benraouane (2024); Gueorguiev (2024a)
Infraestrutura de suporte: governança de dados (metadados, qualidade, linhagem), competências e gestão do conhecimento	Tecnologia e dados no BPM: motores de workflow/BPMS, ontologias e glossários de processo, gestão de logs e mineração de processos	Benraouane (2024); Khazieva et al. (2024); Berti et al. (2024); Bliznak et al. (2024)
Proporcionalidade ao risco: controles e evidências devem escalar conforme criticidade e impacto do processo	Priorização de processos críticos: definição de processos-chave e níveis diferenciados de monitoramento e auditoria	Weimer et al. (2025); Botunac et al. (2024)

Fonte: Autor com base na literatura.



Em linhas gerais, a convergência se dá porque a ISO 42001 estrutura o que deve ser gerido e evidenciado ao longo do ciclo de vida da IA, enquanto o BPM define como esses requisitos podem ser inseridos nos fluxos organizacionais, garantindo explicabilidade, conformidade e otimização contínua.

3 METODOLOGIA

Este estudo seguiu os princípios metodológicos da revisão integrativa (Snyder, 2019). A revisão teve como objetivo identificar, organizar e analisar criticamente os principais desafios e oportunidades para o alinhamento entre práticas de BPM, mediadas por IA, e os requisitos da norma ISO/IEC 42001. Seguindo a orientação do PRISMA (Moher et al., 2015). A busca foi realizada nas bases Scopus e Web of Science, reconhecidas por sua cobertura interdisciplinar, indexação de periódicos relevantes para administração, engenharia de produção, ciência da informação e sistemas de informação (Tabela 2).

Tabela 2. String de Busca e Resultados

String	SCO ¹	WOS ¹
("process mining" OR "business process management") AND ("artificial intelligence" OR "machine learning" OR "deep learning") AND ("transparency" OR "explainability" OR "traceability" OR "governance" OR "risk management" OR "compliance")	21	21

Nota¹ foram aplicados os seguintes filtros na busca: busca no resumo, título e palavras-chave; apenas documentos do tipo artigo; e publicações entre 2015 e 2025.

O processo de seleção seguiu o fluxo PRISMA (Moher et al., 2015), composto pelas seguintes etapas:

- **Identificação:** 42 registros recuperados nas buscas automatizadas;
- **Triagem:** Exclusão de 13 referências duplicatas, restando 29 textos para leitura do título e resumo;
- **Elegibilidade/exclusão:** Após leitura do título e resumo foram excluídos da análise 7 textos considerados fora do escopo ou sem conexão clara com BPM, IA, governança ou conformidade, restaram 22 textos para leitura integral;
- **Inclusão final:** Restaram 22 estudos que foram incorporados à análise qualitativa.

Em síntese, a aplicação do protocolo PRISMA permitiu rigor no processo de seleção, resultando em um corpus final de 22 estudos que oferecem base para analisar os desafios, oportunidades e estratégias de alinhamento entre BPM, IA e os requisitos da ISO/IEC 42001.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise que segue foi organizada segundo recomendações de Bardin (2008). O corpus de estudos foi lido à luz das questões propostas. O percurso analítico assumiu o roteiro clássico de Bardin (pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados) porém, desde o início, orientado por categorias teóricas dedutivas, ou seja, desafios, oportunidades, estratégias, que foram sendo enriquecidas por categorias indutivas surgidos do próprio corpus de pesquisa.



4.1 Desafios para o alinhamento

Um primeiro bloco de desafios emerge no ponto de contato entre a literatura de explicabilidade aplicada a monitoramento preditivo de processos e a exigência de transparência, rastreabilidade e responsabilização esperadas pela ISO/IEC 42001. Os estudos que orbitam XAI em *Predictive Process Monitoring* (PPM) convergem para uma tese central: “explicar” no contexto de BPM não é apenas produzir artefatos de interpretabilidade, mas situar a explicação na semântica do processo, isto é, reconduzi-la a tarefas, atributos de caso, papéis e regras de negócio que façam sentido para operadores, gestores e auditores. Em termos práticos, um gradiente de “informatividade” da explicação aparece quando se comparam propostas que apenas expõem importâncias globais ou locais com aquelas que ancoram explicitamente a explicação no modelo de processo e nos caminhos efetivamente seguidos pelos casos.

A contribuição de El-khawaga et al. (2022) propõe um arcabouço empírico para aplicar XAI em PPM, enfatizando que a utilidade da explicação aumenta quando ela é contextualizada em elementos do processo e quando sua estabilidade frente a alterações de dados e de configuração é avaliada de forma sistemática. Em paralelo, os autores exploram as fraturas informacionais que minam a confiabilidade de explicações no PPM, como lacunas de log, heterogeneidade semântica e proxies fracos, problemas que tornam explicações plausíveis do ponto de vista estatístico, porém frágeis enquanto instrumentos de tomada de decisão e prova em auditoria (Elkhawaga et al., 2022). Esses dois estudos dialogam estreitamente com a ISO/IEC 42001 na medida em que deslocam a ênfase de “mostrar” para “validar” a explicação: a norma indiretamente exige que transparência seja significativa para as partes interessadas e, portanto, verificável.

O passo seguinte, proposto por Elkhawaga et al. (2024), é “explicar a explicação”: a equipe desenvolve um método para avaliar a confiabilidade de diferentes técnicas de XAI aplicadas a PPM, evidenciando que explicações variam em fidelidade, estabilidade e utilidade percebida conforme dados, modelos e públicos. A implicação é dupla: primeiro, não há “uma” explicação suficiente em si; segundo, sem métricas padronizadas de qualidade da explicação – coerentes com perfis de usuário e criticidade do processo – a transparência se converte em retórica ou decorre de preferências subjetivas. Essa conclusão ressoa com a demanda da ISO/IEC 42001 por evidências de desempenho dos controles e por documentação de justificativas nas decisões de design.

Nesse esforço de ligar a explicabilidade à semântica do processo, abordagens “white-box” e baseadas em modelos de processo oferecem uma alternativa que reduz o fosso entre “como o modelo funciona” e “como o processo funciona”. Verenich et al. (2019) demonstram que previsões de desempenho ancoradas em modelos de processo favorecem a compreensão causal e a justificabilidade de resultados, ainda que exijam disciplina na atualização do modelo frente a mudanças operacionais. De modo complementar, Maita et al. (2025) avaliam um framework que utiliza o modelo de processo como espinha dorsal da interpretabilidade no PPM, sugerindo que a legibilidade para especialistas aumenta quando as explicações se referem a elementos e regras formalizadas no próprio processo. Em ambos os casos, o ganho de auditabilidade vem acompanhado de um custo de manutenção: quando processos evoluem e logs se transformam, as explicações precisam ser regovernadas, ou seja, versionadas, testadas e revalidadas, o que aproxima a explicabilidade do campo de gestão do ciclo de vida, tópico caro à ISO/IEC 42001.



Quando entram em cena arquiteturas profundas, notadamente as RNNs aplicadas à mineração de processos, a tensão entre performance e legibilidade se agudiza. A abordagem baseada em grafos para interpretar RNNs, mostra que é possível reduzir a opacidade por meio de representações intermediárias que capturam dependências temporais e padrões sequenciais (Hanga et al., 2020). Essa trilha não contraria a aposta “white-box” de Verenich et al. (2019), mas a complementa: quando a complexidade do fenômeno exige modelos mais expressivos, camadas interpretativas coerentes com o domínio podem recuperar parte da inteligibilidade e compor uma narrativa auditável para fins de governança.

O segundo feixe de desafios reside na governança e qualidade de dados de processo, a infraestrutura silenciosa sem a qual explicabilidade, conformidade e auditoria permanecem frágeis. A revisão de Bliznak et al. (2024) sistematiza práticas contemporâneas de governança de dados e expõe lacunas frequentes em metadados, catálogos, linhagem e métricas de qualidade, problemas que, transpostos a logs de eventos, se convertem em obstáculos à rastreabilidade e à reprodutibilidade de análises. Essa agenda institucional encontra eco no trabalho de Cicu (2024), que propõe um “*AI Corporate Design*” para calar a governança de IA na governança corporativa, com mandatos decisórios e responsabilidades explícitos, sob pena de a organização produzir controles sem dono e explicações sem legitimidade. Ao cruzar esses argumentos com os resultados de Sun et al. (2024), que tratam de compliance em tempo de desenho com base em informação semântica multi-granular, percebe-se que o gargalo não é apenas técnico: é semântico-organizacional. Sem repositórios semânticos vivos, como glossários de processo, ontologias internas e catálogos de regras versionados, as promessas de validação prévia de conformidade e de explicabilidade orientada a processo perdem tração.

No plano técnico dos dados, *object-centric event logs* capturam melhor realidades processuais com múltiplas entidades interagindo, mas trazem o desafio de extrair atributos estáveis e de preservar coerência semântica ao longo do tempo (Berti et al., 2024). Em outras palavras, quanto mais representamos a complexidade real, mais exigimos da governança. Em aplicações setoriais, a literatura confirma essa intuição, em saúde (Dallagassa et al., 2022; Shafei et al., 2024) e no setor público (Nai et al., 2025) sugerem que enriquecimento de logs é um passo crítico e oneroso, mas condição de possibilidade para detecção de riscos com significado. O denominador comum é inequívoco: semântica governada é o que liga dado a regra, processo a evidência.

O terceiro conjunto de desafios concentra-se na conformidade dinâmica – traduzir normas e políticas em regras computáveis eficazes no desenho, na execução e na auditoria. Existem ganhos de auditoria habilitada por mineração de processos, mas existem fronteiras de ambiguidade regulatória, exceções legítimas e dados incompletos que geram erros de classificação e risco reputacional se não forem governados (Zerbino et al., 2018). Grohs et al. (2025) deslocam a discussão para o conformidade proativo, no qual desvios são previstos e podem ser mitigados antes de se materializarem. A promessa é promissora, mas cria um problema de desenho de controle: calibrar sensibilidade e precisão para evitar fadiga de alertas e comportamentos disfuncionais (“*gaming the metric*”), além de exigir pactos de tempo de resposta e responsabilização. Sun et al. (2024), por sua vez, sugerem uma mitigação “a montante”: avaliar conformidade no design com base em semântica formal. É um caminho custo-efetivo quando a organização já dispõe de repositórios semânticos e disciplina de modelagem; caso contrário, a porta de entrada realista pode ser a auditoria recorrente e o conformidade preditivo



com laços de aprendizagem. O corpus, lido em conjunto, sugere complementaridade entre as três camadas; a divergência entre estudos é de ênfase e maturidade organizacional, não de finalidade.

Por fim, há um bloco de desafios evidentemente sociotécnicos. Mayr et al. (2024) investigam determinantes de adoção de automação inteligente, destacando que capacidades digitais, percepção de valor, integração com processos existentes e competências são determinantes críticos para a absorção de soluções de IPA/PPM. Wang et al. (2025), analisando a aceitação de feedback de IA versus supervisão humana, mostram como legitimidade e justiça percebida modulam atitudes em contextos de BPM, e como desenho de feedback (clareza do racional, indicação da origem e espaço de contestação) influencia significativamente a aceitação. Quando esses achados encontram a advertência de Fahland et al. (2025) sobre persuasão sem prova em LLMs, o desenho de supervisão humana com papéis, tempos e trilhas de revisão definidas deixa de ser um detalhe regulatório para se tornar uma condição de eficácia.

4.2 Oportunidades para adoção

Se os desafios definem o contorno do problema, as oportunidades revelam as alavancas já disponíveis para construir o alinhamento BPM-IA e ISO/IEC 42001. A primeira e mais clara oportunidade está na explicabilidade ancorada no processo. O diálogo entre El-khawaga et al. (2022; 2024) e Maita et al. (2025) converge para a afirmação de que explicações referenciadas a elementos do processo (atividades, atributos de caso, gateways e papéis) aumentam simultaneamente aceitabilidade e auditabilidade, sobretudo quando acompanhadas de métricas de qualidade. Verenich et al. (2019) reforçam esse ponto ao demonstrar que abordagens baseadas em modelos de processo produzem justificativas intrinsecamente mais legíveis, ajudando a transformar a transparência em prova - um valor decisivo num SGIA. Em conjunto, esses trabalhos autorizam uma proposta concreta: padronizar *templates* de explicação em BPM e instituir indicadores de qualidade da explicação por papel, de modo a alinhar expectativas e operacionalizar a transparência exigida pela ISO/IEC 42001.

A segunda oportunidade reside em organizar controles de conformidade em camadas. Os resultados de Grohs et al. (2025) em conformidade preditivo mostram que a prevenção reduz custos de não conformidade e abre espaço para acordos de serviço de controle (tempos de resposta, critérios de escalonamento e responsabilidades) enquanto Sun et al. (2024) demonstram que conformidade no desenho é mais custo-efetiva quando a semântica está madura. As contribuições de Zerbino et al. (2018) lembram que auditoria pós-evento permanece essencial tanto para garantia quanto para melhoria contínua. Em vez de alternativas excludentes, o corpus sugere uma arquitetura integrada: *design-time* para prevenir, *run-time* para vigiar e orientar, *post-hoc* para aprender e ajustar.

A terceira oportunidade, recorrente em múltiplos estudos, coloca a governança de dados de processo como pino mestre do alinhamento. A revisão de Bliznak et al. (2024) compila práticas e frameworks que, adaptados ao contexto de logs de eventos, sustentam catálogos e metadados ricos, linhagem explícita, políticas de qualidade e modelos de acesso, todos eles pilares de rastreabilidade e responsabilização. Cicu (2024) adiciona a dimensão institucional: arranjos de governança corporativa que deem mandato e legitimidade à governança de IA, evitando o vazio de custódia. Casos práticos como Nai et al. (2025), com enriquecimento de logs em compras públicas, mostram o impacto



direto da governança sobre a capacidade de detecção de riscos e a consistência de evidências em ambientes regulados.

As oportunidades não se esgotam no desenho técnico. Mayr et al. (2024) mapeiam determinantes de adoção que, articulados às práticas acima, viram um roteiro pragmático: começar por processos com maior prontidão digital, investir em capacitação por papéis, reduzir atritos de integração e construir patrocínio com provas de valor em risco e conformidade. Wang et al. (2025) acrescentam o componente comportamental: design do feedback e clareza de consequências aumentam a aceitação de recomendações geradas por IA. E, no pano de fundo, Moreira e Dallavalle (2024) fornecem um mapa bibliométrico do campo de BPM que ajuda a posicionar o esforço de alinhamento em relação a tendências, vazios e possibilidades de difusão. Nesse espírito de síntese, Martino et al. (2025) propõem um framework dirigido por conhecimento para BPM aumentado por IA, aproximando explicabilidade de compartilhamento ágil de conhecimento, justamente a gramática organizacional que a ISO/IEC 42001 valoriza quando pede melhoria contínua e lições aprendidas.

4.3 Estratégias para integração

A partir do diálogo entre os estudos, é possível delinear uma gramática de implementação que não é um catálogo de ferramentas, mas um encadeamento de decisões coerente com as exigências de um SGIA e com a prática do BPM. A primeira decisão versa sobre qual transparência buscamos. Alguns achados combinados indicam que a transparência eficaz é dupla: técnica, quando esclarece como o modelo chegou à saída, e operacional, quando explica o que fazer com a informação, em linguagem de processo (El-khawaga et al., 2022; Elkhawaga et al., 2024; Hanga et al., 2020; Maita et al., 2025; Verenich et al., 2019). Tornar essa dupla transparência realizável implica padronizar explicações ancoradas em elementos do processo, avaliar sua fidelidade e estabilidade e testá-las com públicos específicos. Nos contextos em que LLMs podem mediar a comunicação, a estratégia que emerge de Fahland et al. (2025) é usar tais modelos como interfaces explicativas condicionadas: respostas ancoradas em artefatos verificáveis (modelo BPMN, log governado) e cercadas por checagens automáticas e revisão humana.

A segunda decisão estratégica consiste em posicionar controles de conformidade onde são mais eficazes, considerando a maturidade de modelagem e a governança semântica disponível. É possível também uma arquitetura em camadas. No desenho, formalizar vocabulário, regras e restrições de modo a permitir validação prévia; na execução, empregar PPM para conformidade proativo, com limiares calibrados e explicações acopladas a alertas; após a execução, instituir auditorias periódicas com mineração de processos e amostragens independentes. A divergência entre os estudos está em qual camada priorizar; a síntese pragmática é começar onde a organização consegue atuar com qualidade e evoluir em direção à prevenção conforme a semântica se estrutura (Grohs et al., 2025; Sun et al., 2024; Zerbino et al., 2018).

A terceira decisão recoloca a governança de dados de processo no centro. Com base em Bliznak et al. (2024) e Cicu (2024), o alinhamento exige um catálogo de logs com metadados completos, linhagem do evento à métrica, políticas de qualidade e acesso e papéis explícitos (Data Owner, Data Steward, Model Owner). Estudos aplicados, como Nai et al. (2025) em compras públicas e os trabalhos



em saúde de Dallagassa et al. (2022) e Shafei et al. (2024), mostram que o investimento nessa infraestrutura retorna em redução de desvios, aceleração de auditorias e prova de conformidade. A governança também ganha um contorno técnico: curadoria semântica e versionamento para logs centrados em objetos, mitigando o risco de quebra de features ao longo do tempo (Berti et al., 2024).

A quarta decisão é tratar ciclo de vida como objeto de gestão. Maita et al. (2025) e Verenich et al. (2019) sugerem que modelos e explicações devem ser versionados, monitorados e aposentados conforme critérios explícitos; Berti et al. (2024) lembram que mudanças semânticas nos logs exigem revalidações tanto de modelos quanto de artefatos explicativos. Em termos de ISO/IEC 42001, isso significa definir planos de re-treino e validação periódica, detecção de drift, testes de regressão para explicações e documentação replicável de mudanças.

A quinta decisão reintroduz o fator humano como eixo da eficácia. Mayr et al. (2024) demonstram que adoção é determinada por variáveis organizacionais controláveis; Wang et al. (2025) mostram que design do feedback e clareza de consequências modulam aceitação; Fahland et al. (2025) lembram que textualizar não é suficiente se não houver prova e mecanismos de contestação. A estratégia, então, é instituir canais de revisão humana, capacitar por papéis e explicitar responsabilidades e tempos de resposta para alertas e recomendações, de modo que o SGIA não seja apenas uma camada tecnológica, mas um arranjo sociotécnico governável.

Por último, uma estratégia transversal aparece no trabalho de Martino et al. (2025): gestão do conhecimento como amortecedor organizacional. Ao aproximar explicabilidade de compartilhamento ágil de conhecimento, o framework proposto encoraja a criação de *playbooks*, *checklists* e repositórios de padrões que codificam lições aprendidas e aceleram a replicação de controles explicáveis e auditáveis. Moreira e Dallavalle (2024) ajudam a posicionar tais práticas num panorama em que a difusão de BPM e automação inteligente segue em expansão, o que reforça a necessidade de padrões internos para preservar consistência à medida que novas soluções são incorporadas. A Tabela 3 sintetiza os principais achados relacionados aos desafios, oportunidades e estratégias identificadas análise da revisão integrativa.

Tabela 3. Desafios, Oportunidades e Estratégias Identificadas

Categorias	Desafios	Oportunidades	Estratégias	Referências
Categorias a priori				
Governança	Silos entre TI/processos/compliance; papéis e responsabilidades pouco claros; aceitação/legitimidade	Reforço de accountability, confiança e legitimidade institucional	Definir Process/Data/Model Owner; fóruns decisórios; supervisão humana explícita; código de ética e trilhas de contestação	(Benraouane, 2024; Biroğul et al., 2025; Cicu, 2024; Ricciardi Celsi & Zomaya, 2025; Wang et al., 2025)
Gestão de riscos e impactos	Falta de templates padronizados; sobreposição regulatória; lacunas de evidências	Documentação estruturada de risco; portfólio preventivo de controles	AIA com propósito, contexto, dados, riscos, mitigação e plano de monitoramento; matriz de risco ligada a controles de processo	(Benraouane, 2024; Bogucka et al., 2024; Botunac et al., 2024; McIntosh et al., 2024; Weimer et al., 2025)
Operação do ciclo de vida (PDCA)	Integração IA/BPM; gestão de mudanças; drift de dados/modelos; gestão de fornecedores	Encadear controles do design ao descomissionamento com rastreabilidade	PDCA aplicado ao SGIA; SLAs de controle; regras de conformidade no design; monitoramento em execução; auditoria post-hoc; planos de retreino	(Grohs et al., 2025; Gueorguiev, 2024, 2025; Sun et al., 2024; Zerbino et al., 2018)



Categorias	Desafios	Oportunidades	Estratégias	Referências
Avaliação de desempenho e auditoria	KPIs significativos para transparência; pipelines em tempo real; auditabilidade de modelos profundos	Auditoria contínua; dashboards de conformidade e eficácia	KPIs (precisão/recall, latência, falsos alertas, estabilidade da explicação); logging auditável; mineração de processos com amostragem	(Elkhawaga et al., 2024; McIntosh et al., 2024; Weimer et al., 2025; Zerbino et al., 2018)
Melhoria contínua	Versionamento de modelos e explicações; custo de manutenção com processos dinâmicos	Learning loops e playbooks; redução de desvios ao longo do tempo	MLOps + ProcessOps; testes de regressão de modelo/explicação; lições aprendidas e padrões internos	(Maita et al., 2025; Martino et al., 2025; Verenich et al., 2019)
Infraestrutura de suporte	Metadados e linhagem insuficientes; complexidade de OCEL; interoperabilidade	Rastreabilidade forte; reuso e qualidade analítica	Catálogo e linhagem de dados; OCEL; ontologias/glossários; repositórios de conhecimento e padrões	(Berti et al., 2024; Bliznak et al., 2024; Dallagassa et al., 2022; Khazieva et al., 2024; Nai et al., 2025; Shafei et al., 2024)
Proporcionalidade ao risco	Escalonar governança em processos de alto volume/velocidade; calibração de controles	Camadas de controle por criticidade; foco em "onde dói"	Tiering de risco; SLAs de controle; avaliações automatizadas e periódicas de risco/impacto	(Botunac et al., 2024; McIntosh et al., 2024; Weimer et al., 2025)
Categorias a posteriori				
Explicabilidade ancorada no processo	Caixas-pretas; explicações não situadas no processo; instabilidade das explicações	Aumento de aceitabilidade e auditabilidade quando a explicação referencia BPMN, tarefas, papéis e caminhos	XAI ligado a elementos do processo; white-box + camadas interpretativas; métricas de fidelidade/estabilidade; LLM como interface explicativa com grounding	(El-khawaga et al., 2022; Elkhawaga et al., 2024; Fahland et al., 2025; Hanga et al., 2020; Maita et al., 2025; Verenich et al., 2019)
Conformidade dinâmica em camadas	Fadiga de alertas; ambiguidade regulatória; exceções legítimas	Prevenção de violações; resposta mais rápida e aprendizagem organizacional	Design-time compliance semântica; conformidade preditivo em execução; auditorias periódicas com process mining e escalonamento claro	(Grohs et al., 2025; Sun et al., 2024; Zerbino et al., 2018)
Adoção e fatores sociotécnicos	Resistência, lacunas de competências, justiça/legitimidade percebidas	Maior aceitação e clareza de responsabilização	Capacitação por papéis; desenho do feedback (clareza, origem, consequências); canais de contestação e human-in-the-loop	(Benraouane, 2024; Cicu, 2024; Mayr et al., 2024; Wang et al., 2025)
Setores e casuística	Semânticas setoriais; privacidade; custo de enriquecimento de logs	Melhoria de qualidade/segurança e detecção de riscos	Enriquecimento de logs; ontologias de domínio; mineração de processos privacy-aware	(Dallagassa et al., 2022; Nai et al., 2025; Ranjbar et al., 2024; Shafei et al., 2024)
Técnicas e engenharia de	Estabilidade de atributos; drift; proxies fracos	Melhor desempenho com interpretabilidade maior	Features por grafos em OCEL; governança de features; recomendação de variáveis	(Berti et al., 2024; El-khawaga et al., 2022; Qafari & van der Aalst, 2022)

Fonte: Autor com base na literatura.

5 DISCUSSÃO

Essa seção interpreta os achados à luz da literatura e das três questões de pesquisa propostas, identificando convergências, tensões e avanços conceituais entre BPM mediado por IA e os requisitos da ISO/IEC 42001.

5.1 Convergências

Primeiro, a leitura do corpus confirma a centralidade da governança e do PDCA como linguagem comum entre BPM e ISO 42001. A norma pede papéis, responsabilidades, avaliação de riscos/impactos e melhoria contínua (Benraouane, 2024; Biroğul et al., 2025), enquanto o BPM oferece o encadeamento operacional para materializar esses controles (Campos & Carreiro, 2024; Moreira



& Dallavalle, 2024). Os trabalhos de Gueorguiev (2024, 2025) sustentam o uso do ciclo PDCA e da abordagem por processos como ponte prática para integrar um SGIA ao sistema de gestão já existente, o que dialoga diretamente com nossa síntese de compliance em camadas.

Segundo, os achados corroboram a ênfase da literatura em explicabilidade situada no processo. Em XAI para PPM, a utilidade da explicação cresce quando ela é ancorada em BPMN, tarefas, atributos de caso e papéis (El-khawaga et al., 2022; Elkhawaga et al., 2024; Maita et al., 2025). Essa conclusão converge com abordagens *white-box* baseadas em modelos de processo (Verenich et al., 2019) e com mecanismos de interpretação de redes profundas (Hanga et al., 2020). Também está alinhada à ISO 42001, que exige transparência significativa para as partes interessadas e evidências de desempenho dos controles (Benraouane, 2024).

Terceiro, a literatura sustenta a arquitetura de conformidade em camadas que emergiu na análise: prevenção no desenho (Sun et al., 2024), monitoramento e conformidade preditivo em execução (Grohs et al., 2025) e auditoria pós-evento com mineração de processos (Zerbino et al., 2018). Os estudos mostram que essas camadas não são substitutas, mas complementares, e seu uso deve respeitar a maturidade semântica e a criticidade do processo, ponto coerente com o princípio de proporcionalidade ao risco da ISO 42001 (Weimer et al., 2025).

Quarto, os achados convergem com a literatura sobre governança de dados de processo como infraestrutura de valor, não só requisito técnico. Revisões de governança de dados (Bliznak et al., 2024) e trabalhos sobre logs centrados em objetos (OCEL) e engenharia de atributos (Berti et al., 2024) reforçam que metadados, linhagem, ontologias e qualidade são condições para rastreabilidade e reprodutibilidade, pilares da norma. Evidências setoriais (Dallagassa et al., 2022; Nai et al., 2025; Shafei et al., 2024) confirmam que enriquecimento e semântica governada melhoram conformidade e valor analítico. Há acordo com estudos que tratam da dimensão sociotécnica. Fatores de adoção (Mayr et al., 2024) e aceitação de feedback (Wang et al., 2025) explicam por que papéis claros, treinamento por funções e desenho de feedback auditável aumentam a eficácia dos controles, um requisito prático para que a governança prevista na ISO 42001 seja operável no dia a dia.

5.2 Tensões

A primeira tensão é o trade-off performance/explicabilidade. Embora modelos profundos tenham alto desempenho, sua opacidade exige camadas interpretativas ou a adoção de abordagens *white-box* quando o risco demanda justificabilidade forte (Hanga et al., 2020; Verenich et al., 2019). A síntese avança ao propor a "dupla transparência": técnica (como o modelo chegou ao resultado) e operacional (o que fazer com a informação no processo). A literatura trata esses pontos separadamente; colocá-los juntos como requisito de desenho de controle amplia o debate e o aproxima dos critérios de auditoria da ISO 42001 (Elkhawaga et al., 2024; Maita et al., 2025).

A segunda tensão é semântica: os ganhos de conformidade no desenho pressupõem vocabulário de regras e ontologias vivas (Sun et al., 2024), mas muitos contextos apresentam heterogeneidade de logs, proxies fracos e lacunas (Bliznak et al., 2024; Elkhawaga et al., 2022). Ao insistir que governança semântica é "pino mestre" para explicabilidade e compliance, os achados explicitam uma pré-condição nem sempre operacionalizada na literatura aplicada.



A terceira tensão envolve LLMs como interfaces explicativas. O estudo de Fahland et al. (2025) alerta que fluência textual pode gerar confiança indevida. A análise converte isso em requisito: se LLMs forem usados, devem operar com *grounding* em modelos de processo e logs, checagens automáticas e revisão humana. Esse encaixe sociotécnico, ausente em muitas implementações, aproxima a prática dos princípios de verificação e prestação de contas da norma. Persiste a lacuna sobre como operacionalizar a proporcionalidade ao risco em ambientes de alto volume e variação. A literatura aponta caminhos (McIntosh et al., 2024; Weimer et al., 2025), mas faltam protocolos replicáveis para “tiering” de processos e SLAs de controle integrados ao BPM. Os achados sugerem que o BPM é o veículo natural para isso (orquestrando papéis, métricas e rotinas), mas a investigação empírica ainda é insuficiente.

A Tabela 4 propõe um framework teórico estruturado em três eixos: (i) governança e transparência, que conferem legitimidade e rastreabilidade; (ii) infraestrutura técnica e semântica, que garante explicabilidade e conformidade dinâmica; e (iii) dimensão sociotécnica, que assegura aceitação, aprendizado e melhoria contínua.

Tabela 4. Framework Teórico: Alinhamento entre BPM, IA e ISO/IEC 42001

Dimensão	Conceito Central	Elementos-Chave	Alinhamento
Governança e Responsabilidade	Estrutura organizacional e ética que define papéis, responsabilidades e mecanismos de supervisão humana.	Process Owner, Data Owner, Model Owner; comitês de decisão; trilhas de contestação; código de ética.	Assegura accountability e legitimidade no uso da IA; conecta governança algorítmica à gestão de processos e aos controles da ISO 42001.
Gestão de Riscos e Conformidade	Identificação e mitigação de riscos técnicos, éticos e regulatórios no ciclo de vida da IA.	AI Impact Assessment (AIA), matriz de riscos, controles proporcionais ao impacto, auditorias periódicas.	Permite o monitoramento contínuo da conformidade e a integração de controles preventivos, operacionais e retrospectivos.
Explicabilidade Acorada no Processo	Capacidade de a IA justificar suas decisões de forma compreensível e contextualizada em BPM.	XAI contextualizada em BPMN; explicações por papéis e tarefas; LLMs com grounding em logs de processo.	Transforma a transparência em evidência auditável e garante significância para operadores, gestores e auditores.
Governança de Dados de Processo	Gestão semântica e técnica dos dados que alimentam sistemas de IA e BPM.	Metadados, linhagem, ontologias, qualidade de logs, OCEL, catálogos de dados.	Fornecer base para rastreabilidade e reprodutibilidade, sustentando a integridade da explicabilidade e da auditoria.
Conformidade Dinâmica em Camadas	Implementação de controles adaptativos ao longo do ciclo de vida do processo.	Design-time, run-time e post-hoc compliance; mineração de processos; feedback loops.	Reduz riscos e permite resposta rápida a desvios, alinhando BPM ao princípio de proporcionalidade ao risco da ISO 42001.
Capacidades Sociotécnicas e Adoção	Condições humanas e organizacionais que determinam a eficácia da integração IA-BPM.	Competências digitais, percepção de justiça, desenho de feedback, human-in-the-loop.	Garante aceitação e efetividade dos sistemas de IA, tornando a governança operável e socialmente legítima.
Melhoria Contínua e Aprendizado Organizacional	Estrutura de aprendizado cíclico baseada em auditorias, métricas e gestão do conhecimento.	Playbooks, versionamento de modelos e explicações, ProcessOps/MLOps.	Sustenta a evolução do SGIA e promove a incorporação de lições aprendidas e padrões replicáveis.

Fonte: Autor com base na literatura.



Três contribuições se destacam: (i) um mapeamento operacional ISO 42001 e BPM que traduz “o que provar” (norma) em “como provar” (processo), com ênfase em explicabilidade ancorada no processo e compliance em camadas, síntese dispersa na literatura; (ii) a proposição da dupla transparência como critério de desenho de controle, articulando XAI à semântica de processo e aos papéis organizacionais requeridos pela norma (operador, gestor, auditor); (iii) a elevação da governança semântica de logs de eventos ao status de infraestrutura estratégica, ligando OCEL, ontologias e linhagem a evidências auditáveis e à melhoria contínua, ponto que conecta revisões de dados (Bliznak et al., 2024), engenharia de logs (Berti et al., 2024) e gestão do conhecimento (de Borba, 2021; Khazieva et al., 2024; Martino et al., 2025).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo partiu de três questões de pesquisa. QP1 indagou quais são os principais desafios para alinhar práticas de BPM mediadas por IA à ISO/IEC 42001; QP2 perguntou que oportunidades emergem dessa convergência; QP3 investigou estratégias factíveis para integrar requisitos da norma aos fluxos de processo. A partir de uma revisão integrativa, as questões foram respondidas na Tabela 3 ao sistematizar evidências em torno de três eixos: (i) desafios: explicabilidade situada no processo, governança e semântica de dados de processo, e conformidade dinâmica em camadas com condicionantes sociotécnicos; (ii) oportunidades: templates de explicação ancorados em BPMN e logs de eventos, desenho de controles preventivos/operacionais/retrospectivos, e institucionalização da governança de dados como infraestrutura de valor; e (iii) estratégias: encadeamento prático que inclui papéis e fóruns (*Process/Data/Model Owner*), AIA padronizado, compliance em camadas (design, run, post), catálogos e linhagem de logs, *MLOps/ProcessOps* com versionamento de modelos e explicações, *human-in-the-loop* e uso condicionado de LLMs com *grounding* e revisão humana.

O objetivo foi identificar, categorizar e analisar criticamente desafios, oportunidades e estratégias para o alinhamento entre BPM, IA e ISO/IEC 42001. Esse objetivo foi alcançado ao: (1) mapear uma ponte operacional entre a gramática de gestão da norma (governança, risco, evidências, melhoria) e a arquitetura de execução do BPM (modelagem, monitoramento, mineração de processos, indicadores); (2) propor o constructo de “dupla transparência” – técnica (como o modelo decide) e operacional (o que fazer no processo) – como critério para explicabilidade útil e auditável; e (3) organizar um roteiro de implementação que posiciona controles conforme maturidade semântica e criticidade do processo, em coerência com o princípio de proporcionalidade ao risco da ISO/IEC 42001.

Em relação às contribuições teóricas, três aportes se destacam. Primeiro, a articulação sistemática ISO 42001 e BPM, que traduz “o que deve ser provado” (norma) em “como provar” no fluxo de trabalho (processo). Segundo, a noção de dupla transparência como requisito de desenho de controle, conectando XAI, semântica de processo e papéis organizacionais (operador, gestor, auditor). Terceiro, a elevação da governança semântica de logs de eventos (metadados, linhagem, ontologias; inclusive para OCEL) ao status de condição para rastreabilidade, reprodutibilidade e aprendizagem organizacional.

Em relação às contribuições práticas, o artigo oferece um checklist gerencial para implementação: (a) instituir papéis e comitês com SLAs de controle e canais de contestação; (b) padronizar AIA e



conectar riscos a controles e evidências de processo; (c) adotar compliance em camadas (validação semântica no design, PPM/conformidade preditivo na execução, auditorias periódicas com mineração de processos); (d) manter catálogos/linhagem de dados de processo e ontologias/glossários vivos; (e) operar MLOps/ProcessOps com versionamento e testes de regressão de modelos e explicações; (f) treinar por papéis e desenhar feedbacks explicáveis; e (g) quando aplicável, usar LLMs apenas como interfaces explicativas condicionadas, com grounding em BPMN/logs e revisão humana.

As contribuições sociais e regulatórias podem ser obtidas nas recomendações de transparência significativa para as partes interessadas e a conformidade auditável por evidências, o alinhamento proposto fortalece confiança, accountability e proteção de direitos (privacidade, não discriminação) em setores críticos (saúde, finanças, setor público). A ISO/IEC 42001 é posicionada como organizador da conformidade multirregulatória, por meio de matrizes obrigação, controle e evidência, e de escalonamento de controles por criticidade.

O artigo também apresenta limitações, tais como: (1) a síntese baseia-se em revisão integrativa com recorte temporal (2015–2025) e idioma (inglês/português), sem meta-análise quantitativa; (2) a heterogeneidade de métodos e domínios pode introduzir viés de publicação/setorial; (3) além disso, a análise recorre primordialmente a literatura científico-técnica e secundária sobre a norma, o que pode limitar a captura de nuances presentes em auditorias reais e documentos proprietários; e (4) não foi avaliada a efetividade causal das estratégias em testes de campo controlados.

O presente trabalho ainda propõe cinco trilhas de agenda de pesquisas futuras: (1) métricas padronizadas de qualidade da explicação por papel e nível de risco (fidelidade, estabilidade, utilidade) e seus efeitos na decisão; (2) estudos experimentais que comparem arquiteturas de compliance em camadas (design/run/post) quanto a custo de não conformidade, tempo de resposta e segurança operacional; (3) análises de custo-benefício e governança de OCEL e enriquecimento de logs em contextos regulados; (4) protocolos e limites de uso para LLM *grounded explainability* (checagens automáticas, verificação factual, revisão humana) no BPM; e (5) modelos de tiering de risco e SLAs de controle integrados ao ciclo de vida do BPM, incluindo guias setoriais (saúde, finanças, administração pública) e interações com marcos regulatórios emergentes.

Por fim, os resultados indicam que governar IA pelo processo é a chave: a ISO/IEC 42001 define o que deve ser gerido e evidenciado; o BPM mostra como incorporar isso ao trabalho real. Quando explicabilidade é ancorada no processo, a conformidade opera em camadas e os dados de processo são governados com semântica e linhagem, a organização transforma inovação em valor responsável, auditável e sustentável.

REFERÊNCIAS

- Banerjee, A., Kabadi, S., & Karimov, D. (2023). The Transformative Power of AI: Projected Impacts on the Global Economy by 2030. *Review of Artificial Intelligence in Education*, 4(00), e020. <https://doi.org/10.37497/rev.artif.intell.educ.v4i00.20>
- Bardin, L. (2008). *Análise De Conteúdo*. Edições, 70.
- Benraouane, S. A. (2024). AI Management System Certification According to the ISO/IEC 42001 Standard: How to Audit, Certify, and Build Responsible AI Systems. Em *AI Management System Certification According to the*



- ISO/IEC 42001 Standard: How to Audit, Certify, and Build Responsible AI Systems. Taylor and Francis. <https://doi.org/10.4324/9781003463979>
- Berti, A., Herforth, J., Qafari, M. S., & van der Aalst, W. M. P. (2024). Graph-based feature extraction on object-centric event logs. Em *INTERNATIONAL JOURNAL OF DATA SCIENCE AND ANALYTICS* (V. 18, Número 2, p. 139–155). SPRINGER NATURE. <https://doi.org/10.1007/s41060-023-00428-2>
- Biroğul, S., Şahin, Ö., & Əsgərli, H. (2025). Exploring the Impact of ISO/IEC 42001:2023 AI Management Standard on Organizational Practices. *Advances in Artificial Intelligence Research*, 5(1), 14–22. <https://doi.org/10.54569/air.1709628>
- Bliznak, K., Munk, M., & Pilkova, A. (2024). A Systematic Review of Recent Literature on Data Governance (2017–2023). Em *IEEE ACCESS* (V. 12, p. 149875–149888). IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3476373>
- Bogucka, E., Constantinides, M., Scepanovic, S., & Quercia, D. (2024). Co-designing an AI Impact Assessment Report Template with AI Practitioners and AI Compliance Experts. *Proceedings of the seventh Aai/Acm Conference On Ai, Ethics, And Society, AIES 2024*, 168–180.
- Botunac, I., Parlov, N., & Bosna, J. (2024). Opportunities of Gen AI in the Banking Industry with regards to the AI Act, GDPR, Data Act and DORA. Em *2024 13th Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO 2024*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/MECO62516.2024.10577936>
- Campos, D., & Carreiro, F. D. R. (2024). Compliance e gestão de riscos em tempos de inovação e disrupção digital. *Revista de Gestão e Secretariado*, 15(4), e3743. <https://doi.org/10.7769/gesec.v15i4.3743>
- Cicu, G. C. (2024). Bridging Traditional Corporate Governance and Technology: The 'AI Corporate Design' Framework to Computational Corporate Governance Model. Em *Italian Law Journal* (V. 10, Números 1–2, p. 345–362). Edizioni Scientifiche Italiane SpA.
- Dallagassa, M. R., Garcia, C. dos S., Scalabrin, E. E., Ioshii, S. O., & Carvalho, D. R. (2022). Opportunities and challenges for applying process mining in healthcare: A systematic mapping study. Em *JOURNAL OF AMBIENT INTELLIGENCE AND HUMANIZED COMPUTING* (V. 13, Número 1, p. 165–182). SPRINGER HEIDELBERG. <https://doi.org/10.1007/s12652-021-02894-7>
- Borba, D. (2021). *Um framework para implementação da gestão do conhecimento em instituições bancárias públicas no Brasil* [Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul]. <http://tede2.pucrs.br/tede2/handle/tede/10079>
- El-khawaga, G., Abu-Elkheir, M., & Reichert, M. (2022). XAI in the Context of Predictive Process Monitoring: An Empirical Analysis Framework. Em *ALGORITHMS* (V. 15, Número 6). MDPI. <https://doi.org/10.3390/a15060199>
- Elkhawaga, G., Abu-Elkheir, M., & Reichert, M. (2022). Explainability of Predictive Process Monitoring Results: Can You See My Data Issues? Em *APPLIED SCIENCES-BASEL* (V. 12, Número 16). MDPI. <https://doi.org/10.3390/app12168192>
- Elkhawaga, G., Elzeki, O. M., Abu-Elkheir, M., & Reichert, M. (2024). Why Should I Trust Your Explanation? An Evaluation Approach for XAI Methods Applied to Predictive Process Monitoring Results. Em *IEEE Transactions on Artificial Intelligence* (V. 5, Número 4, p. 1458–1472). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/TAI.2024.3357041>
- Fahland, D., Fournier, F., Limonad, L., Skarbovsky, I., & Swevels, A. J. E. (2025). How well can a large language model explain business processes as perceived by users? Em *Data and Knowledge Engineering* (V. 157). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.datak.2025.102416>
- Grohs, M., Pfeiffer, P., & Rehse, J.-R. (2025). Proactive conformance checking: An approach for predicting deviations in business processes. Em *INFORMATION SYSTEMS* (V. 127). PERGAMON-ELSEVIER SCIENCE LTD. <https://doi.org/10.1016/j.is.2024.102461>



- Gueorguiev, T. (2024). The Process Approach in Artificial Intelligence Management Systems. *2024 9th International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering (EE&AE)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/eeae60309.2024.10600591>
- Gueorguiev, T. (2025). An approach to integrate Artificial Intelligence in ISO 9001-based quality management systems. *Measurement: Sensors*, 38, 101787. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2024.101787>
- Hanga, K. M., Kovalchuk, Y., & Gaber, M. M. (2020). A Graph-Based Approach to Interpreting Recurrent Neural Networks in Process Mining. Em *IEEE ACCESS* (V. 8, p. 172923–172938). IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3025999>
- Joska Junior, J., Bertoldi, W. J., Santos, R. C. D., & Belli, R. F. (2023). Aplicação Da Inteligencia Artifical Numa Empresa Startup De Tecnologia. *Review of Artificial Intelligence in Education*, 4(00), e019. <https://doi.org/10.37497/rev.artif.intell.educ.v4i00.19>
- Khazieva, N., Paulikova, A., & Chovanova, H. H. (2024). Maximising Synergy: The Benefits of a Joint Implementation of Knowledge Management and Artificial Intelligence System Standards. *MACHINE LEARNING AND KNOWLEDGE EXTRACTION*, 6(4), 2282–2302. <https://doi.org/10.3390/make6040112>
- Maita, A. R. C., Fantinato, M., Peres, S. M., & Maggi, F. M. (2025). Interpretability in Predictive Process Monitoring Using Process Models: An Expert Evaluation of the VisInter4PPM Framework. Em *KUNSTLICHE INTELLIGENZ*. SPRINGER HEIDELBERG. <https://doi.org/10.1007/s13218-024-00878-1>
- Martino, D., Perlangeli, C., Grottoli, B., La Rosa, L., & Pacella, M. (2025). A Knowledge-Driven Framework for AI-Augmented Business Process Management Systems: Bridging Explainability and Agile Knowledge Sharing. Em *AI* (V. 6, Número 6). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ai6060110>
- Mayr, A., Stahmann, P., Nebel, M., & Janiesch, C. (2024). Still doing it yourself? Investigating determinants for the adoption of intelligent process automation. Em *ELECTRONIC MARKETS* (V. 34, Número 1). SPRINGER HEIDELBERG. <https://doi.org/10.1007/s12525-024-00737-9>
- McIntosh, T. R., Susnjak, T., Liu, T., Watters, P., Xu, D., Liu, D., Nowrozy, R., & Halgamuge, M. N. (2024). From COBIT to ISO 42001: Evaluating cybersecurity frameworks for opportunities, risks, and regulatory compliance in commercializing large language models. Em *Computers and Security* (V. 144). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2024.103964>
- Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P., & Stewart, L. A. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic Reviews*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.1186/2046-4053-4-1>
- Moreira, S. A. S., & Dallavalle, S. (2024). Unraveling the trends in business process management: A comprehensive bibliometric analysis of management and business literature. Em *Business Process Management Journal* (V. 30, Número 7, p. 2541–2563). Emerald Publishing. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-10-2023-0771>
- Nai, R., Sulis, E., Audrito, D., Trifiletti, V. M. S., Meo, R., & Genga, L. (2025). Leveraging process mining and event log enrichment in European public procurement analysis: A case study. Em *COMPUTER LAW & SECURITY REVIEW* (V. 57). ELSEVIER ADVANCED TECHNOLOGY. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2025.106144>
- Nelson, J., & Lin, C. (2025). Responsible AI System Development in Automotive Applications: A Framework. Em *SAE Technical Papers*. SAE International. <https://doi.org/10.4271/2025-01-8102>
- Qafari, M. S., & van der Aalst, W. M. P. (2022). Feature recommendation for structural equation model discovery in process mining. Em *PROGRESS IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE*. SPRINGER NATURE. <https://doi.org/10.1007/s13748-022-00282-6>
- Ranjbar, A., Mork, E. W., Ravn, J., Brøgger, H., Myrseth, P., Østrem, H. P., & Hallock, H. (2024). Managing Risk and Quality of AI in Healthcare: Are Hospitals Ready for Implementation? Em *Risk Management and Healthcare Policy* (V. 17, p. 877–882). Dove Medical Press Ltd. <https://doi.org/10.2147/RMHP.S452337>



- Ricciardi Celsi, L., & Zomaya, A. Y. (2025). Perspectives on Managing AI Ethics in the Digital Age. Em *Information (Switzerland)* (V. 16, Número 4). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/info16040318>
- Rybalko, P. (2024). The evolution of artificial intelligence: Problems and prospects of rational cognition. *Review of Artificial Intelligence in Education*, 5, e029. <https://doi.org/10.37497/rev.artif.intell.educ.v5i00.29>
- Shafei, I., Karnon, J., & Crotty, M. (2024). Process mining and customer journey mapping in healthcare: Enhancing patient-centred care in stroke rehabilitation. Em *DIGITAL HEALTH* (V. 10). SAGE PUBLICATIONS LTD. <https://doi.org/10.1177/20552076241249264>
- Silva, A. D. O., & Janes, D. D. S. (2023). Artificial Intelligence in education: What are the opportunities and challenges? *Review of Artificial Intelligence in Education*, 5(00), e018. <https://doi.org/10.37497/rev.artif.intell.educ.v5i00.18>
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104(July), 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Sun, X., Yang, S., Zhao, C., & Yu, D. (2024). Design-time business process compliance assessment based on multi-granularity semantic information. Em *JOURNAL OF SUPERCOMPUTING* (V. 80, Número 4, p. 4943–4971). SPRINGER. <https://doi.org/10.1007/s11227-023-05626-0>
- Verenich, I., Dumas, M., La Rosa, M., & Nguyen, H. (2019). Predicting process performance: A white-box approach based on process models. Em *JOURNAL OF SOFTWARE-EVOLUTION AND PROCESS* (V. 31, Números 6, SI). WILEY. <https://doi.org/10.1002/smr.2170>
- Wang, Y., Jiao, Y., & Wang, Q. (2025). Who's the better mentor? How AI vs human supervisor developmental feedback influences feedback acceptance. Em *BUSINESS PROCESS MANAGEMENT JOURNAL*. EMERALD GROUP PUBLISHING LTD. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-12-2024-1217>
- Weimer, D., Gensch, A., & Koller, K. (2025). Scaling of End-To-End Governance Risk Assessments for AI Systems. Em G. R, H. E, H. E, P. M, P. M, & S. A (Org.), *OpenAccess Series in Informatics* (V. 126). Schloss Dagstuhl- Leibniz-Zentrum fur Informatik GmbH, Dagstuhl Publishing. <https://doi.org/10.4230/OASlcs.SAIA.2024.4>
- Yatagha, R., Nebebe, B., Waedt, K., & Ruland, C. (2024). Towards a Zero-Day Anomaly Detector in Cyber Physical Systems Using a Hybrid VAE-LSTM-OCSVM Model. Em *International Conference on Information and Knowledge Management, Proceedings* (p. 5038–5045). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3627673.3680064>
- Zerbino, P., Aloini, D., Dulmin, R., & Mininno, V. (2018). Process-mining-enabled audit of information systems: Methodology and an application. Em *EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS* (V. 110, p. 80–92). PERGAMON-ELSEVIER SCIENCE LTD. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.05.030>