REDES SEMÂNTICAS COMO INTERFACE COGNITIVA: ESPECIFICAÇÃO DE DESIGN E AVALIAÇÃO EX ANTE DE UM FRAMEWORK PARA O FORESIGHT

Semantic Networks as a Cognitive Interface: Design Specification and Ex Ante Evaluation of a Framework for Foresight

GUSTAVO APRILE PORTO ROSSI
UFRGS

RAQUEL JANISSEK-MUNIZ
UFRGS

CARLOS JAVIER BRITO CABRERA
UFRGS

Comunicação:
O XIV SINGEP foi realizado em conjunto com a 14th Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge) e com a SPARK (Society for Promoting Academic Research and Knowledge), em formato híbrido, com sede presencial na UNINOVE - Universidade Nove de Julho, no Brasil.

REDES SEMÂNTICAS COMO INTERFACE COGNITIVA: ESPECIFICAÇÃO DE DESIGN E AVALIAÇÃO EX ANTE DE UM FRAMEWORK PARA O FORESIGHT

Objetivo do estudo
Propor e avaliar heuristicamente, de forma ex ante, um framework sociotécnico para um Agente Analítico baseado em redes semânticas, aprendizado de máquina e mediação por LLMs, voltado a apoiar o foresight estratégico, reduzir sobrecarga informacional, rigidez categorial e pontos cegos organizacionais.

Relevância/originalidade
A relevância e originalidade do estudo estão na integração entre redes semânticas, aprendizado de máquina e LLMs em um framework sociotécnico para foresight, oferecendo avaliação ex ante e Princípios de Design para reduzir pontos cegos e apoiar sensemaking estratégico.

Metodologia/abordagem
A pesquisa adota Design Science Research, com elicitação qualitativa de requisitos junto a especialistas, elaboração da primeira versão do framework, avaliação heurística ex ante por painel de consenso e calibração técnica da arquitetura, resultando na versão refinada e nos Princípios de Design.

Principais resultados
Os resultados consolidam a versão refinada do framework, com processamento híbrido, repositório de dados residuais, indicadores visuais de explicabilidade e quatro Princípios de Design, oferecendo uma arquitetura sociotécnica para apoiar sensemaking e reduzir pontos cegos no foresight estratégico.

Contribuições teóricas/metodológicas
Como contribuição teórico-metodológica, o estudo formaliza Princípios de Design em lógica CIMO e demonstra um percurso DSR para especificar, avaliar ex ante e calibrar um framework sociotécnico baseado em redes semânticas, articulando rigor acadêmico e utilidade gerencial.

Contribuições sociais/para a gestão
O framework apoia gestores na leitura de sinais emergentes, reduz sobrecarga informacional e pontos cegos, preserva memória interpretativa e fortalece decisões coletivas em foresight, favorecendo organizações mais preparadas para lidar com incertezas e mudanças estratégicas.

Palavras-chave: Redes Semânticas, Foresight Estratégico, Design Science Research, Sensemaking, Sistemas de Informação

Semantic Networks as a Cognitive Interface: Design Specification and Ex Ante Evaluation of a Framework for Foresight

Study purpose
To propose and heuristically evaluate, ex ante, a sociotechnical framework for an Analytical Agent based on semantic networks, machine learning, and LLM mediation, aimed at supporting strategic foresight and reducing information overload, categorical rigidity, and organizational blind spots.

Relevance / originality
The study's relevance and originality lie in integrating semantic networks, machine learning, and LLMs into a sociotechnical foresight framework, combining ex ante evaluation and Design Principles to reduce blind spots and support strategic sensemaking.

Methodology / approach
The study adopts Design Science Research, with qualitative requirements elicitation from experts, development of the first framework version, ex ante heuristic evaluation through a consensus panel, and technical calibration, resulting in the refined version and Design Principles.

Main results
The results consolidate the refined framework, including hybrid processing, a residual data repository, visual explainability indicators, and four Design Principles, offering a sociotechnical architecture to support sensemaking and reduce blind spots in strategic foresight.

Theoretical / methodological contributions
As a theoretical and methodological contribution, the study formalizes CIMO-based Design Principles and demonstrates a DSR pathway to specify, evaluate ex ante, and calibrate a semantic-network-based sociotechnical framework, connecting academic rigor and managerial usefulness.

Social / management contributions
The framework supports managers in interpreting emerging signals, reducing information overload and blind spots, preserving interpretive memory, and strengthening collective foresight decisions, helping organizations become better prepared to address uncertainty and strategic change.

Keywords: Semantic networks, Strategic foresight, Design Science Research, Sensemaking, Information Systems

REDES SEMÂNTICAS COMO *INTERFACE* COGNITIVA: ESPECIFICAÇÃO DE *DESIGN* E AVALIAÇÃO EX ANTE DE UM *FRAMEWORK* PARA O *FORESIGHT*

1. INTRODUÇÃO

A tomada de decisão estratégica em ambientes de alta complexidade e transformação constante exige das organizações maior capacidade de identificar, interpretar e responder antecipadamente a sinais de mudança (Rohrbeck & Schwarz, 2013; Elbanna, 2020; Muraro & Salles-Filho, 2024). No campo do *foresight* estratégico, essa capacidade costuma ser organizada a partir da definição prévia de domínios de aplicação, entendidos como recortes temáticos, setoriais ou funcionais que orientam a varredura ambiental e a captura de sinais fracos (Ansoff, 1975; Lesca, 2003; Brito-Cabrera & Janissek-Muniz, 2021). Embora essa delimitação contribua para dar foco operacional ao processo, também restringe a atenção gerencial a elementos conhecidos, reduzindo a sensibilidade da organização a sinais que emergem nas bordas dos domínios estabelecidos (Voros, 2003; Piirainen & Gonzalez, 2015).

Esta tensão torna-se mais evidente em um contexto marcado pela ampliação das fontes digitais abertas e pela disponibilidade crescente de dados estruturados e não estruturados (Kitchin, 2014; Chen et al., 2012). O desafio do *foresight*, nesse cenário, não está apenas em acessar informação, mas em selecionar, organizar e interpretar sinais relevantes em meio ao excesso de dados (Eppler & Mengis, 2004; Lesca, 2003; Roetzel, 2019). A sobrecarga informacional tensiona os limites da racionalidade humana e dificulta a triagem de sinais fracos, especialmente quando estes aparecem de forma dispersa, ambígua ou pouco conectados aos domínios já monitorados pela organização (Simon, 1991; Eppler & Mengis, 2004; Janissek-Muniz et al., 2025). Como consequência, práticas de monitoramento excessivamente ancoradas em categorias previamente mapeadas podem reforçar limites e pontos cegos, reduzindo a capacidade de perceber descontinuidades periféricas (Day & Schoemaker, 2005; Piirainen & Gonzalez, 2015; Muraro & Salles-Filho, 2024).

Para enfrentar essa limitação, estudos recentes têm explorado a combinação entre aprendizado de máquina, redes semânticas e teoria das redes complexas no apoio à identificação de padrões emergentes em grandes volumes de dados textuais (Mühlroth & Grottke, 2020; Cheng & Sul, 2023). Nessa abordagem, domínios não precisam ser definidos exclusivamente antes da análise; eles podem ser dinâmicos, e emergir de agrupamentos estatísticos de termos conectados em redes semânticas extraídas dos próprios dados (Borge-Holthoefer & Arenas, 2010; Cheng & Sul, 2023). Essa mudança desloca o foco de um processo predominantemente categorial para uma lógica mais relacional, em que a organização temática do ambiente é observada a partir das conexões entre conceitos, sinais e temas (Borge-Holthoefer & Arenas, 2010; Cheng & Sul, 2023; Piirainen & Gonzalez, 2015).

Entretanto, a adoção de soluções algorítmicas não resolve, por si só, o problema central do *foresight*. A identificação de padrões em grafos e clusters precisa ser acompanhada por processos de interpretação, validação e atribuição de sentido (Carlsson et al., 2011; Geurts et al., 2022; Weick, 1995), pois o *foresight* estratégico permanece sendo uma prática sociall, humana e situada de *sensemaking*, na qual analistas e tomadores de decisão negociam significados, discutem implicações e conectam sinais às escolhas estratégicas da organização (Weick, 1995; Geurts et al., 2022). Quando visualizações algorítmicas são apresentadas sem mediação adequada, podem gerar opacidade, desconfiança e dificuldade de uso, sobretudo junto a executivos que necessitam compreender rapidamente as implicações gerenciais dos padrões identificados (Eppler & Mengis, 2004; Carlsson et al., 2011).

Diante desse problema, o campo de Gestão Estratégica e dos Sistemas de Informação (SI) ainda carece de artefatos sociotécnicos que integrem a capacidade matemática de

descoberta das redes complexas com formas de mediação linguística e interpretativa adequadas ao processo decisório (Carlsson et al., 2011; Geurts et al., 2022; Rossi & Janissek-Muniz, 2025). Emerge a seguinte questão: como superar as limitações cognitivas e a sobrecarga informacional de analistas e tomadores de decisão, reduzindo a rigidez categorial de domínios definidos *a priori* no *foresight* estratégico, por meio de um artefato sociotécnico que opere na interface entre a varredura ambiental e o *design* de cenários futuros?

Ancorado no paradigma da *Design Science Research* (DSR) (Hevner et al., 2004; Dresch et al., 2015), este artigo propõe um *framework* lógico para um Agente Analítico concebido como artefato sociotécnico de apoio ao *foresight* estratégico. A avaliação do *framework* é realizada de forma heurística e *ex ante*, isto é, ainda na fase de desenho do artefato, antes de sua implementação técnica final e de testes operacionais em uso real. Esta avaliação busca verificar a coerência lógica, a adequação dos requisitos e a viabilidade conceitual da arquitetura proposta (Venable et al., 2016; Sonnenberg & vom Brocke, 2012). O artefato opera na interface entre a varredura ambiental e a concepção de cenários futuros, buscando transformar redes semânticas em representações interpretáveis que apoiem a identificação de domínios emergentes e o *sensemaking* gerencial (Lesca, 2003; Rohrbeck & Schwarz, 2013). O percurso investigativo iniciou-se pela elicitação de requisitos com base em problemáticas operacionais de mercado, posteriormente sintetizadas em quatro macrodimensões sociotécnicas: sistematização de escopo, sobrecarga cognitiva, opacidade algorítmica e memória interpretativa. A partir dessas bases, a pesquisa foi organizada em quatro etapas sequenciais. A primeira correspondeu à elicitação e sistematização dos requisitos. A segunda envolveu a elaboração da Versão 1 do *framework* conceitual. A terceira consistiu na avaliação heurística *ex ante* por meio de painel de consenso. A quarta compreendeu a calibração técnica do artefato, resultando na Versão 2 do *framework* e na formalização dos Princípios de *Design* sob a lógica CIMO (Contexto, Intervenção, Mecanismo, Outcome) (Costa et al., 2020; Chandra Kruse, 2025)."A contribuição teórica do estudo está na formalização de conhecimento prescritivo em SI, articulando racionalidade limitada, *sensemaking* situado, redes complexas e explicabilidade linguística por Modelos de Linguagem de Larga Escala (LLMs) (Gregor & Hevner, 2013; Simon, 1991; Weick, 1995; Borge-Holthoefer & Arenas, 2010; Janissek-Muniz et al., 2025). Do ponto de vista prático, o Agente Analítico oferece um modelo de referência para apoiar líderes e equipes de inteligência na organização de grandes volumes de informação, na tradução de grafos em narrativas executivas e na preservação de memória organizacional associada ao processo de interpretação estratégica (Eppler & Mengis, 2004; Carlsson et al., 2011; Baskerville et al., 2018). Além desta introdução, a Seção 2 apresenta a fundamentação teórica com elementos que sustentam o desenvolvimento do artefato e a Seção 3 descreve o método de pesquisa e o protocolo de avaliação formativa. A Seção 4 apresenta resultados de desenvolvimento e calibração do *framework,* e na Seção 5 discutem-se as conclusões, limitações e possibilidades de pesquisas futuras.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O desenvolvimento de arquiteturas e de SI voltados ao monitoramento estratégico exige que a modelagem de soluções sociotécnicas seja sustentada por uma base conceitual consistente. Nesse tipo de investigação, a revisão de literatura cumpre mais do que uma função descritiva, mas atua como mecanismo de articulação entre o conhecimento acumulado, as lacunas teóricas e as possibilidades de desenvolvimento prescritivo (Hevner et al., 2004; Carlsson et al., 2011). Em estudos gerenciais, esse papel torna-se ainda mais relevante quando a literatura

é mobilizada como forma de tecelagem conceitual, orientada ao desenvolvimento de teoria e à construção de novas conexões entre campos de conhecimento (Marzi et al., 2025).

Este artigo situa-se no eixo das abordagens de exploração interdisciplinar, associadas à lógica prospectora, em contraste com revisões voltadas apenas à consolidação de domínios estabelecidos (Breslin & Gatrell, 2023; Marzi et al., 2025). Essa posição alinha-se com o problema investigado, pois a superação da rigidez dos domínios analíticos no *foresight* exige conectar contribuições da ciência da computação, da matemática de redes, da decisão gerencial e da cognição organizacional (Marzi et al., 2025). Assim, a fundamentação teórica organiza o caminho que vai do problema cognitivo e informacional à especificação conceitual do Agente Analítico (Carlsson et al., 2011; Hevner et al., 2004; Peffers et al., 2007).

Para construir esse percurso, apresenta-se inicialmente limitações cognitivas associadas à definição prévia de domínios no *foresight* (Eppler & Mengis, 2004; Lesca, 2003; Simon, 1991). Em seguida, discute-se como redes semânticas e redes complexas podem apoiar a identificação de padrões emergentes (Borge-Holthoefer & Arenas, 2010; Watts & Strogatz, 1998). Depois, examina o papel dos Modelos de Linguagem de Larga Escala como mediadores entre a complexidade matemática dos grafos e a interpretação gerencial (Janissek-Muniz et al., 2025; Muraro & Salles-Filho, 2024) e, por fim, consolida lacunas identificadas na literatura justificando o *framework* proposto (Rossi & Janissek-Muniz, 2025).

O primeiro desafio conceitual decorre do modo como o *foresight* corporativo tradicionalmente organiza sua atenção ao ambiente. Para identificar, interpretar e responder antecipadamente a sinais de mudança, as organizações costumam delimitar previamente um **domínio de aplicação** (Lesca, 2003; Lesca & Janissek-Muniz, 2022) ou foco informacional (Mintzberg et al., 1976; Rohrbeck & Schwarz, 2013). Esse domínio atua como recorte temático ou setorial que orienta a atenção gerencial (March, 1991), direciona o *scanning* ambiental e otimiza o uso de recursos analíticos (Janissek-Muniz et al., 2007). A mesma lógica também aparece no *domain of interest* do funil de *foresight* e nos campos de observação usados para orientar a atenção estratégica (Voros, 2003; Brito-Cabrera & Janissek-Muniz, 2021).

Embora essa delimitação oriente o foco, também cria uma tensão relevante, pois o recorte que ajuda a organizar a busca pode limitar a percepção de sinais que emergem fora das categorias já conhecidas (Day & Schoemaker, 2005; Piirainen & Gonzalez, 2015; Voros, 2003). Este é o **paradoxo do domínio**: o mecanismo usado para direcionar a atenção organizacional pode também reduzir sua abertura para descontinuidades periféricas (Piirainen & Gonzalez, 2015). Em ambientes de rápida mudança tecnológica, sinais fracos tendem a surgir nas fronteiras entre setores, temas e práticas, justamente onde os limites previamente definidos são menos sensíveis (Voros, 2003; Piirainen & Gonzalez, 2015). Assim, a delimitação rígida do domínio pode produzir pontos cegos e miopia estratégica, pois direciona a atenção para o centro do campo já conhecido e dificulta a leitura de indícios antrcipativos latentes nas bordas do ambiente monitorado (Janissek-Muniz et al, 2007; Rohrbeck & Schwarz, 2013; Pirainen & Gonzalez, 2015).

A Teoria da Racionalidade Limitada (Simon, 1991) ajuda a compreender por que esse paradoxo se mantém nas práticas organizacionais (Piirainen & Gonzalez, 2015; Roetzel, 2019). A cognição humana opera sob restrições de tempo, informação e capacidade de processamento, o que leva os tomadores de decisão a recorrerem a simplificações e heurísticas (Simon, 1991). No contexto do *Big Data*, este limite torna-se mais evidente, pois o problema deixa de ser apenas a falta de informação e passa a ser a escassez de atenção capaz de processá-la (Kitchin, 2014; Simon, 1991). A ampliação de fontes digitais, heterogêneas e

desestruturadas aumenta a sobrecarga informacional e tende a gerar fadiga interpretativa nas equipes de inteligência e *foresight* (Eppler & Mengis, 2004).

Neste cenário, a definição de domínios *a priori* (Lesca, 2003; Lesca & Janissek-Muniz, 2022) opera como estratégia de redução de complexidade (Eppler & Mengis, 2004; Simon, 1991), protegendo a racionalidade finita dos analistas, mas também reforçando vieses de confirmação e miopia defensiva (Roetzel, 2019). Por isso, no lugar de substituir a análise humana por um processamento automático irrestrito, nem em manter filtros estáticos que limitem a descoberta (Carlsson et al., 2011; Geurts et al., 2022; Muraro & Salles-Filho, 2024), busca-se desenhar um SI que distribua parte do esforço de processamento para a máquina, preservando a atenção humana para a atribuição de sentido (Carlsson et al., 2011; Baskerville et al., 2018; Weick, 1995; Geurts et al., 2022). Nesta lógica, o domínio deixa de ser somente a entrada do processo e torna-se dinâmico, emergindo da interação entre padrões revelados pela tecnologia e interpretação humana (Marzi et al., 2025; Araújo & Janissek-Muniz, 2021).

As redes semânticas e a Teoria das Redes Complexas (TRC) oferecem uma base adequada para operacionalizar essa transição (Borge-Holthoefer & Arenas, 2010; Cheng & Sul, 2023). Redes semânticas representam conhecimento por meio de nós, que correspondem a conceitos, e arestas, que expressam relações semânticas entre esses conceitos (Collins & Quillian, 1969; Pereira et al., 2022). Diferentemente de classificações hierárquicas rígidas, essas redes permitem observar proximidades contextuais construídas pela coocorrência de termos em textos (Borge-Holthoefer & Arenas, 2010; Cheng & Sul, 2023). Esta lógica fundamenta modelos como o *Bag-of-Concepts* (BoC), nos quais a análise desloca-se da contagem literal de palavras para a representação de conceitos extraídos de bases semânticas, favorecendo a leitura de significados contextuais (Cambria & White, 2014).

Neste sentido, redes semânticas podem operar como interfaces cognitivas entre o processamento algorítmico e a interpretação humana (Borge-Holthoefer & Arenas, 2010; Cambria & White, 2014). Elas tornam visível a topologia temática dos dados e permitem observar como determinados conceitos se conectam, se agrupam ou ocupam posições centrais em um campo informacional (Borge-Holthoefer & Arenas, 2010). A TRC amplia essa leitura ao fornecer métricas e propriedades estruturais, como centralidade, modularidade, densidade, *small-world* e distribuições em escala livre (Watts & Strogatz, 1998; Barabási & Albert, 1999; Borge-Holthoefer & Arenas, 2010). Com isso, torna-se possível compreender como tópicos se organizam de modo relacional e como agrupamentos temáticos podem emergir dos dados (Cheng & Sul, 2023; Mühlroth & Grottke, 2020).

A passagem do raciocínio categorial para o raciocínio relacional é central para o *foresight* (Mühlroth & Grottke, 2020; Yoon, 2012). Em vez de definir previamente as “caixas” de interesse, algoritmos de detecção de comunidades podem identificar agrupamentos densos de termos conectados, indicando possíveis domínios emergentes (Cheng & Sul, 2023). Estes agrupamentos não eliminam o julgamento humano, mas oferecem uma base analítica para que analistas examinem relações inesperadas, acompanhem a evolução temporal de temas e discutam novas fronteiras de atenção estratégica (Rossanez et al., 2023). Dessa forma, a rede não substitui o processo de interpretação, mas reorganiza o campo a ser interpretado (Geurts et al., 2022; Muraro & Salles-Filho, 2024; Weick, 1995).

Ainda assim, a visualização de grafos e métricas topológicas pode ser pouco acessível para gestores e tomadores de decisão (Eppler & Mengis, 2004; Muraro & Salles-Filho, 2024). Redes semânticas podem revelar padrões relevantes, mas esses padrões precisam ser traduzidos em linguagem gerencial para que sejam incorporados ao processo decisório

(Muraro & Salles-Filho, 2024). É neste ponto que os Modelos de Linguagem de Larga Escala assumem papel de mediação cognitiva (Janissek-Muniz et al., 2025; Winston, 2011). Sua função não deve ser construir a estrutura da rede, pois seu funcionamento probabilístico pode introduzir instabilidade e reduzir a reprodutibilidade da análise (Rossi & Janissek-Muniz, 2025). A rede deve ser produzida por algoritmos de grafos, enquanto o LLM atua em uma camada superior, dedicada a explicar os resultados estruturados (Janissek-Muniz et al., 2025).

Esta separação entre camada estrutural e camada interpretativa é importante para preservar controle, auditabilidade e utilidade gerencial (Carlsson et al., 2011; Muraro & Salles-Filho, 2024). A rede fornece a estrutura estável dos conceitos e de suas relações, enquanto o LLM pode transformar clusters e métricas em explicações textuais compreensíveis (Cheng & Sul, 2023; Janissek-Muniz et al., 2025). Esta mediação pode ocorrer em três dimensões complementares. A primeira é exploratória, ao apoiar a identificação de padrões semânticos e conexões no grafo (Cambria & White, 2014). A segunda é explicativa, ao converter a complexidade matemática em narrativas, rótulos e resumos que contextualizam o impacto estratégico de cada cluster (Winston, 2011; Janissek-Muniz et al., 2025). A terceira é adaptativa, ao permitir o refinamento de parâmetros com base no feedback humano, fortalecendo o ciclo de *sensemaking* situado (Muraro & Salles-Filho, 2024).

Com isso, a mediação algorítmica passa a ser compreendida como extensão das interpretações dos especialistas, não substituindo seu julgamento (Carlsson et al., 2011; Muraro & Salles-Filho, 2024). A máquina pode apoiar a filtragem do ruído, a organização de coocorrências e a identificação de agrupamentos temáticos (Borge-Holthoefer & Arenas, 2010; Cheng & Sul, 2023). O tomador de decisão, por sua vez, permanece responsável pela construção social de sentido, pela validação das interpretações e pela conexão dos sinais às implicações estratégicas da organização (Schoemaker & Tetlock, 2017; Geurts et al., 2022).

As lacunas que motivam o desenvolvimento do artefato foram consolidadas na Revisão Sistemática da Literatura (RSL) conduzida por Rossi e Janissek-Muniz (2025). Este estudo mapeou publicações que integraram *foresight*, aprendizado de máquina e redes semânticas entre 2010 e 2025, seguindo as diretrizes do protocolo PRISMA (Rossi & Janissek-Muniz, 2025). A análise evidenciou uma relação importante entre a definição de domínio *a priori* e a forma de tratamento dos dados. Estudos sem recortes prévios tendem a empregar abordagens exploratórias não supervisionadas, permitindo a emergência do escopo temático, enquanto análises confirmatórias permanecem ancoradas em taxonomias previamente estabelecidas (Cheng & Sul, 2023; Song et al., 2020; Mahdikhani et al., 2025).

A síntese integrativa da RSL indicou três lacunas em SI aplicadas à Administração. A primeira é a permanência do domínio *a priori* em métodos práticos consolidados, como o L.E.*SCAnning*®, que ainda dependem de recortes prévios e podem gerar pontos cegos periféricos (Lesca, 2003; Lesca & Janissek-Muniz, 2022). A segunda é a opacidade algorítmica de soluções baseadas em redes semânticas e *machine learning*, que frequentemente não oferecem uma camada explicável para decisores de negócios (Rao Batchanaboyina & Devarakonda, 2020). A terceira é a escassez de modelos prescritivos que integrem descoberta orgânica de conceitos por processamento de linguagem natural, tratamento de dados residuais e uma interface cognitiva de apoio ao sensemaking colaborativo (Carlsson et al., 2011; Geurts et al., 2022; Rossi & Janissek-Muniz, 2025).

Estas lacunas sustentam a necessidade de um *framework* sociotécnico capaz de articular descoberta computacional, explicabilidade e interpretação gerencial (Carlsson et al., 2011; Geurts et al., 2022; Muraro & Salles-Filho, 2024). Sob a lógica do método B-SLR de Marzi et al. (2025), a identificação dessas limitações não apenas organiza o estado da literatura, mas também funciona como gatilho para a expansão de teorias aplicadas a SI

(Baskerville et al., 2018; Gregor & Hevner, 2013; Marzi et al., 2025). É a partir desse ponto que se justifica o desenvolvimento, a especificação e a avaliação heurística do *framework* proposto neste artigo (Peffers et al., 2007; Venable et al., 2016).

3. MÉTODO DE PESQUISA

Este artigo adota o paradigma *da Design Science Research* (DSR), por se tratar de uma investigação voltada à especificação, construção e avaliação de um artefato sociotécnico para apoiar práticas de *foresight* estratégico (Hevner et al., 2004; Dresch et al., 2015). No campo de SI, a DSR permite articular rigor teórico e relevância prática, especialmente quando a pesquisa busca responder a uma classe de problemas organizacionais por meio de prescrições de *design* (March & Storey, 2008; Carlsson et al., 2011).

Nesta investigação, o artefato corresponde ao *framework* arquitetural do Agente Analítico (March & Storey, 2008; Carlsson et al., 2011). Ele é concebido como um modelo sociotécnico de referência para apoiar a descoberta orgânica de múltiplos domínios temáticos, sem depender exclusivamente de recortes definidos *a priori* (Carlsson et al., 2011; van Aken et al., 2016). Assim, a DSR é mobilizada como estratégia metodológica para orientar o percurso de especificação, construção e avaliação do *framework*, e não apenas como uma estrutura formal de apresentação do estudo (Hevner et al., 2004; Dresch et al., 2015).

A condução prática da pesquisa segue as etapas do *modelo Design Science Research Methodology* (DSRM), proposto por Peffers et al. (2007). O percurso inicia-se com a identificação do problema e dos objetivos teóricos, apoiada na RSL de Rossi e Janissek-Muniz (2025). Em seguida, avança para a engenharia de requisitos com profissionais de mercado, etapa responsável por traduzir dores organizacionais em requisitos funcionais e não funcionais (Peffers et al., 2007; Rios & Janissek-Muniz, 2014). Por fim, o *framework* é submetido a uma avaliação heurística *ex ante* com especialistas de inteligência, em consonância com a lógica de avaliação formativa em DSR (Peffers et al., 2007; Sonnenberg & vom Brocke, 2012; Venable et al., 2016).

O alinhamento com as diretrizes de Hevner et al. (2004) assegura coerência metodológica ao estudo. A primeira diretriz, relativa ao artefato como projeto, materializa-se na especificação das camadas lógicas e dos fluxos operacionais do Agente Analítico, em suas versões v1 e v2 (March & Smith, 1995; Carlsson et al., 2011). A segunda, referente à relevância do problema, é atendida ao focar o paradoxo dos domínios rígidos e a sobrecarga cognitiva em processos de *foresight* estratégico (Simon, 1991; Eppler & Mengis, 2004; Lesca, 2003). A terceira diretriz, associada à avaliação do *design*, é operacionalizada por meio de avaliação heurística formativa *ex ante*, realizada em painel de consenso com especialistas (Sonnenberg & vom Brocke, 2012; Venable et al., 2016).

As Diretrizes 4 a 7 de Hevner et al. (2004) complementam a estrutura metodológica do estudo. A contribuição científica é formalizada via os quatro Princípios de *Design* (DPs), elaborados sob a lógica CIMO (Gregor & Hevner, 2013; Chandra Kruse, 2025). O rigor da pesquisa apoia-se na revisão sistemática precursora, na Teoria do *Sensemaking* Situado e nas métricas de modularidade da Teoria de Redes Complexas (Watts & Strogatz, 1998; Rossi & Janissek-Muniz, 2025). O *design* como processo de busca aparece na calibração iterativa do artefato, realizada a partir da análise qualitativa de conteúdo das entrevistas e do painel de especialistas (Peffers et al., 2007; Bardin, 1993). Por fim, a comunicação da pesquisa ocorre pela descrição da infraestrutura algorítmica proposta e de sua utilidade gerencial (Gregor & Hevner, 2013; Hevner et al., 2004; Vom Brocke & Maedche, 2019).

A engenharia de requisitos foi conduzida por meio de investigação empírica qualitativa, com entrevistas semiestruturadas realizadas com 6 especialistas (Peffers et al.,

2007; vom Brocke & Maedche, 2019; DeJonckheere & Vaughn, 2019). As entrevistas seguiram roteiro flexível e exploraram percepções sobre a rigidez das categorias tradicionais de busca, os desafios da sobrecarga cognitiva e as demandas de explicabilidade, rastreabilidade e controle pelo usuário final (DeJonckheere & Vaughn, 2019). O material foi gravado, transcrito e submetido à análise qualitativa de conteúdo (Bardin, 1993).

A análise das entrevistas permitiu identificar 15 evidências empíricas de dores organizacionais enfrentadas por equipes de inteligência (Dresch et al., 2015). Estas evidências foram agrupadas por tema e convertidas em requisitos funcionais e não funcionais (Rios & Janissek-Muniz, 2014), definindo o escopo inicial do artefato e orientando a Versão 1 do *Framework* (Peffers et al., 2007). A tradução destes requisitos em prescrições de *design* resultou em 4 Princípios de *Design*, estruturados pela lógica CIMO, que relaciona contexto, intervenção, mecanismo e resultado esperado (Costa et al., 2020; Chandra Kruse, 2025).

A avaliação *ex ante* da arquitetura constituiu etapa central do percurso metodológico, pois permitiu examinar a utilidade, a qualidade e a coerência do *framework* antes de sua implementação organizacional plena (Hevner et al., 2004; Sonnenberg & vom Brocke, 2012). Considerando o caráter conceitual e inovador do artefato, adotou-se uma estratégia de avaliação heurística e formativa, alinhada ao *Framework for Evaluation in Design Science Research* (FEDS) (Venable et al., 2016).

O protocolo de avaliação foi operacionalizado por meio de um painel de consenso com especialistas em inteligência estratégica (Venable et al., 2016). Antes da sessão, os participantes receberam o diagrama da arquitetura em quatro camadas correspondente à Versão 1, acompanhado de uma matriz de rastreabilidade que associava cada componente técnico às dores práticas identificadas na etapa de elicitação (Peffers et al., 2007). Durante o painel, o *framework* foi discutido com base em cinco blocos de perguntas avaliativas, formulados a partir dos critérios de qualidade de *design* de Sonnenberg e vom Brocke (2012).

Estes blocos abordaram a consistência lógica do mecanismo de mitigação de alucinações, a completude do fluxo de dados, a viabilidade técnica da comparação temporal de grafos, a rastreabilidade das interpretações textuais geradas e a aderência organizacional do painel de *sensemaking* situado (Sonnenberg & vom Brocke, 2012). Os dados gerados no painel, incluindo gravações transcritas, diário de campo e notas lógicas, foram submetidos à análise qualitativa de conteúdo (Dresch et al., 2015). A codificação das contribuições permitiu classificar os apontamentos em frentes técnica, conceitual e organizacional, gerando um conjunto de riscos e melhorias que retroalimentaram o ciclo de *design* e orientaram a Versão 2 do *Framework* (Venable et al., 2016; vom Brocke et al., 2020).

A rastreabilidade metodológica foi preservada ao longo de todo o estudo. As lacunas consolidadas na RSL de Rossi e Janissek-Muniz (2025) orientaram a definição do problema e das diretrizes iniciais de busca. A investigação empírica com profissionais de mercado traduziu estas lacunas em requisitos tangíveis de SI. Estes requisitos, por sua vez, serviram de base para a estruturação das quatro camadas do *framework* arquitetural e para a formulação dos Princípios de *Design* (Costa et al., 2020; vom Brocke et al., 2020).

A avaliação *ex ante* complementou este encadeamento ao submeter a arquitetura proposta a critérios de qualidade de *design* e ao julgamento de especialistas (Sonnenberg & vom Brocke, 2012; Venable et al., 2016). Com isso, o *framework* não se limita a uma resposta localizada a um caso específico, mas busca oferecer uma contribuição analítica para SI aplicados à Administração. Esta contribuição é orientada à classe de problemas marcada por sobrecarga informacional, rigidez categorial e necessidade de apoio sociotécnico ao *foresight* estratégico (Baskerville et al., 2018; Storey et al., 2025).

Ao formalizar o Agente Analítico em Princípios de *Design* abstratos, com condições de contorno e mecanismos geradores explicitados (Baskerville et al., 2018; Costa et al., 2020; Storey et al., 2025), o estudo contribui para uma teoria de *design* nascente (Gregor & Jones, 2007; Chandra Kruse, 2025). Esta teoria de médio alcance fornece um modelo conceitual que pode ser adaptado, estendido e avaliado em outros contextos organizacionais nos quais tomadores de decisão enfrentam problemas semelhantes de sobrecarga informacional e rigidez de categorias no monitoramento do ambiente externo (van Aken, 2004; Germonprez et al., 2011; Baskerville et al., 2018).

4. RESULTADOS

O desenvolvimento do *framework* arquitetural e metodológico do Agente Analítico partiu da articulação entre problemas empíricos observados em rotinas de inteligência estratégica e prescrições de *design* fundamentadas teoricamente (Peffers et al., 2007; Costa et al., 2020). Esta seção organiza os resultados como uma trajetória de construção, avaliação e refinamento do artefato (Peffers et al., 2007), evidenciando como o *framework* foi concebido, submetido à crítica de especialistas e ajustado com base em critérios científicos de qualidade de *design* (Hevner et al., 2004; Sonnenberg & vom Brocke, 2012).

O percurso de construção e validação do *framework* compreendeu três macrofases integradas (Hevner, 2007; Peffers et al., 2007; Venable et al., 2016). A primeira correspondeu à Engenharia de Requisitos, vinculada ao Ciclo de *Design*, na qual entrevistas semiestruturadas com seis especialistas de mercado, identificados de E1 a E6, permitiram mapear dores empíricas e gerar especificações iniciais para a Versão 1 do *Framework* (v1 -Conceitual) (Peffers et al., 2007; Dresch et al., 2015). A segunda foi a Avaliação Heurística *Ex Ante*, associada ao Ciclo de Relevância, na qual a Versão 1 foi submetida a um painel de consenso estruturado, com base no protocolo FEDS e critérios de qualidade de Sonnenberg e vom Brocke (2012) (Venable et al., 2016). A terceira correspondeu à Calibração Técnica e Versão Final, novamente vinculada ao Ciclo de *Design*, na qual os *feedbacks* e riscos mapeados no painel orientaram ajustes na arquitetura da solução. Este processo resultou na Versão 2 do *Framework* (v2 - Arquitetura Sociotécnica Refinada) e na formalização dos Princípios de *Design* sob a lógica CIMO (Costa et al., 2020; Chandra Kruse, 2025).

A engenharia de requisitos lógicos do sistema baseou-se na análise qualitativa das entrevistas realizadas com seis especialistas de mercado de grandes corporações nacionais (Dresch et al., 2015; Rossi & Janissek-Muniz, 2025). A análise de conteúdo, conduzida conforme Bardin (1993), permitiu identificar 15 evidências empíricas associadas a dores operacionais e cognitivas produzidas pela sobrecarga informacional em ambientes corporativos de alta turbulência (Simon, 1991; Eppler & Mengis, 2004).

Essas 15 dores foram agrupadas em quatro macrodimensões sociotécnicas (Carlsson et al., 2011; Geurts et al., 2022). A partir deste agrupamento, foram derivados Requisitos Funcionais (RF), associados aos recursos computacionais necessários, e Requisitos Não Funcionais (RNF), vinculados a critérios de qualidade, usabilidade e confiabilidade da solução (Rios & Janissek-Muniz, 2014; Rossi & Janissek-Muniz, 2025). O Quadro 1 apresenta a matriz de rastreabilidade entre dores empíricas consolidadas, requisitos derivados e critérios de qualidade do artefato.

Quadro 1: Matriz de Rastreabilidade de Requisitos de SI

Macrodimensão Sociotécnica	Dores Empíricas Consolidadas nas Entrevistas (E1-E6)	Diretrizes de Requisitos de SI Associadas (RFs)	Critérios de Qualidade e Usabilidade (RNFs)
1. Sistematização e Alinhamento de Escopo	Falta de rotinas formais e processos informais distribuídos pelas áreas; rigidez categorial de buscas rígidas a priori que geram pontos cegos; risco de congelamento temporal e defasagem de relatórios tradicionais; dificuldade em cruzar tendências com o histórico interno [E1, E2, E3, E4, E6]	RF01 / RF04 / RF12 / RF14: Permitir a configuração de rotinas flexíveis de escopo; detectar temas de forma livre e orgânica; atualizar continuamente as bases de sinais e cruzar o esquadrinhamento de mercado com séries temporais e projetos internos	RNF01 / RNF04 / RNF12 / RNF14: Facilidade de adoção por equipes pequenas; flexibilidade semântica; garantia de alinhamento com a estratégia corporativa e consistência analítica unificada entre áreas organizacionais
2. Saturação Cognitiva e Sobrecarga	Avalanche diária de informações de fontes digitais abertas; esforço excessivo e tempo despendido em triagem, limpeza manual de textos e preparação de resumos; baixa legibilidade e rejeição a gráficos abstratos isolados; linguagem excessivamente técnica ou acadêmica [E1-E6]	RF02 / RF03 / RF10 / RF13 / RF15: Filtrar e ranquear conteúdos do corpus por relevância; automatizar a varredura e limpeza sintática inicial; prover explicações textuais narrativas e acionáveis acopladas obrigatoriamente a gráficos; traduzir sinais brutos em implicações gerenciais e linguagem simples	RNF02 / RNF03 / RNF10 / RNF13 / RNF15: Precisão contextual elevada; economia drástica de tempo de triagem; clareza de interface gráfica; alta acessibilidade linguística aos perfis de liderança executiva e suporte direto à decisão rápida sob crise
3. Opacidade algorítmica e Suporte de IA	Baixa capacidade explicativa das ferramentas tradicionais de IA; desconfiança organizacional em sistemas preditivos "caixa-preta" sem auditoria; dependência humana de formulação de perguntas qualificadas (prompts) [E1-E3, E5, E6]	RF05 / RF09 / RF11: Oferecer narrativas justificando por que os conceitos se uniram e o que representam; exibir links dinâmicos e referências às fontes primárias dos documentos ingeridos; sugerir ativamente perguntas analíticas de investigação gerencial	RNF05 / RNF09 / RNF11: Explicabilidade total para o decisor estratégico; confiabilidade de dados; rastreabilidade ponta a ponta; auditabilidade analítica e orientação cognitiva guiada no uso da IA
4. Memória e Colaboração Interpretativa	Dependência crítica de analistas de inteligência específicos, cuja saída gera perda de memória estratégica; necessidade de socialização e trocas sociais coletivas de repertórios tácitos para atribuição de sentido [E1-E6]	RF06 / RF07 / RF08: Registrar e documentar o percurso interpretativo, comentários lógicos e perguntas sugeridas; classificar e priorizar sinais por scores e indicadores consistentes; apoiar reuniões síncronas colaborativas e relatórios partilhados	RNF06 / RNF07 / RNF08: Preservação persistente de memória analítica corporativa; mitigação de dependência de talentos individuais; usabilidade coletiva de interfaces e colaboração sociotécnica estruturada síncrona

Fonte: Elaborado pelos autores

A especificação lógica da Versão 1 do *Framework* (v1 - Conceitual) emergiu como resposta direta à matriz de requisitos de SI. A arquitetura foi organizada em quatro camadas lógicas integradas, concebidas como componentes de um modelo de referência, e não como módulos de um sistema plenamente implementado (Carlsson et al., 2011). A Camada 1 (Ingestão v1) prevê o uso de *crawlers* e integrações via APIs para orientar a coleta e o armazenamento de dados textuais brutos. A Camada 2 (Estrutural v1) especifica procedimentos de processamento de linguagem natural (PLN), como limpeza e lematização, para apoiar o cálculo de coocorrências, a geração do grafo semântico e a segmentação de domínios por meio de algoritmos de agrupamento de comunidades, como Louvain (Watts & Strogatz, 1998; Borge-Holthoefer & Arenas, 2010).

A Camada 3 (Interpretativa v1) posiciona o Modelo de Linguagem de Larga Escala (LLM) sobre a rede semântica previamente estruturada. Nesta configuração conceitual, o LLM recebe os *clusters* calculados e produz narrativas explicativas em linguagem executiva, aproximando-se da hipótese da história forte ao transformar padrões estruturais em explicações de impacto gerencial (Winston, 2011). A Camada 4 (Interface de Colaboração v1) propõe um painel interativo de visualização da rede semântica, destinado a apoiar discussões coletivas de *sensemaking* em sessões síncronas (Weick, 1995; Janissek-Muniz et al., 2025). Essa primeira versão serviu como artefato-base para o ciclo de avaliação por especialistas.

A avaliação heurística *ex ante* por painel de consenso cumpriu a função de testar a relevância e a consistência da arquitetura antes de sua implementação plena (Sonnenberg & vom Brocke, 2012; Venable et al., 2016). O painel reuniu especialistas em inteligência estratégica e foi conduzido por um moderador, com apoio de um roteiro heurístico estruturado

em cinco blocos de perguntas. A sessão teve duração de 1 hora, 44 minutos e 54 segundos foi gravada, transcrita e posteriormente submetida à análise de conteúdo (Bardin, 1993).

A análise confirmou a integridade geral das camadas lógicas independentes, especialmente no primeiro bloco da discussão, entre 00:08:23 e 00:14:00. Ao mesmo tempo, o painel revelou limitações técnicas e gerenciais da Versão 1, indicando a necessidade de calibrações na arquitetura. Os principais pontos de atenção concentraram-se em quatro eixos:

- No primeiro eixo, associado à viabilidade técnica da extração, os especialistas indicaram que redes semânticas baseadas apenas em PLN estatístico e dicionários estáticos poderiam exigir esforço operacional elevado para equipes pequenas de inteligência. Por isso, recomendaram uma abordagem híbrida, com uso de LLMs nas etapas iniciais de ingestão para apoiar a extração padronizada de conceitos, sem deslocar para o LLM a responsabilidade pela estruturação matemática da rede.
- No segundo eixo, relativo ao descarte estatístico de dados residuais, os especialistas apontaram uma limitação importante da Camada 2. A limpeza automática de palavras isoladas de baixa frequência poderia eliminar sinais fracos em estágio incipiente, que tendem a aparecer de modo pouco articulado e periférico (Ansoff, 1975). Como resposta, o painel recomendou a criação de uma função específica para preservar e visualizar dados residuais, evitando que ruídos estatísticos fossem descartados antes da avaliação humana.
- No terceiro eixo, referente à saturação e à usabilidade das narrativas executivas, os participantes observaram que explicações longas geradas por LLMs poderiam produzir uma nova camada de sobrecarga cognitiva. Este risco é especialmente relevante em situações de tomada de decisão rápida, nas quais líderes precisam compreender implicações sem navegar por textos extensos (Simon, 1991; Eppler & Mengis, 2004). Para lidar com este ponto, o painel recomendou a incorporação de *scores* de coerência, semáforos de confiabilidade de fontes e indicadores visuais de urgência.
- No quarto eixo, vinculado às condições organizacionais de adoção, os especialistas destacaram que o artefato poderia ser abandonado caso a organização não apresentasse maturidade mínima em governança de dados e rotinas de análise. Assim, a utilidade do Agente Analítico não depende apenas da sofisticação técnica do *framework*, mas também da existência de práticas colaborativas e periódicas de discussão das evidências produzidas pelo sistema (Weick, 1995; Carlsson et al., 2011).

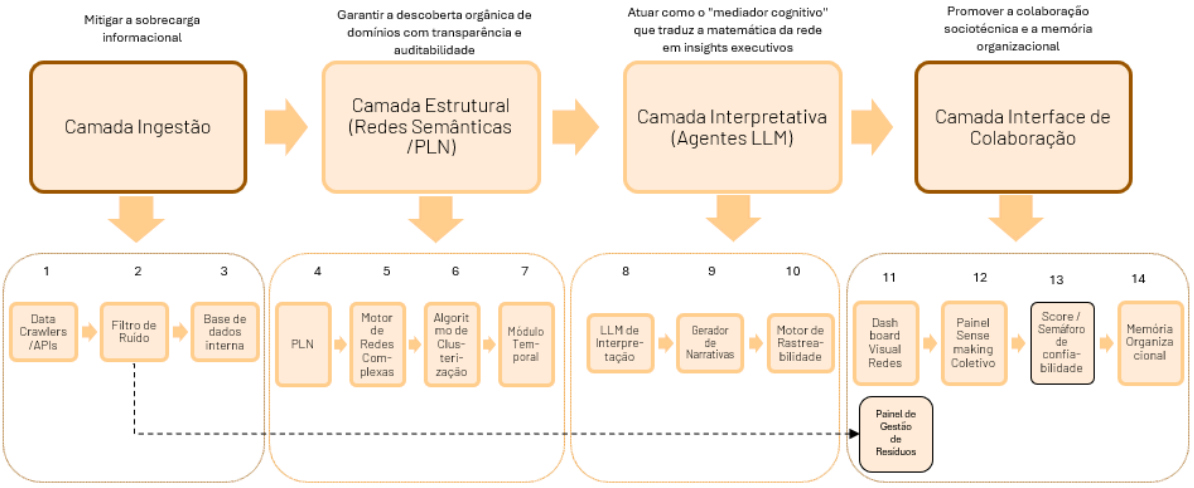
As críticas e recomendações do painel orientaram a especificação da Versão 2 do *Framework* (v2 - Arquitetura Sociotécnica Refinada). Essa versão consolidou quatro decisões técnicas de calibração, formuladas como ajustes conceituais na arquitetura proposta, e não como implementação definitiva de um sistema operacional.

- A 1a decisão de calibração consistiu em especificar uma abordagem híbrida de processamento. Nesta configuração arquitetural, o LLM é posicionado de forma pontual e parametrizável na Camada 1, com a função prevista de apoiar a extração semântica de entidades e o agrupamento de termos sinônimos. Ao mesmo tempo, a modelagem do grafo, o cálculo de coocorrências e a clusterização são mantidos, no desenho lógico do *framework*, sob controle de algoritmos estatísticos tradicionais, como Louvain ou Leiden, preservando a auditabilidade da Camada 2 (Watts & Strogatz, 1998; Cheng & Sul, 2023).
- A 2a decisão consistiu em prever um repositório de dados residuais e sinais fracos. Esta função foi concebida para isolar termos de baixa frequência que não atingem limiares suficientes para compor clusters principais, mas que podem representar indícios periféricos relevantes. Em vez de descartá-los automaticamente, a arquitetura propõe seu direcionamento para uma zona de observação periférica, representada na interface, de

modo a preservar a capacidade humana de examinar rupturas e descontinuidades em estágio inicial (Ansoff, 1975; Janissek-Muniz et al., 2007).

- A 3a decisão envolveu a especificação de mecanismos de explicabilidade multidimensional e rastreabilidade. Para reduzir a fadiga informacional, a Camada 4 foi concebida para integrar narrativas geradas pelo LLM com indicadores visuais de priorização (Simon, 1991). Essa camada prevê a combinação entre *score* de coerência matemática, semáforo de confiabilidade das fontes e indicador sintético de urgência temporal. Além disso, o *framework* propõe que as narrativas incorporem links dinâmicos baseados em RAG (*Retrieval-Augmented Generation*, abordagem em que a geração textual é apoiada pela recuperação de documentos previamente indexados), conectando as explicações aos nós de origem e documentos utilizados, reduzindo riscos de alucinação e ampliar a auditabilidade (Muraro & Salles-Filho, 2024; Janissek-Muniz et al., 2025).
- A 4a decisão explicita a capacidade de *sensemaking* como condição de contorno para uso do *framework*. O guia metodológico da arquitetura estabelece que o Agente Analítico requer maturidade gerencial, governança informacional e rotinas formais de coanálise. Com isso, a avaliação das sugestões do agente é concebida como uma atividade colaborativa de validação e interpretação estratégica, e não como uma decisão individual orientada apenas pela saída automatizada do sistema (Weick, 1995; Carlsson et al., 2011).

Figura 1: *Framework Ex Ante* (Versão 2)



Fonte: Elaborado pelos autores

O diagrama estrutural da Versão 2 (Figura 1) apresenta a organização refinada do Agente Analítico em camadas integradas. Ele evidencia a sequência entre ingestão, estruturação semântica, interpretação por LLM e interface colaborativa, incorporando os ajustes derivados da avaliação heurística.

A formalização dos quatro Princípios de *Design* (DPs) finais representou a principal entrega prescritiva do estudo. Estes princípios foram derivados da convergência entre evidências empíricas, fundamentação teórica e calibração do artefato (vom Brocke et al., 2020; Chandra Kruse, 2025). Para preservar a rastreabilidade metodológica, os DPs foram organizados sob a lógica CIMO, que explicita o Contexto (C), a Intervenção (I), o Mecanismo (M) e o *Outcome* (O) de cada diretriz (Costa et al., 2020; Chandra Kruse, 2025). O Quadro 2 consolida essa matriz de *design* nascente para SI voltados ao *foresight*.

Quadro 2: Matriz CIMO Unificada dos Princípios de *Design* (DPs)

Princípio de Design (DP)	Contexto de Uso (C)	Intervenção de Design (I)	Mecanismo Lógico Gerador (M)	Resultado Esperado (O)
DP1: Descoberta Orgânica e Flexibilidade Semântica	Organizações em setores dinâmicos e voláteis, enfrentando o paradoxo do domínio de monitoramento e miopia por recortes rígidos a priori.	Representação do conhecimento flexível e não linear baseada em redes semânticas, cruzando bases de mercado com histórico interno.	Processamento de PLN e Teoria de Redes Complexas (Bag-of-Concepts) e algoritmos Louvain/Leiden para comunidades temporais, com repositório de dados residuais periféricos.	Descoberta orgânica de temas transversais imprevistos diretamente a partir dos dados, expandindo o campo de visão dos analistas sem perda de consistência.
DP2: Sensemaking Transparente e Explicabilidade	Ambientes de decisão caracterizados por desconfiança gerencial em soluções automatizadas e opacidade de IAs "caixa-preta".	Acoplar a topologia matemática abstrata do grafo de redes semânticas a explicações em prosa clara vinculadas a links de auditoria.	Motor de explicabilidade com Modelo de Linguagem (LLM) posicionado sobre a rede (interpretando-a, sem construí-la) e gerando narrativas acopladas a hyperlinks clicáveis de retorno às fontes.	Redução da opacidade algorítmica da ferramenta de IA, viabilizando aos decisores a auditoria ponta a ponta e a validação rápida e segura do sinal.
DP3: Tradução Executiva e Alívio Cognitivo	Líderes corporativos operando sob severa restrição de tempo, racionalidade limitada e fadiga mental por sobrecarga de dados de mercado.	Agentes LLM estruturados para pré-processamento/ingestão de dados e síntese linguística de relatórios de tendências, acoplados a scores de varredura visual rápida.	LLMs para extração de entidades conceituais limpas e geração de prosa livre de jargões técnicos; cálculo computacional de scores matemáticos de coerência (1-10) de clusters, semáforos de confiabilidade e volume.	Alívio imediato da sobrecarga cognitiva e da fadiga analítica das equipes de planejamento, acelerando o tempo de varredura e resposta aos sinais periféricos.
DP4: Inteligência Colaborativa e Memória Organizacional	Organizações cuja inteligência estratégica é dispersa e excessivamente dependente de especialistas analíticos individuais críticos.	Desenhar o sistema como uma interface sociotécnica que suporte a atribuição de sentido síncrona/social e salve o histórico estruturado de discussões.	Painel visual de navegação com caixas de comentários, anotações de hipóteses e classificação participativa de prioridades; banco de dados persistente gravando o histórico de sessões síncronas.	Retenção persistente do capital analítico organizacional, mitigando a dependência do talento humano individual e alinhando interpretações de tendências entre diretorias.

Fonte: Elaborado pelos autores

A Matriz CIMO consolida a contribuição de *design* do artigo para SI. Ao ir além de uma solução técnica localizada, os princípios apresentados no Quadro 2 compõem um modelo teórico-prescritivo de médio alcance, com potencial de generalização analítica (Gregor & Jones, 2007). Para profissionais e gerentes envolvidos com inteligência antecipativa em contextos de sobrecarga informacional de *Big Data*, esses princípios oferecem regras de *design* e mecanismos lógicos para ampliar o campo de visão organizacional com maior rigor e utilidade gerencial (van Aken, 2004; vom Brocke et al., 2020).

5. CONCLUSÕES

Ao encerrar a investigação, retoma-se o percurso desenvolvido sob o paradigma da *Design Science Research* (DSR) e consolidam-se suas entregas teóricas, metodológicas e gerenciais (Hevner et al., 2004; Peffers et al., 2007). O estudo partiu de um problema empírico associado à sobrecarga informacional e à rigidez categorial no *foresight* estratégico, avançando para a proposição de um *framework* prescritivo voltado ao Agente Analítico. Este percurso é sintetizado a partir da consecução dos objetivos, das contribuições ao campo de Sistemas de Informação (SI) aplicados à Administração, das limitações de uso do *framework* e da agenda de pesquisas futuras (Carlsson et al., 2011; Venable et al., 2016).

O objetivo geral foi atendido por meio do desenvolvimento e da avaliação heurística *ex ante* do *framework* arquitetural do Agente Analítico (Peffers et al., 2007; Venable et al., 2016). O percurso investigativo integrou os três ciclos da ciência do artificial (Hevner, 2007). O ciclo de rigor apoiou-se na RSL precursora, que fundamentou a discussão sobre os limites dos modelos categoriais de busca em *foresight* (Cheng & Sul, 2023; Rossi & Janissek-Muniz, 2025). O ciclo de *design* foi estruturado pela engenharia de requisitos qualitativa com seis especialistas de mercado (E1 a E6), permitindo converter quinze dores práticas em diretrizes funcionais e não funcionais que orientaram a primeira versão lógica do artefato (Bardin, 1993; Peffers et al., 2007). O ciclo de relevância, por sua vez, submeteu a Versão 1 à avaliação heurística de um painel de consenso, conduzido sob as diretrizes do protocolo FEDS (Venable

et al., 2016). Os insumos gerados nesse processo orientaram a calibração da Versão Final (v2), indicando que o Agente Analítico oferece uma resposta arquitetural e sociotécnica ao desafio de apoiar o *foresight* sem congelar prematuramente os alvos de monitoramento (Simon, 1991; Piirainen & Gonzalez, 2015; Janissek-Muniz et al., 2025).

As contribuições teóricas concentram-se no campo de SI aplicados à Administração, especialmente pela passagem do conhecimento explicativo para o conhecimento prescritivo (Gregor & Jones, 2007; vom Brocke et al., 2020). A 1a contribuição está na formalização dos quatro Princípios de *Design* (DP1 a DP4) sob a lógica CIMO, oferecendo uma teoria de design nascente de médio alcance para a classe de problemas marcada por sobrecarga informacional (Chandra Kruse, 2025; Costa et al., 2020). A 2a contribuição está na articulação sociotécnica entre Racionalidade Limitada, *Sensemaking* Situado e Teoria das Redes Complexas, aproximando teorias comportamentais e algoritmos topológicos auto-organizáveis (Simon, 1991; Weick, 1995; Watts & Strogatz, 1998; Borge-Holthoefer & Arenas, 2010). Esta articulação sustenta o entendimento das redes semânticas como interface cognitiva entre a matemática estatística das coocorrências e a atribuição humana de sentido (Cambria & White, 2014; Geurts et al., 2022). A 3a contribuição teórica decorre da separação entre o motor estrutural de grafos e a camada interpretativa baseada em Modelos de Linguagem de Larga Escala (LLMs) (Janissek-Muniz et al., 2025; Rossi & Janissek-Muniz, 2025). No *framework* proposto, a estruturação da rede permanece em uma camada formal e auditável, enquanto a geração linguística atua como recurso interpretativo, voltado à explicação dos padrões identificados (Cheng & Sul, 2023; Janissek-Muniz et al., 2025; Winston, 2011). Esta separação reduz riscos associados à opacidade algorítmica, à alucinação e à dificuldade de auditoria, fortalecendo a confiabilidade do uso de IA em processos de tomada de decisão estratégica (Muraro & Salles-Filho, 2024; Janissek-Muniz et al., 2025).

No plano prático, o *framework* oferece diretrizes para reconfigurar rotinas de inteligência antecipativa em organizações que lidam com grande volume de informação e incerteza estratégica (Lesca, 2003; Rohrbeck & Schwarz, 2013). O Agente Analítico pode apoiar analistas ao automatizar a triagem e o cálculo de comunidades textuais, reduzindo parte da fadiga associada à sobrecarga cognitiva (Eppler & Mengis, 2004; Roetzel, 2019; Simon, 1991). Também contribui para preservar a memória organizacional, ao estruturar comentários, interpretações e decisões produzidas em grupos focais na interface de colaboração da Camada 4 (Carlsson et al., 2011; Germonprez et al., 2011; Weick, 1995). Além disso, o *framework* amplia o campo de visão dos líderes ao reduzir a dependência de taxonomias estáticas e ao oferecer recursos de priorização, como *scores* de coerência, semáforos de confiabilidade e links RAG para auditoria dos dados (Simon, 1991; Weick, 1995; Sonnenberg & vom Brocke, 2012; Muraro & Salles-Filho, 2024; Janissek-Muniz et al., 2025).

As limitações do artefato devem ser consideradas em dois planos. No plano técnico, os LLMs podem apresentar oscilações e vieses interpretativos associados ao seu funcionamento probabilístico (Janissek-Muniz et al., 2025; Rossi & Janissek-Muniz, 2025). No *framework* proposto, esse risco é atenuado pela separação de camadas, pela rastreabilidade dos links e pela ancoragem das interpretações na topologia estável do grafo complexo (Muraro & Salles-Filho, 2024; Janissek-Muniz et al., 2025). No plano organizacional, a principal limitação está na dependência de maturidade gerencial e de governança de dados (Carlsson et al., 2011; Geurts et al., 2022; Janissek-Muniz et al., 2007). O Agente Analítico não deve ser compreendido como uma solução de adoção automática. Seu uso requer rotinas síncronas, periódicas e interdisciplinares de discussão das redes semânticas e das interpretações geradas, sob risco de desuso ou de criação de uma nova camada de estresse informacional (Simon, 1991; Weick, 1995; Carlsson et al., 2011; Geurts et al., 2022).

A agenda de pesquisas futuras pode ser organizada em duas frentes. A primeira refere-se à instanciação e desenvolvimento técnico do MVP (v1) do Agente Analítico, incorporando as calibrações sugeridas pelo painel (Peffers et al., 2007; Sonnenberg & vom Brocke, 2012; Venable et al., 2016). Essa etapa envolve a abordagem de processamento híbrido, com LLM na ingestão e Louvain/Leiden na estruturação da rede, o repositório funcional de dados residuais para preservação de sinais fracos periféricos e os sinalizadores visuais de coerência matemática, confiabilidade de fontes e rastreabilidade na interface (Ansoff, 1975; Sonnenberg & vom Brocke, 2012; Cheng & Sul, 2023; Janissek-Muniz et al., 2025). A 2a frente envolve a validação empírica e naturalista do *framework* por meio de Pesquisa-Ação em contexto corporativo real, permitindo observar como o *framework* é apropriado no cotidiano, identificar barreiras de adoção e avaliar contribuição na tomada de decisão sob incerteza (Iivari & Venable, 2009; Collatto et al., 2018; Baskerville et al., 2018; Geurts et al., 2022).

Em síntese, o estudo demonstra que a combinação entre redes semânticas, aprendizado de máquina e mediação linguística por LLMs pode oferecer uma base sociotécnica promissora para o *foresight* estratégico (Cheng & Sul, 2023; Janissek-Muniz et al., 2025). A contribuição central não está em automatizar a decisão, mas em ampliar as condições de interpretação dos sinais, reduzindo pontos cegos e apoiando a construção coletiva de sentido (Carlsson et al., 2011; Geurts et al., 2022; Weick, 1995). Ao formalizar o Agente Analítico em Princípios de *Design* e explicitar suas condições de uso, o artigo oferece uma contribuição prescritiva para pesquisadores e profissionais que buscam transformar sobrecarga informacional em inteligência estratégica acionável.

REFERÊNCIAS

Afroogh, S., Akbari, A., Malone, E., Kargar, M., & Alambeigi, H. (2024). *Trust in AI: Progress,* challenges, and future directions. *Humanities and Social Sciences Communications, 11*(1), 1–30.

Ansoff, H. I. (1975). *Managing strategic surprise by response to weak signals. California Mng Review, 18*(2).

Araújo, L., & Janissek-Muniz, R. (2021). Uso de *Analytics* em processos de *Foresight:* contribuições para Futuras Pesquisas. *EnANPAD*.

Arribas-Bel, D. (2014). *Accidental, open and everywhere: Emerging data sources for the understanding of cities*. *Applied Geography, 49*, 45–53.

Barabási, A.-L., & Albert, R. (1999). *Emergence of scaling in random networks. Science*, 286(5439), 509–512.

Baskerville, R., Baiyere, A., Gregor, S., Hevner, A., & Rossi, M. (2018). *Design science research contributions: Finding a balance between artifact and theory*. *Journal of the Association for Information Systems, 19*(5).

Borge-Holthoefer, J., & Arenas, A. (2010). *Semantic Networks: Structure and Dynamics*. *Entropy, 12*(5).

Breslin, D., & Gatrell, C. (2023). *Theorizing through literature reviews: The miner–prospector continuum. Organizational Research Methods*, 26(1), 139–167. https://doi.org/10.1177/1094428120935507

Brito-Cabrera, C., & Janissek-Muniz, R. (2021). Abordagem antecipativa para ajuste estrutural contingencial nas empresas através do uso do *foresight:* uma contribuição à teoria da contingência. In Anais do XXIV Seminários em Administração (SEMEAD), São Paulo, SP, Brasil.

Cambria, E., & White, B. (2014). *Jumping NLP curves: A review of natural language processing research*. *IEEE Computational Intelligence Magazine, 9*(2), 48–57.

Carlsson, S. A. et al (2011*). Socio-technical IS design science research: developing design theory for IS integration management*. *Information Systems and e-Business Management, 9*(1), 109–131.

Chandra Kruse, L. (2025). *Design Principles Unveiled: Capturing Design Knowledge from Design Science Research. Journal of the Association for Information Systems* (Forthcoming).

Chen, H., Chiang, R. H. L., & Storey, V. C. (2012). *Business intelligence and analytics: From big data to big impact. MIS Quarterly, 36*(4), 1165–1188.

Cheng, Y., & Sul, S. (2023). *Data-Driven Futuristic Scenarios: Smart Home Service Experience Foresight Based on Social Media Data*. *Systems, 11*, 287.

Collins, A. M., & Quillian, M. R. (1969). *Retrieval time from semantic memory. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 8*(2), 240–247. https://doi.org/10.1016/S0022-5371(69)80069-1

Dresch, A., Lacerda, D. P., & Antunes Jr., J. A. V. (2015a). *Design science research: A method for science and technology advancement.* Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-07374-3 (Livro-base de DSR)

Eppler, M. J., & Mengis, J. (2004). The concept of information overload: A review of literature from organization *science, accounting, marketing, MIS and related disciplines. The Information Society, 20*(5).

Fan, J., Han, F., & Liu, H. (2014). *Challenges of Big Data analysis*. *National Science Review, 1*(2), 293–314.

Janissek-Muniz, R., Lesca, H., & Freitas, H. (2007). Desenvolvimento da capacidade de antecipação pela identificação e captação de indícios antecipativos em contexto de inteligência estratégica antecipativa. In *Anais do International Forum on Business and Anticipatory Enterprises (IFBAE)*, Porto Alegre, RS, Brasil.J

Gandomi, A., & Haider, M. (2015). *Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics. International Journal of Information Management, 35*(2), 137–144.

Geurts, A. et al (2022). *New perspectives for data-supported foresight: The hybrid AI-expert approach*. *Futures & Foresight Science, 4*.

Gregor, S., & Jones, D. (2007). *The anatomy of a design theory*. *Journal of the Association for Information Systems*, 8(5), 312–335.

Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). *Design science in information systems research. MIS Quarterly*, 28(1), 75–105.

Hevner, A. R. (2007). *A Three Cycle View of Design Science Research. Scandinavian Journal of Information Systems, 19*(2), 87–92.

Hiltunen, E. (2008). *The future sign and its three dimensions. Futures, 40*(3), 247–260.

March, S. T., & Smith, G. F. (1995). *Design and natural science research on information technology*. *Decision Support Systems*, 15(4), 251–266.

Janissek-Muniz, R., Lesca, H., & Freitas, H. (2007). Desenvolvimento da capacidade de antecipação pela identificação e captação de indícios antecipativos em contexto de inteligência estratégica. In *Anais do International Forum on Business and Anticipatory Enterprises (IFBAE)*, Porto Alegre.

Janissek-Muniz, R. et al (2025). *Generative Artificial Intelligence to support the Detection of Weak Signals in Anticipatory Strategic Intelligence Processes. IFBAE,* Grenoble, France.

Kahneman, D. (2003). *A perspective on judgment and choice: Mapping bounded rationality*. *American Psychologist, 58*(9), 697–720.

Kitchin, R. (2014). *Big Data, new epistemologies and paradigm shifts. Big Data & Society, 1*(1), 1–12.

Kuechler, B., & Vaishnavi, V. (2008). *On theory development in design science research: anatomy of a research project. European Journal of Information Systems, 17*(5), 489–504.

Kuechler, W., & Vaishnavi, V. (2012). *A framework for theory development in design science research: Multiple perspectives. Journal of the Association for Information Systems, 13*(6), 395–423.

Lesca, H. (2003). *Veille stratégique: la méthode LE SCAnning®*. EMS.

Lesca, H. & Janissek-Muniz, R. (2022). *Inteligência estratégica antecipativa e coletiva: o método LESCAnning*.

Lesca, H., & Caron-Fasan, M.-L. (2008). *Facteurs clés de succès d'une veille anticipative stratégique*. *Revue Française de Gestion, 34*(180), 215–231.

March, J. G. (1991)**.** *Exploration and exploitation in organizational learning. Organization Science*, *2*(1), 71–87. https://doi.org/10.1287/orsc.2.1.71

Marzi, G., Balzano, M., Caputo, A., & Pellegrini, M. M. (2025). Guidelines for Bibliometric-Systematic Literature Reviews. *International Journal of Management Reviews*, *27*(1), 81–103.

Mintzberg, H., Raisinghani, D., & Théorêt, A. (1976). *The structure of "unstructured" decision processes*. *Administrative Science Quarterly, 21*(2), 246–275.

Morgan, D. L. (2023). *Exploring the Use of Artificial Intelligence for Qualitative Data Analysis: The Case of ChatGPT. Qualitative Research, 24*(5), 1007–1024.

Mühlroth, C., & Grottke, M. (2020). *Artificial intelligence in innovation: how to spot emerging trends and technologies*. *IEEE Transactions on Engineering Management*.

Mühlroth, C., Kölbl, L., & Grottke, M. (2023). *Innovation signals: leveraging machine learning to separate noise from news. Scientometrics, 28*(5), 2649–2676.
Muraro, V., & Salles-Filho, S. (2024*). Big data, machine learning and uncertainty in foresight studies. Foresight, 26*(3), 436–452.
Newman, M. E. J. (2010). *Networks: An Introduction*. Oxford University Press.
Peffers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., & Chatterjee, S. (2007). *A design science research methodology for information systems research*. *Journal of Management Information Systems*, 24(3), 45–77.
Pereira, H. et al (2022). *Systematic review of the "semantic network" definitions.*
Piirainen, K. A., & Gonzalez, R. A. (2015). *Theory of foresight in a nutshell, but which one? We-doing, as-is and to-be of foresight. Technological Forecasting and Social Change*, *101*, 191–206.
Pries-Heje, J., Baskerville, R., & Venable, J. R. (2008). *Strategies for design science research evaluation.* In *Proceedings of the 16th European Conference on Information Systems* (ECIS), Galway, Ireland.
Rohrbeck, R., & Schwarz, J. O. (2013*). The value contribution of strategic foresight: Insights from an empirical study of large European companies*. *Technological Forecasting and Social Change, 80*(8), 1593–1606.
Romme, A. G. L. (2003). *Making a difference: organization as design. Organization Science, 14*(5), 558–573.
Rossanez, A., da Silva Torres, R., & dos Reis, J. C. (2023*). Characterizing complex network properties of knowledge graphs. Proceedings of the 15th International Joint Conference on Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management*, 119–128.
Rossi, G. A. P., & Janissek-Muniz, R. (2025). *Expansão do campo de visão no foresight: uma abordagem com aprendizado de máquina e redes semânticas* [Manuscrito não publicado]. PPGA.EA.UFRGS.
Saffi, F., & Janissek-Muniz, R. (2020). *Big data* e *small data* como fonte de informações para a inteligência antecipativa. *EnANPAD 2020*.
Sein, M. K. et al (2011). *Action design research*. *MIS Quarterly, 35*(1), 37–56.
Simon, H. (1991). *Bounded rationality and organizational learning*. *Organization Science, 2*(1).
Simon, H. A. (1996). *The sciences of the artificial* (3rd ed.). MIT Press.
Sonnenberg, C., & von Brocke, J. (2012). *Evaluations in the science of the artificial: Reconsidering the build-evaluate pattern in design science research.* In *Design Science Research in Information Systems. Advances in Theory and Practice* (pp. 381-397). Springer.
Souza, V. A. de, & Janissek-Muniz, R. (2022). Percepções de Especialistas quanto ao Uso de Inteligência Artificial em Processos de *Foresig*ht. *IFBAE*.
Tremblay, M. C., Hevner, A. R., & Berndt, D. J. (2010). *Focus groups for artifact refinement and evaluation in design research. Communications of the Association for Information Systems, 26*.
van Aken, J. E. (2004). *Management research based on the paradigm of the design sciences: The quest for field-tested and grounded technological rules*. *Journal of Mngt Studies, 41*(2), 219–246.
Venable, J., Pries-Heje, J., & Baskerville, R. (2016). FEDS: *A framework for evaluation in design science research. European Journal of Information Systems*, 25(1), 77–89.
Veremyev, A., Semenov, A., Pasiliao, E. L., Boginski, V., et al. (2019). *Graph-based exploration and clustering analysis of semantic spaces*. *Applied Network Science, 4*, 104.
Voros, J. (2003). *A generic foresight process framework*. *Foresight, 5*(3), 10–21.
Walls, J. G., Widmeyer, G. R., & El Sawy, O. A. (1992). *Building an information system design theory for vigilant* EIS. *Information Systems Research*, 3(1), 36–59
Watts, D. J., & Strogatz, S. H. (1998). *Collective dynamics of 'small-world' networks*. *Nature, 393*(6684).
Weick, K. E. (1995). *Sensemaking in organizations*. Sage.
Yoon, J. (2012). *Detecting weak signals for long-term business opportunities using text mining of Web news. Expert Systems with Applications, 39*(16), 12543–12550.