



USANDO O MODELO DUBLIN CORE PARA INTEGRAR MÉTODOS EM UM  
FORESIGHT SUPPORT SYSTEM

Gustavo Araujo de Oliveira

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Sistemas e Computação, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Sistemas e Computação.

Orientadores: Jano Moreira de Souza  
Carlos Eduardo Barbosa

Rio de Janeiro  
Dezembro de 2025

USANDO O MODELO DUBLIN CORE PARA INTEGRAR MÉTODOS EM UM  
FORESIGHT SUPPORT SYSTEM

Gustavo Araujo de Oliveira

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO  
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE)  
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM  
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO.

Examinada por:

---

Prof. Jano Moreira de Souza, Ph.D.

---

Dr. Carlos Eduardo Barbosa, D.Sc.

---

Prof. Geraldo Bonorino Xexéo, D.Sc.

---

Prof.<sup>a</sup> Jonice de Oliveira Sampaio, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL  
DEZEMBRO DE 2025

Oliveira, Gustavo Araújo de

Usando o Modelo Dublin Core para Integrar Métodos em um Foresight Support System. / Gustavo Araújo de Oliveira.  
– Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2025.

XI, 111 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Jano Moreira de Souza

Carlos Eduardo Barbosa

Dissertação (mestrado) – UFRJ / COPPE / Programa de Engenharia de Sistemas e Computação, 2025.

Referências Bibliográficas: p. 106-111.

1. Dublin Core 2. *Foresight Support System* 3. Prospecção Tecnológica. I. Souza, Jano Moreira de *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Sistemas e Computação. III. Título.

## Agradecimentos

A Deus, que me sustentou durante toda esta jornada.

À minha esposa Thais, pela paciência, compreensão e amor que tornaram este trabalho possível.

E a todos aqueles que me apoiaram ao longo desta jornada de pesquisa.

Em primeiro lugar, expresso meu profundo agradecimento aos meus orientadores, Jano Moreira de Souza e Carlos Eduardo Barbosa, por sua orientação, apoio contínuo e feedback perspicaz ao longo desta pesquisa. Sua expertise e paciência foram fundamentais para a construção deste trabalho.

Agradeço aos membros da minha banca de tese, Geraldo Xexéo e Jonice Oliveira, por suas críticas construtivas e sugestões valiosas que aprimoraram significativamente esta dissertação.

Meus sinceros agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por fornecer a bolsa de mestrado que tornou esta pesquisa financeiramente possível. Esse apoio foi crucial para que eu me dedicasse integralmente a este empreendimento acadêmico.

E aos demais professores, colegas e funcionários do PESC, e a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Por fim, expresso minha sincera gratidão à minha família e amigos pelo apoio, incentivo e compreensão inabaláveis ao longo desta jornada desafiadora, porém gratificante. A paciência e a fé que depositaram em meu trabalho me deram a motivação necessária para concluir esta dissertação.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

## USANDO O MODELO DUBLIN CORE PARA INTEGRAR MÉTODOS EM UM FORESIGHT SUPPORT SYSTEM

Gustavo Araújo de Oliveira

Dezembro/2025

Orientadores: Jano Moreira de Souza

Carlos Eduardo Barbosa

Programa: Engenharia de Sistemas e Computação

No TIAMAT, um *Foresight Support System* (FSS) baseado em *workflows*, a falta de um padrão para integrar métodos de prospecção – como *Brainstorming*, *Futures Wheel*, *Roadmap* e Cenários – exige conversões manuais entre etapas, gerando retrabalho, inconsistências e perda de eficiência. Como solução, é proposto o emprego do Dublin Core como camada de mediação semântica para o intercâmbio de dados entre os métodos do TIAMAT. Os resultados de cada método são mapeados para elementos do Dublin Core (por exemplo, *Title*, *Creator*, *Description*, *Date*, *Type*, *Format*), produzindo metadados estruturados em JSON, sendo gerados e mantidos no banco de dados do TIAMAT, de onde são recuperados automaticamente como entradas para os passos subsequentes do *workflow*. A pesquisa segue a metodologia *Design Science Research* e inclui duas *Rapid Reviews*: (i) para identificar desafios de interoperabilidade em FSS e (ii) para avaliar a aplicabilidade do Dublin Core na integração dos métodos. A solução, implementada no TIAMAT e validada por cenários ilustrativos e estudos de caso, demonstrou captura consistente de saídas, transição automática de dados entre métodos e redução de intervenção manual. O uso do Dublin Core como camada de mediação semântica mitiga os entraves de integração, viabiliza o encadeamento automatizado dos *workflows* e apresenta uma arquitetura generalizável a outros FSS e aplicações semelhantes.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

USING THE DUBLIN CORE MODEL TO INTEGRATE METHODS IN A  
FORESIGHT SUPPORT SYSTEM

Gustavo Araújo de Oliveira

December/2025

Advisors: Jano Moreira de Souza

Carlos Eduardo Barbosa

Department: Computer Science and Systems Engineering

In TIAMAT, a workflow-based Foresight Support System (FSS), the lack of a standard for integrating foresight methods – such as Brainstorming, Futures Wheel, Roadmap, and Scenarios – requires manual conversions between steps, leading to rework, inconsistencies, and loss of efficiency. As a solution, this work proposes the use of the Dublin Core as a semantic mediation layer for data exchange among TIAMAT’s methods. The results of each method are mapped to Dublin Core elements (e.g., Title, Creator, Description, Date, Type, Format), producing metadata structured in JSON, which are generated and stored in TIAMAT’s database and automatically retrieved as inputs for subsequent workflow steps. The research follows the Design Science Research methodology and includes two Rapid Reviews: (i) to identify interoperability challenges in FSS and (ii) to assess the applicability of the Dublin Core for method integration. The solution, implemented in TIAMAT and validated through illustrative scenarios and case studies, demonstrated consistent output capture, automatic data transition between methods, and reduced manual intervention. The use of the Dublin Core as a semantic mediation layer mitigates integration barriers, enables automated workflow chaining, and provides an architecture generalizable to other FSS and similar applications.

# Sumário

<b>Capítulo 1 – Introdução</b> .....	1
1.1. Identificando o Problema.....	3
1.1.1. TIAMAT .....	4
1.1.2. Dinâmica de Execução do TIAMAT.....	5
1.1.3. Aplicações do TIAMAT.....	5
1.2. Objetivo e Abordagem.....	6
1.3. Metodologia.....	7
1.4. Organização do Trabalho.....	8
<b>Capítulo 2 – Revisão da Literatura</b> .....	10
2.1. <i>Rapid Review</i> sobre Dublin Core.....	11
2.1.1. DC-Q1: Quais são as capacidades do Dublin Core? .....	13
2.1.2. DC-Q2: O Dublin Core pode ser utilizado para integrar métodos de Prospecção Tecnológica? .....	14
2.1.3. DC-Q3: Qual é o papel dos padrões de metadados, como o Dublin Core, no apoio à eficácia de previsões realizadas por um <i>FSS</i> ? .....	16
2.2. <i>Rapid Review</i> sobre Prospecção Tecnológica.....	16
2.2.1. PT-Q1: Quais são as principais limitações e desafios dos FSS em relação à interoperabilidade e à integração de múltiplos métodos?.....	19
2.2.2. PT-Q2: Como a automação das transições entre métodos impacta a eficiência, a precisão e a usabilidade dos processos de Prospecção Tecnológica? .....	20
2.2.3. PT-Q3: Como a implementação de um <i>framework</i> de comunicação padronizado, como o Dublin Core, impacta a eficiência e a usabilidade dos <i>workflows</i> em um FSS? ....	21
<b>Capítulo 3 – Dublin Core como Integrador de Dados entre Métodos de Prospecção Tecnológica</b> .....	27
3.1. O Modelo Proposto.....	30
3.2. O Processo Proposto.....	31
3.3. Dublin Core como Padrão de Comunicação.....	36
<b>Capítulo 4 – Implementação do Dublin Core no TIAMAT</b> .....	39
4.1. Estratégia de Implementação.....	40
4.2. Componentes Arquiteturais.....	40
4.3. Integração com a Infraestrutura Existente.....	42
4.4. Implementação de Transformadores no TIAMAT.....	43
4.4.1. Análise Bibliométrica.....	44
4.4.2. <i>Brainstorming</i> .....	47
4.4.3. <i>Futures Wheel</i> .....	50
4.4.4. <i>Roadmap</i> .....	54
4.4.5. Cenários.....	57

4.5.	Fluxo dos Dados .....	62
4.6.	Validação e Testes .....	64
4.7.	Limitações da Implementação .....	65
<b>Capítulo 5 – Avaliação do Uso de Dublin Core para Integrar Métodos de Prospecção Tecnológica .....</b>		<b>67</b>
5.1.	Metodologia .....	67
5.2.	Avaliação dos Conceitos .....	69
5.3.	Avaliação do Modelo .....	70
5.3.1.	Banco do Brasil (Cenário Ilustrativo) .....	71
5.3.2.	Futuro do Trabalho 2050 (Estudo de Caso) .....	73
5.4.	Avaliação do Processo .....	75
5.4.1.	Banco do Brasil (Cenário Ilustrativo) .....	76
5.4.2.	Futuro do Trabalho 2050 (Estudo de Caso) .....	78
5.5.	Avaliação da Implementação .....	80
5.5.1.	Banco do Brasil (Cenário Ilustrativo) .....	81
5.5.2.	Futuro do Trabalho 2050 (Estudo de Caso) .....	83
5.5.3.	Comparando o funcionamento do TIAMAT com e sem o uso do Dublin Core .....	85
5.6.	Resultados e Limitações da Avaliação .....	93
<b>Capítulo 6 – Discussão .....</b>		<b>95</b>
6.1.	Trabalhos Relacionados .....	95
6.2.	A Abordagem de Integração do TIAMAT .....	96
6.3.	Implicações para Outros Sistemas .....	97
6.4.	Limitações da Pesquisa .....	97
<b>Capítulo 7 – Considerações Finais .....</b>		<b>100</b>
7.1.	Contribuições .....	101
7.2.	Trabalhos Futuros .....	104
<b>Referências Bibliográficas .....</b>		<b>106</b>

## Lista de Figuras

Figura 1. A tela de entrada do TIAMAT. ....	3
Figura 2. Um <i>workflow</i> do TIAMAT. ....	4
Figura 3. Processo de busca da <i>Rapid Review</i> sobre Dublin Core. ....	12
Figura 4. Processo de busca da <i>Rapid Review</i> sobre Prospecção Tecnológica. ....	18
Figura 5. Modelo de padronização dos métodos TIAMAT com o Dublin Core. ....	31
Figura 6. Processo de Prospecção Tecnológica do TIAMAT. ....	32
Figura 7. Subprocesso de Definição da Prospecção Tecnológica do TIAMAT. ....	33
Figura 8. Subprocesso de Execução de Método de Prospecção Tecnológica. ....	33
Figura 9. Processo TIAMAT usando o Dublin Core na comunicação entre métodos. ...	34
Figura 10. Arquitetura da Implementação do Dublin Core no TIAMAT. ....	42
Figura 11. Página inicial de Bibliometria após a inserção de 3 artigos. ....	46
Figura 12. Página inicial do método <i>Brainstorming</i> antes da atualização Dublin Core. ....	48
Figura 13. Página inicial do método <i>Brainstorming</i> após modificação. ....	49
Figura 14. Janela <i>pop-up</i> do botão View DC no método <i>Brainstorming</i> . ....	50
Figura 15. Página inicial do método <i>Futures Wheel</i> antes da modificação. ....	52
Figura 16. Página inicial do método <i>Futures Wheel</i> após a atualização Dublin Core. ...	53
Figura 17. Janela <i>pop-up</i> do botão View DC no método <i>Futures Wheel</i> . ....	53
Figura 18. Página inicial do método <i>Roadmap</i> antes da modificação. ....	55
Figura 19. Página inicial do método <i>Roadmap</i> após a atualização Dublin Core. ....	56
Figura 20. Janela <i>pop-up</i> do botão View DC no método <i>Roadmap</i> . ....	57
Figura 21. Página inicial do método Cenários antes da modificação. ....	59
Figura 22. Página inicial do método Cenários após a modificação. ....	60
Figura 23. Janela <i>pop-up</i> do botão View DC no método <i>Roadmap</i> . ....	61
Figura 24. Modelo instanciado para o cenário ilustrativo do Banco do Brasil. ....	73
Figura 25. Modelo instanciado para o estudo de caso Futuro do Trabalho 2050. ....	75
Figura 26. Processo instanciado para o cenário ilustrativo do Banco do Brasil. ....	77
Figura 27. Processo instanciado para o estudo de caso do Futuro do Trabalho 2050. ...	80
Figura 28. <i>Workflow</i> referente ao cenário ilustrativo do Banco do Brasil. ....	82
Figura 29. <i>Workflow</i> referente ao estudo de caso Futuro do Trabalho 2050. ....	84
Figura 30. Campos Dublin Core da Análise Bibliométrica salvos no TIAMAT. ....	86
Figura 31. Exemplo com os primeiros 15 artigos inseridos nos 5 núcleos. ....	87
Figura 32. Campos Dublin Core do <i>Brainstorming</i> salvos no TIAMAT. ....	88
Figura 33. Exemplo com as primeiras 15 ideias inseridas nos 5 núcleos. ....	89
Figura 34. Campos Dublin Core do <i>Futures Wheel</i> salvos no TIAMAT. ....	90
Figura 35. Eventos capturados pelo Dublin Core do <i>Futures Wheel</i> . ....	91
Figura 36. Campos Dublin Core do método de Cenários salvos no TIAMAT. ....	91

## Lista de Tabelas

Tabela 1. Estratégia de busca da <i>Rapid Review</i> sobre Dublin Core. ....	11
Tabela 2. Questões utilizadas na <i>Rapid Review</i> sobre Dublin Core. ....	11
Tabela 3. Publicações selecionadas na <i>Rapid Review</i> sobre Dublin Core.....	13
Tabela 4. Estratégia de busca da <i>Rapid Review</i> sobre Prospecção Tecnológica. ....	17
Tabela 5. Questões utilizadas na <i>Rapid Review</i> sobre Prospecção Tecnológica.....	18
Tabela 6. Publicações selecionadas na <i>Rapid Review</i> sobre Prospecção Tecnológica....	19
Tabela 7. Métodos de Prospecção Tecnológica no TIAMAT.....	29
Tabela 8. Elemento do DCMI aplicados no TIAMAT.....	36
Tabela 9. Exemplo dados do Dublin Core, tramitados no formato JSON.....	63
Tabela 10. Metodologia de Avaliação da Pesquisa.....	68
Tabela 11. Metodologia de avaliação do Dublin Core como padrão de comunicação....	69
Tabela 12. Análise “antes e depois” da implementação do Dublin Core no TIAMAT...	92
Tabela 13. Publicações realizadas durante a pesquisa.....	104

## Lista de Acrônimos e Siglas

API - *Application Programming Interface*  
CSV - *Comma-Separated Values*  
DC - *Dublin Core*  
DCMES - *Dublin Core Metadata Element Set*  
DCMI - *Dublin Core Metadata Initiative*  
DDC - *Dewey Decimal Classification*  
DOI - *Digital Object Identifier*  
DSR - *Design Science Research*  
FSS - *Foresight Support System*  
FTA - *Future-oriented Technology Analysis*  
HTML - *HyperText Markup Language*  
ICT - *Information and Communication Technology*  
ISO - *International Organization for Standardization*  
JSON - *JavaScript Object Notation*  
LCSH - *Library of Congress Subject Headings*  
MARC - *Machine-Readable Cataloging*  
NIEHS - *National Institute of Environmental Health Sciences*  
OAI-PMH - *Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting*  
OWL - *Web Ontology Language*  
PDF - *Portable Document Format*  
PRISMA - *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*  
P&D - *Pesquisa e Desenvolvimento*  
RDF - *Resource Description Framework*  
RR - *Rapid Review*  
URI - *Uniform Resource Identifier*  
URL - *Uniform Resource Locator*  
XML - *eXtensible Markup Language*

## Capítulo 1 – Introdução

Em um ambiente global cada vez mais competitivo, a capacidade de identificar, analisar e aplicar de forma eficaz o conhecimento tecnológico tornou-se essencial para o sucesso organizacional em todos os setores. A Prospecção Tecnológica, entendida como a busca sistemática por informações sobre tecnologias emergentes, tendências e oportunidades de inovação, desempenha um papel fundamental nesse processo (Calleja-Sanz; Olivella-Nadal; Solé-Parellada, 2020).

Diversos avanços em ferramentas e melhorias metodológicas têm sido realizados no campo da Prospecção Tecnológica, aprimorando a capacidade de previsão e análise de novas tecnologias emergentes. *Foresight Support Systems* são ferramentas e plataformas integradas projetadas para apoiar a exploração sistemática de futuros potenciais, permitindo que as organizações identifiquem tendências, incertezas e oportunidades estratégicas.

Von der Gracht (2015) destaca que o uso de FSS para estudar e prever tendências futuras é essencial para o sucesso das empresas, ressaltando que as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) constituem um pilar dos FSS, ao facilitar a coleta, análise e disseminação de grandes volumes de dados. Uma das principais características dos FSS é a capacidade de integrar metodologias e fontes de dados diversas, assegurando uma exploração abrangente das incertezas futuras e reduzindo o risco de erros (Keller; Markmann; Von Der Gracht, 2015).

Apesar da variedade de ferramentas de FSS existentes, nenhuma delas, até onde se sabe, é capaz de integrar automaticamente diferentes métodos de Prospecção Tecnológica. Como consequência, a maioria dos modelos de prospecção desenvolve *workflows* restritivos, nos quais o usuário precisa reformular manualmente a saída de um método para utilizá-la como entrada em outro. Esse processo, além de demandar mais tempo, aumenta o risco de erros e inconsistências, comprometendo a eficácia geral das análises.

Diante da ausência de FSS com integração autônoma entre métodos, qualquer uma dessas ferramentas poderia servir como base para o presente trabalho, buscando aprimorá-la para integrar os métodos que ela contempla. Entre as diversas possibilidades, foi escolhido o TIAMAT (Barbosa, 2018), projetado para oferecer suporte efetivo aos processos de tomada de decisão organizacional. O TIAMAT fornece uma abordagem abrangente para análise e resolução de problemas no contexto de uma Prospecção

Tecnológica. Seus conceitos fundamentais estabelecem uma base sólida para compreender dinâmicas organizacionais. O modelo TIAMAT, que utiliza métodos de prospecção como Análise Bibliométrica e Delphi, oferece um arcabouço estruturado para avaliação de cenários e apoio à tomada de decisão informada. Por meio de estudos de caso em setores diversos – incluindo governança, pesquisa em universidades e aplicação em pesquisa militar – o TIAMAT demonstrou sua adaptabilidade e eficácia para diferentes aplicações, tornando-se um modelo abrangente para apoiar métodos de prospecção tecnológica. Sua abordagem estruturada no tratamento e integração de múltiplos métodos facilita os processos de identificação e análise de tecnologias emergentes, tornando-o um candidato ideal para aprimoramento. Entretanto, a ausência de um mecanismo de integração entre os métodos de Prospecção Tecnológica se mostrou um desafio. O próprio Barbosa (2018) sugeriu a possibilidade de empregar o Dublin Core como padrão de comunicação entre métodos de Prospecção Tecnológica – ideia que inspirou o desenvolvimento deste trabalho.

Desta forma, embora existam diversas ferramentas e *frameworks* destinados a apoiar estudos de Prospecção Tecnológica, persiste uma limitação importante: a ausência um processo capaz de integrar saídas e entradas métodos de Prospecção Tecnológica (Daim; Oliver; Kim, 2013) de forma genérica. Esta dissertação aborda esse problema e propõe uma solução utilizando a Dublin Core Metadata Initiative (DCMI) (Weibel; Koch, 2000) como padrão de comunicação entre métodos de Prospecção Tecnológica. Para alcançar esse objetivo, foi escolhido o TIAMAT (Barbosa, 2018) como ferramenta de *Foresight Support System* (FSS) no qual o conjunto de metadados Dublin Core foi aplicado. Ao incorporar o DCMI ao TIAMAT, temos como objetivo padronizar a descrição e a transferência de dados entre métodos, viabilizando um fluxo automatizado e contínuo. A gestão eficiente de metadados é essencial para organizar e recuperar informações em ambientes digitais (Souza; Vendrusculo; Melo, 2000). O DCMI é amplamente reconhecido como um padrão fundamental nessa área, oferecendo uma estrutura simples e eficaz para catalogar e gerenciar recursos digitais em diferentes plataformas.

O padrão Dublin Core é composto por 15 elementos centrais – como *Title*, *Creator*, *Subject* e *Date* – que formam um vocabulário básico para descrição de recursos (Weibel; Koch, 2000). Sua importância reside na capacidade de oferecer um padrão universal aplicável a diferentes sistemas, garantindo a interoperabilidade e acessibilidade dos metadados. Essa aplicabilidade universal é especialmente útil em contextos onde recursos

são compartilhados entre múltiplas plataformas e fronteiras organizacionais. Sua simplicidade e flexibilidade permitem adaptação fácil, o que explica seu uso disseminado em bibliotecas, arquivos digitais e sistemas de gestão de conteúdo (Souza; Vendrusculo; Melo, 2000).

## 1.1. Identificando o Problema

A proposta consiste em associar a saída de um método aos elementos do Dublin Core, tornando-a padronizável e utilizável como entrada no método subsequente. O TIAMAT (Figura 1) foi escolhido como base da pesquisa por sua estrutura metodológica voltada à organização e integração de diferentes métodos de Prospecção Tecnológica. Durante seu uso em estudos acadêmicos, identificou-se uma limitação relacionada à falta de interoperabilidade entre os métodos, o que motivou a adoção do Dublin Core como meio de padronização e troca estruturada de informações, visando aprimorar a eficiência e a continuidade do processo. Uma das principais limitações das ferramentas de Prospecção Tecnológica existentes é a limitação na interoperabilidade (Apreada et al., 2019). Tendo isso bem estabelecido, nosso trabalho busca encontrar uma forma de resolver esse problema. Por essa razão, escolhemos utilizar o DCMi como um padrão de comunicação entre métodos de prospecção.

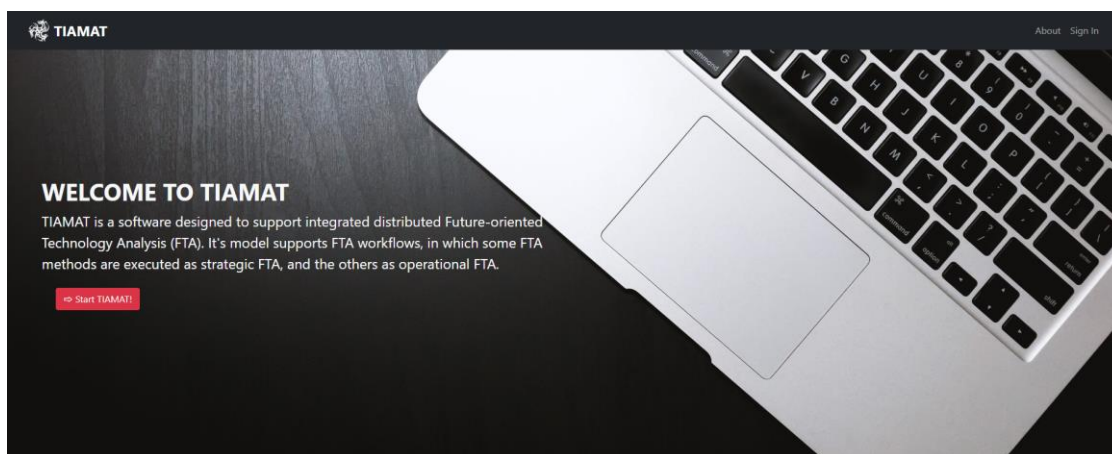


Figura 1. A tela de entrada do TIAMAT.

As seções a seguir apresentam o TIAMAT, adotado como base desta pesquisa. Inicialmente, descreve-se sua estrutura conceitual e fundamentos metodológicos, seguidos pela dinâmica de execução e, por fim, pelas principais aplicações que justificam sua utilização no presente estudo.

### 1.1.1. TIAMAT

O TIAMAT foi desenvolvido para oferecer uma abordagem sistemática e organizada a organizações que desejam incorporar a Prospecção Tecnológica em seus principais processos estratégicos e de tomada de decisão (Barbosa, 2018). Seu principal objetivo é integrar diferentes métodos de Prospecção Tecnológica e organizá-los em um *workflow*, conforme mostrado na Figura 2, aplicando práticas de pesquisa de futuros que conduzam a um processo padronizado e otimizado, capaz de melhorar a eficácia das decisões estratégicas em organizações com centros de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) distribuídos (Barbosa, 2018).

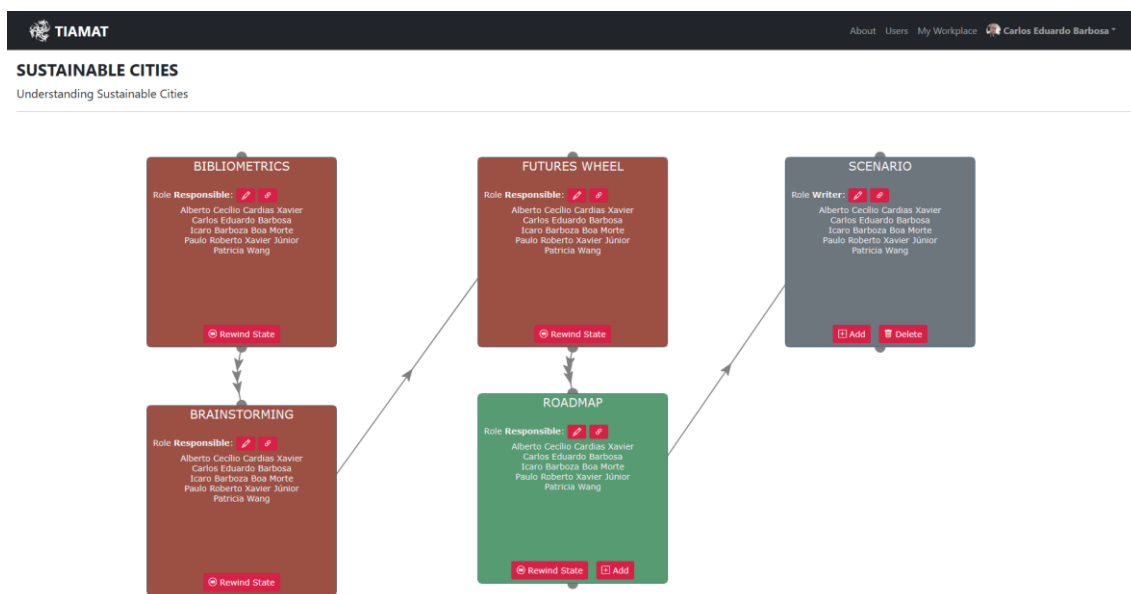


Figura 2. Um *workflow* do TIAMAT.

O TIAMAT assegura o trabalho colaborativo distribuído entre um ou mais pesquisadores ou profissionais de diversos centros de P&D. Isso é possível por meio de processos padronizados definidos pela administração, que garantem a execução consistente das Prospecções Tecnológicas com a mesma metodologia em cada unidade organizacional. O *framework* do TIAMAT, portanto, é aplicável a organizações de qualquer tamanho e setor, seja a mesma pública ou privada.

Além disso, o TIAMAT apoia métodos de Prospecção Tecnológica na forma de um *workflow* organizado, estruturado e sequencial. Ele atribui papéis específicos aos usuários conforme os requisitos de cada método. Por exemplo, em um estudo Delphi, o usuário pode assumir o papel de “Participante”, ao contribuir com percepções valiosas, e “Coordenador”, ao gerenciar o processo e compilar os resultados. De forma correspondente, em uma Análise Bibliométrica, o papel designado é o de “Responsável”,

aquele que analisa as tendências e produz o relatório de achados. Já no método *Futures Wheel*, todos os usuários assumem o papel geral de “Participantes”, pois o método é projetado para ser inclusivo e promover contribuições coletivas. Outros métodos, como Entrevistas, definem papéis mais distintos (“Entrevistador” e “Entrevistado”) devido à natureza específica exigida para sua execução adequada. Essa flexibilidade baseada em papéis amplia a adaptabilidade do TIAMAT, permitindo que ele suporte diversos métodos de Prospecção Tecnológica com clareza estruturada em sua implementação (Barbosa, 2018).

### **1.1.2. Dinâmica de Execução do TIAMAT**

O funcionamento do TIAMAT pode ser amplamente classificado em três etapas: preparação, execução e síntese.

A etapa de preparação inclui a coleta de dados, envolvendo fontes internas e externas de informação úteis para fundamentar a análise. O engajamento das partes interessadas envolve a colaboração entre pesquisadores, tomadores de decisão e outros atores relevantes para definir objetivos e identificar tecnologias ou áreas-chave de interesse.

A etapa de execução consiste em selecionar o método de Prospecção Tecnológica adequado a partir de um conjunto predefinido, garantindo que ele esteja alinhado aos objetivos organizacionais. Estruturas de gestão do *workflow* asseguram que a execução dos métodos seja sequencial e lógica, de modo que um método seja aplicado após o outro. Pode haver, inclusive, uma ordem ideal para a aplicação dos métodos. Por exemplo, a Análise Bibliométrica deve ser realizada primeiro e servir de base para exercícios de construção de cenários; o *Brainstorming*, por sua vez, em muitos casos ocorre nas etapas iniciais do *workflow*, pois a geração de ideias iniciais geralmente é expandida em métodos posteriores, melhorando os resultados do TIAMAT.

Na etapa de síntese, as saídas de diferentes abordagens são sintetizadas para gerar *insights* abrangentes. Os resultados são então apresentados em formatos de modelagem de decisão, como *Roadmaps*, cenários ou Análises de Impacto Cruzado.

### **1.1.3. Aplicações do TIAMAT**

O TIAMAT apresenta um conjunto de vantagens que aprimoram a execução e a confiabilidade dos processos de Prospecção Tecnológica. Sua estrutura metodológica

aumenta a coerência entre os resultados obtidos e os objetivos estratégicos definidos para o estudo, aumentando a consistência com as demandas de mercado e com as prioridades institucionais. O TIAMAT também favorece a cooperação entre unidades de P&D distribuídas, ao permitir que sejam estabelecidos padrões de trabalho compartilhados e mecanismos de validação cruzada dos resultados. Além disso, sua arquitetura modular e configurável permite a aplicação em diferentes domínios tecnológicos e organizacionais, reforçando sua utilidade como ferramenta de suporte à decisão em ambientes caracterizados por alta complexidade e incerteza.

O TIAMAT foi desenvolvido como um sistema modular, onde novos módulos podem ser implementados para apoiar mais métodos de Prospecção Tecnológica. Assim, o TIAMAT pode ser utilizado em variados contextos – desde a pesquisa farmacêutica até a defesa nacional – ou expandido, conforme a necessidade de apoio. Essa flexibilidade evidencia sua capacidade do TIAMAT de gerenciar os processos de Prospecção Tecnológica mais complexos.

## **1.2. Objetivo e Abordagem**

O principal objetivo deste trabalho, conforme mencionado anteriormente, é aprimorar o TIAMAT, tornando-o mais fluído por meio do aumento de sua interoperabilidade e do desenvolvimento de uma comunicação autônoma entre os métodos de Prospecção Tecnológica. A arquitetura da solução poderá então ser usada como base para ser aplicada em outros FSS. Para alcançar esse propósito, foi planejado o uso do DCMI (Weibel; Koch, 2000) como padrão de comunicação entre os métodos, possibilitando a troca automática de entradas e saídas entre as ferramentas. Apesar da existência de uma ampla variedade de ferramentas de Prospecção Tecnológica (Eerola; Miles, 2011), optou-se por aplicar as melhorias no TIAMAT (Barbosa, 2018), por ser uma ferramenta consolidada, já utilizada no contexto do Laboratório do Futuro da COPPE/UFRJ e perfeitamente adequada ao propósito deste estudo.

Para colocar essa proposta em prática, adotou-se a metodologia *Design Science* (March; Smith, 1995) como guia para as etapas seguintes. Essa abordagem científica concentra-se na identificação de soluções para problemas por meio do *design*, desenvolvimento e avaliação de ferramentas, métodos e sistemas. O *Design Science* possui ampla aplicação nas áreas de Sistemas de Informação, Engenharia, Gestão e Educação (Baskerville; Pries-Heje; Venable, 2009).

Com base nisso, a pesquisa foi iniciada com a aplicação de duas *Rapid Reviews* (RR) independentes (Cartaxo; Pinto; Soares, 2020). A primeira teve como objetivo ampliar a compreensão sobre FSS e Prospecção Tecnológica, analisando o funcionamento de cada conceito, suas diferenças e os desafios e oportunidades de aprimoramento associados. A segunda RR abordou o Dublin Core, que é relativamente pouco conhecido na comunidade científica, buscando esclarecer sua natureza, propósito, potencial contribuição para a comunicação entre métodos de prospecção e a viabilidade de utilizá-lo como padrão de interoperabilidade em FSS.

A adoção de *Rapid Reviews* mostrou-se adequada por combinar amplitude e agilidade, sendo especialmente útil em pesquisas acadêmicas com prazos restritos. Essa abordagem envolveu a busca em bases de dados acadêmicas, repositórios institucionais e literatura relevante, a fim de reunir evidências e promover avanços no campo. As próximas seções detalham o método de *Design Science* adotado e as *Rapid Reviews* conduzidas nesta pesquisa.

### 1.3. Metodologia

Esta pesquisa parte do princípio de desenvolver uma abordagem estruturada para integrar métodos de Prospecção Tecnológica em ambientes organizacionais. Para isso, propõe-se um modelo e um processo que viabilizam essa integração no TIAMAT. Essa abordagem está alinhada ao paradigma da *Design Science*, particularmente adequado ao desenvolvimento e à validação de soluções tecnológicas. Entre os diversos *frameworks* disponíveis nessa metodologia, esta dissertação adota o de March e Smith (1995), por ser o mais compatível com o tipo de artefatos desenvolvidos neste estudo.

Segundo March e Smith (1995), a *Design Science* difere das ciências naturais por concentrar-se na construção e avaliação de artefatos, em vez de explicar fenômenos naturais. Enquanto as ciências naturais buscam descrever a realidade formulando teorias baseadas em fatos observados, a *Design Science* procura criar soluções para problemas reais por meio da inovação tecnológica.

As ciências naturais se baseiam em duas atividades principais: descoberta e justificação. A fase de descoberta envolve a formulação de teorias científicas, enquanto a fase de justificação é responsável por validá-las a partir de observações empíricas. Em contraste, a *Design Science* segue duas atividades centrais: construção e avaliação. A construção envolve a criação de artefatos – como conceitos, modelos, métodos e

implementações – projetados para solucionar problemas identificados. Já a avaliação analisa a qualidade e a eficácia desses artefatos segundo critérios como completude, consistência interna, inteligibilidade e aplicabilidade. Esse processo assegura que o artefato desenvolvido atenda aos objetivos propostos, mantendo altos padrões de usabilidade e eficiência.

Os artefatos criados em pesquisas de *Design Science* usando o *framework* de March e Smith (1995) se dividem em quatro categorias: conceitos, que definem os princípios fundamentais do problema e estabelecem a base teórica; modelos, que organizam esses conceitos em representações estruturadas do problema ou da solução proposta; métodos, que descrevem processos sistemáticos ou *workflows* para alcançar os objetivos da pesquisa; e implementações, que representam a aplicação prática de modelos e métodos em contextos reais, frequentemente na forma de sistemas de software ou *frameworks* operacionais.

Esta dissertação aplica esses princípios ao aprimorar o TIAMAT, que oferece uma metodologia estruturada para a integração de métodos de Prospecção Tecnológica. O processo de avaliação verifica a praticidade, a eficiência e o alinhamento às necessidades reais, contribuindo para o avanço da Prospecção Tecnológica e do planejamento estratégico.

## **1.4. Organização do Trabalho**

Este trabalho está estruturado em 7 partes, organizadas da seguinte forma:

O Capítulo 1 apresenta a introdução, seguida do contexto e das motivações que fundamentam esta pesquisa, apresenta o TIAMAT, além dos objetivos e da abordagem metodológica adotada. São também introduzidos conceitos iniciais sobre Prospecção Tecnológica, o modelo Dublin Core, o TIAMAT e a metodologia *Design Science* utilizada para integrar o modelo Dublin Core ao TIAMAT.

O Capítulo 2 realiza a revisão da literatura. Este capítulo inclui a revisão da literatura, abordando o estado da arte modelo Dublin Core e os fundamentos da Prospecção Tecnológica, incluindo o *Future-oriented Technology Analysis*, com destaque para as diferenças entre *Technological Forecasting*, *Foresight* e *Technology Assessment*.

O Capítulo 3 apresenta a proposta desenvolvida, detalhando o modelo e o processo de aplicação do Dublin Core como padrão de comunicação entre os métodos de prospecção do TIAMAT.

O Capítulo 4 apresenta implementação do padrão de metadados Dublin Core no TIAMAT, incluindo os seus componentes arquiteturais, a integração da infraestrutura, e as adaptações realizadas nos componentes para realizar a implementação.

O Capítulo 5 apresenta a avaliação da integração do Dublin Core no TIAMAT, conduzida conforme a metodologia *Design Science* de March e Smith (1995). São descritos os métodos aplicados aos artefatos desenvolvidos e os resultados obtidos. A avaliação indica que a solução proposta contribui para mitigar o problema de interoperabilidade entre métodos de prospecção, evidenciando sua viabilidade, coerência conceitual e potencial de expansão.

O Capítulo 6 discute os resultados à luz da literatura e dos objetivos da pesquisa, analisando as implicações teóricas e práticas da aplicação do Dublin Core como padrão de comunicação em *Foresight Support Systems*. Destaca-se sua contribuição para a integração de métodos e a melhoria da eficiência dos *workflows*, bem como sua relação com estudos anteriores sobre fluxos de conhecimento e metadados.

O Capítulo 7 apresenta as conclusões, sintetizando as principais contribuições e limitações do trabalho. Evidencia-se que a integração do Dublin Core ao TIAMAT melhora a interoperabilidade, reduz a intervenção manual e amplia a rastreabilidade das análises, apontando possibilidades de continuidade em futuras pesquisas.

## Capítulo 2 – Revisão da Literatura

Nesta seção é apresentada a metodologia de *Rapid Review* (RR). A *Rapid Review* é uma metodologia voltada à síntese de evidências provenientes de estudos de pesquisa em um período de tempo reduzido, em comparação à abordagem tradicional de revisão sistemática. Seu objetivo é garantir que os tomadores de decisão obtenham informações relevantes sem perder o equilíbrio entre abrangência e viabilidade. RRs podem simplificar etapas de extração de dados e/ou de avaliação da qualidade dos estudos, de modo a acelerar a obtenção de resultados. Embora não explore o tema com a mesma profundidade de uma revisão sistemática completa, uma RR ainda constitui um resumo robusto baseado em evidências, sendo especialmente útil quando são necessárias percepções rápidas para subsidiar políticas ou práticas.

Segundo Cartaxo et al. (2018) e Khangura et al. (2012), as RRs permitem uma exploração ampla e sistemática de questões de pesquisa em prazos reduzidos, mantendo o rigor metodológico. Elas são particularmente úteis em contextos nos quais é necessário sintetizar rapidamente o conhecimento disponível para orientar decisões práticas. Segundo Cartaxo et al. (2020), essa metodologia equilibra profundidade analítica e agilidade, seguindo princípios das revisões sistemáticas tradicionais, como as diretrizes de Kitchenham et al. (2007), mas com adaptações que tornam o processo mais eficiente.

Além disso, estudos como Watt et al. (2008) e Ganann et al. (2010) ressaltam que, embora as RRs empreguem abordagens metodológicas simplificadas, sua transparência e aplicabilidade compensam essas limitações. Tricco et al. (2015) destacam que a clareza no relato e o envolvimento de tomadores de decisão durante o processo são fundamentais para garantir validade e utilidade dos resultados.

Desta forma, esta dissertação adotou a metodologia de *Rapid Review* conforme as orientações de Cartaxo et al. (2020), assegurando um processo estruturado, transparente e reprodutível, que combina rigor acadêmico e eficiência na síntese da literatura. A metodologia de *Rapid Review* foi adotada para simplificar a análise, por meio de uma busca sistemática de literatura relevante na base Scopus. Optou-se por realizar duas RRs distintas: uma voltada à Prospecção Tecnológica (foi utilizada a terminologia *Future-oriented Technology Analysis – FTA*) e outra ao Dublin Core.

## 2.1. *Rapid Review* sobre Dublin Core

Para a realização desta *Rapid Review* sobre Dublin Core, procedeu-se a uma busca sistemática na base Scopus, no modo *Advanced Search*, utilizando a estratégia de busca apresentada na Tabela 1. Aplicaram-se filtros relativos ao tipo documental (artigo de periódico, capítulo de livro e trabalho em anais) e ao idioma (inglês). Não foram aplicados recortes por área temática ou por intervalo temporal.

Tabela 1. Estratégia de busca da *Rapid Review* sobre Dublin Core.

Item	Conteúdo
Base de dados	Scopus (Advanced Search)
Intervalo temporal	Não restrito (sem filtro de PUBYEAR)
Áreas temáticas	Não restritas (sem filtro de SUBJAREA)
Tipos documentais	Artigo de Periódico (ar), Capítulo de Livro (ch), Trabalhos em Anais de Conferência (cp)
Idioma	Inglês
Consulta	TITLE-ABS-KEY ( “Dublin Core” ) AND ( ( future ) OR ( forecast ) OR ( foresight ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , “ch” ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , “ar” ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , “cp” ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , “English” ) )

O objetivo foi identificar o maior número possível de artigos que relacionassem o Dublin Core a *Forecasting*, *Foresight* e *Future Studies*. Para garantir maior alinhamento dos resultados, a busca foi limitada a artigos científicos (ar), trabalhos de conferência (cp) e capítulos de livros (ch). Essa busca resultou em 210 publicações, das quais uma pré-seleção foi feita com base em título e resumo. A partir dessa triagem inicial, 41 artigos foram selecionados, e posteriormente 14 foram escolhidos por contribuírem diretamente para responder às três perguntas de pesquisa, listadas na Tabela 2. A Tabela 3 apresenta a lista dos artigos selecionados.

Tabela 2. Questões utilizadas na *Rapid Review* sobre Dublin Core.

Código	Questão de pesquisa específica da <i>Rapid Review</i>
DC-Q1	Quais são as capacidades do Dublin Core?
DC-Q2	O Dublin Core pode ser utilizado para integrar métodos de Prospecção Tecnológica?
DC-Q3	Qual é o papel dos padrões de metadados, como o Dublin Core, no apoio à eficácia de previsões realizadas por um <i>FSS</i> ?

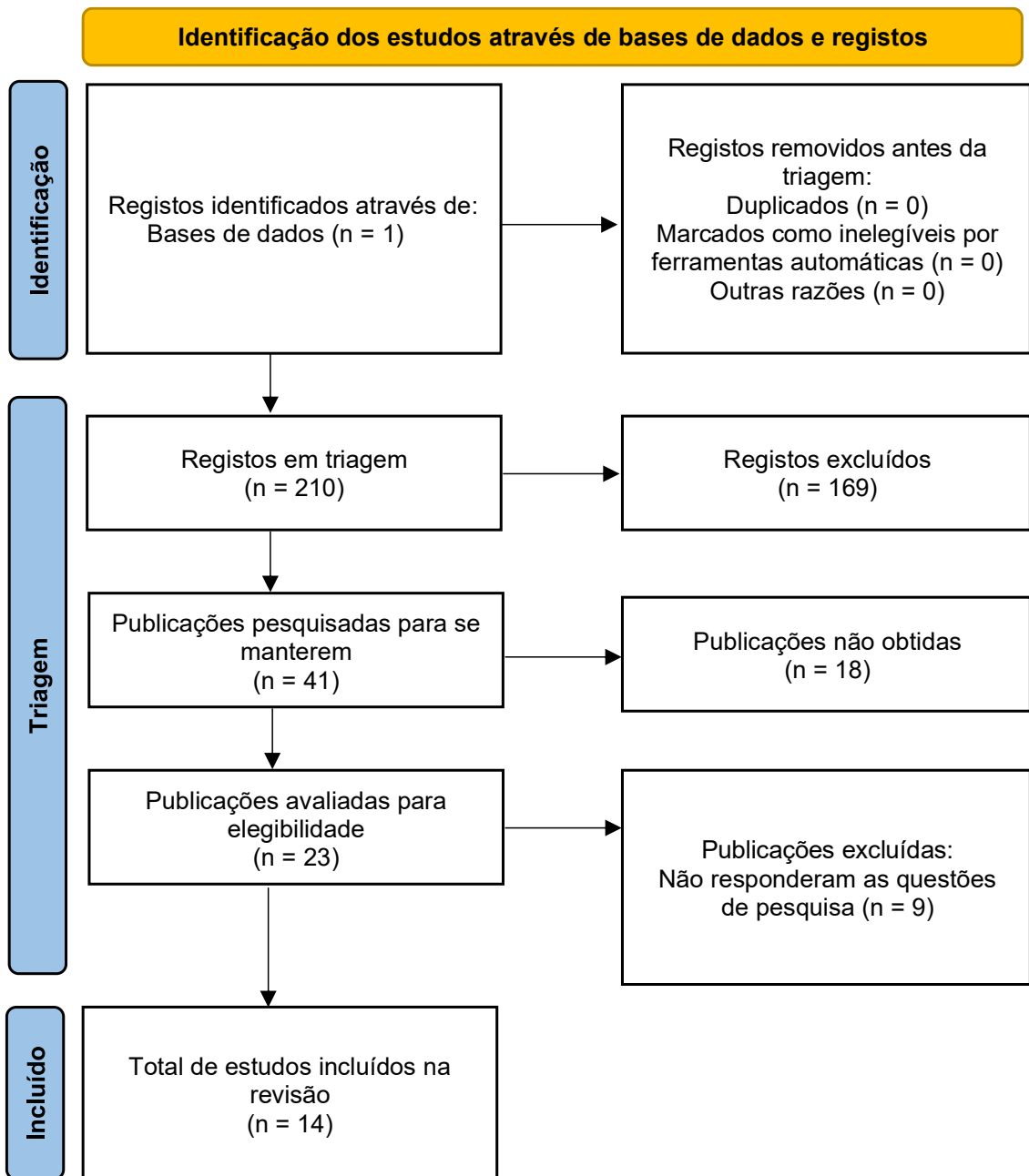


Figura 3. Processo de busca da *Rapid Review* sobre Dublin Core.

Para responder a cada uma das questões, os artigos foram analisados detalhadamente, resultando nas conclusões apresentadas nas próximas seções.

Tabela 3. Publicações selecionadas na *Rapid Review* sobre Dublin Core.

Referência	Título	Ano de Publicação
(Marques De Santana Costa et al., 2024)	<i>Integrated Data Processing Architecture Applied to Learning Objects Repository for Educational Robotics: Proposing Approach</i>	2024
(Kathy; Haliza, 2020)	<i>Singapore's moments of life: A metadata application</i>	2020
(Kononva; Prokudin, 2019)	<i>The Approach to the meta-description of the interdisciplinary research terminological landscape</i>	2019
(Da Silva; Ribeiro; Lopes, 2019)	<i>Ranking Dublin Core descriptor lists from user interactions: a case study with Dublin Core Terms using the Dendro platform</i>	2019
(Veron et al., 2016)	<i>An interoperability model based on ontologies for learning object repositories</i>	2016
(Melvin, [S.d.]	<i>Managing metadata interoperability within audio preservation framework: Integrating the Metadata Encoding &amp; Transmission Standard (METS) and multichannel source material into digital library audio collections</i>	2014
(Baker, 2012)	<i>Libraries, languages of description, and linked data: A Dublin Core perspective</i>	2012
(Park et al., 2009)	<i>Running ahead toward interoperable e-government: The government of Canada metadata framework</i>	2009
(Mikael et al., 2006)	<i>Towards an interoperability framework for metadata standards</i>	2006
(Chandrakar, 2005)	<i>An approach to mapping CCF to Dublin Core</i>	2005
(Obershaw, 2002)	<i>Metadata for resource description on corporate intranets</i>	2002
(Weibel; Koch, 2000)	<i>The Dublin core metadata initiative: Mission, current activities, and future directions</i>	2000
(Lee-Smeltzer, 2000)	<i>Finding the needle: Controlled vocabularies, resource discovery, and Dublin Core</i>	2000
(Weibel; Lagoze, 1997)	<i>An element set to support resource discovery: The state of the Dublin Core: January 1997</i>	1997

### 2.1.1. DC-Q1: Quais são as capacidades do Dublin Core?

O Dublin Core é, essencialmente, um conjunto de elementos de metadados projetado para facilitar a descoberta de recursos (Weibel; Lagoze, 1997). Inicialmente concebido como um formato de registro simples, evoluiu para um vocabulário RDF (*Resource Description Framework*), tornando-se um componente central da *Web Semântica* e dos dados vinculados (*linked data*) (Baker, 2012).

O *Dublin Core Metadata Element Set* (DCMES) é composto por 15 elementos principais destinados à descrição de uma ampla variedade de objetos eletrônicos (Weibel;

Koch, 2000). Esses elementos são opcionais e repetíveis, conforme a ordem estabelecida pelo identificador Dublin Core (Chandrakar, 2005). Sua natureza genérica e adaptável permite aplicação em múltiplos domínios.

O Dublin Core serve como base para a descrição de recursos, mas sua flexibilidade possibilita o desenvolvimento de perfis de aplicação voltados a comunidades específicas (Da Silva; Ribeiro; Lopes, 2019). Essa adaptabilidade permite a extensão dos elementos básicos por meio de qualificadores e esquemas de codificação, que refinam o significado e o método de representação dos valores atribuídos. Os qualificadores incluem refinamentos de elementos, que tornam o significado mais específico, e esquemas de codificação, que indicam como o valor deve ser interpretado (Weibel; Koch, 2000; Weibel; Lagoze, 1997).

As capacidades do Dublin Core incluem ainda o suporte a vocabulários controlados, essenciais para garantir consistência e interoperabilidade (Park et al., 2009). O uso de vocabulários como o *Library of Congress Subject Headings* (LCSH) ou a *Classificação Decimal de Dewey* (DDC) melhora a precisão e a padronização dos dados (Chandrakar, 2005).

Além disso, o Dublin Core Metadata Initiative coopera com outras comunidades de padronização baseadas em RDF, reforçando o papel do Dublin Core como vocabulário para dados vinculados (Baker, 2012). O Dublin Core é extensível, permitindo a adição de novos elementos conforme necessidades organizacionais, sendo aplicável a diferentes contextos – desde intranets corporativas (Obershaw, 2002) até intercâmbio de metadados via *eXtensible Markup Language* (XML) e pelo *Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting* (OAI-PMH) (Kononva; Prokudin, 2019).

### **2.1.2. DC-Q2: O Dublin Core pode ser utilizado para integrar métodos de Prospecção Tecnológica?**

A integração direta entre o Dublin Core e os métodos de Prospecção Tecnológica não é explicitamente abordada nos artigos analisados, provavelmente porque o Dublin Core nunca foi aplicado com esse propósito. Contudo, os autores destacam que o Dublin Core pode atuar como padrão de descrição de recursos, o que permite sua aplicação aos métodos de Prospecção Tecnológica.

Sua capacidade está em facilitar a descoberta, o gerenciamento e a interoperabilidade de recursos (Baker, 2012; Weibel; Lagoze, 1997). Assim, os elementos

do Dublin Core podem ser empregados para descrever métodos de Prospecção Tecnológica, especificando informações como (Chandrakar, 2005; Obershaw, 2002):

- **Título (dc:title) e Descrição (dc:description):** Para identificar o método específico de Prospecção Tecnológica e seu escopo.
- **Criador (dc:creator) e Colaborador (dc:contributor):** Para especificar quem desenvolveu o método ou contribuiu para a análise.
- **Assunto (dc:subject):** Para categorizar o método de Prospecção Tecnológica e suas aplicações utilizando vocabulários controlados ou taxonomias.
- **Data (dc:date):** Para registrar quando o método de Prospecção Tecnológica foi criado, revisado ou validado.
- **Tipo (dc:type):** Para especificar o tipo de método de Prospecção Tecnológica (por exemplo, simulação, cenários).
- **Formato (dc:format):** Para descrever a forma do método ou de seus resultados (por exemplo, relatórios, softwares).
- **Relação (dc:relation):** Para estabelecer vínculos com recursos relacionados, como dados de base, modelos ou outras análises.
- **Cobertura (dc:coverage):** Para definir a relevância espacial ou temporal do método de Prospecção Tecnológica.
- **Fonte (dc:source):** Para indicar a origem do método e como ele foi identificado.
- **Identificador (dc:identifier):** Para fornecer um URI único para a análise ou recursos relacionados.

O uso do Dublin Core dessa forma pode tornar os métodos de Prospecção Tecnológica mais reutilizáveis e interoperáveis. Contudo, dependendo da complexidade do método, o Dublin Core pode não ser suficiente para representá-lo integralmente (Mikael et al., 2006; Weibel; Lagoze, 1997). Ainda assim, a literatura converge ao apontar o Dublin Core como simples, extensível e interoperável (Baker, 2012; Chandrakar, 2005; Da Silva; Ribeiro; Lopes, 2019; Weibel; Koch, 2000).

### **2.1.3. DC-Q3: Qual é o papel dos padrões de metadados, como o Dublin Core, no apoio à eficácia de previsões realizadas por um FSS?**

As fontes indicam que o uso de vocabulários controlados e ontologias em conjunto com o Dublin Core pode aprimorar significativamente a representação do conhecimento em Prospecção Tecnológica (Baker, 2012; Kononva; Prokudin, 2019).

A incorporação de ontologias, como a *Web Ontology Language* (OWL), permite a definição formal de conceitos e relações (Baker, 2012; Marques De Santana Costa et al., 2024), que podem ser associadas ao Dublin Core para descrever aspectos específicos dos métodos de Prospecção Tecnológica. Isso envolve a criação de classes e propriedades que representem diferentes métodos e componentes, o uso de instâncias para representar análises específicas por meio de elementos do Dublin Core, e o estabelecimento de relações entre instâncias, refletindo como os métodos se conectam entre si (Mikael et al., 2006).

A combinação entre o Dublin Core e ontologias permite construir modelos que descrevem métodos de Prospecção Tecnológica de forma estruturada e interoperável, facilitando a interpretação, o compartilhamento e o reuso entre sistemas e usuários diversos – ampliando o valor do Dublin Core na Prospecção Tecnológica (Baker, 2012).

## **2.2. *Rapid Review* sobre Prospecção Tecnológica**

Para a realização desta *Rapid Review* em Prospecção Tecnológica, procedeu-se a uma busca sistemática na base Scopus, no modo *Advanced Search*, utilizando a estratégia de busca apresentada na Tabela 4. Aplicaram-se filtros para delimitar o intervalo temporal (2015–2025), as áreas temáticas (Ciência da Computação, Negócios, Engenharia), os tipos documentais (artigos de periódico, capítulos de livro e trabalhos em anais) e o idioma (inglês).

Tabela 4. Estratégia de busca da *Rapid Review* sobre Prospecção Tecnológica.

Item	Conteúdo
Base de dados	Scopus (Advanced Search)
Intervalo temporal	2015–2025 (PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR < 2026)
Áreas temáticas	Ciência da Computação (COMP), Negócios (BUSI), Engenharia (ENGI)
Tipos documentais	Artigo de Periódico (ar), Capítulo de Livro (ch), Trabalhos em Anais de Conferência (cp)
Idioma	Inglês
Consulta	TITLE-ABS-KEY ( ( “future-oriented technology analysis” OR “FTA” OR “foresight support system” OR “FSS” OR “technological forecasting” OR “future studies” OR “foresight methods” OR “strategic foresight” ) AND ( “technology foresight” OR “innovation forecasting” OR “trend analysis” OR “scenario planning” ) ) AND PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR < 2026 AND ( LIMIT-TO ( SUBJAREA , “COMP” ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , “BUSI” ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , “ENGI” ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , “ar” ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , “cp” ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , “ch” ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , “English” ) )

A intenção foi ampliar o escopo da pesquisa, trazendo resultados sobre Prospecção Tecnológica, FSS, *Foresight*, *Technology Forecasting* e *Technology Assessment*. Para garantir maior alinhamento dos resultados, a busca foi limitada a artigos científicos (ar), trabalhos de conferência (cp) e capítulos de livros (ch), dentro das subáreas de Computação, Engenharia e Negócios, publicados em inglês e com data não superior a dez anos.

Com essa expressão de busca, foram recuperados 217 artigos, que passaram por uma pré-seleção com base na leitura de títulos e resumos. Após essa primeira triagem, 72 artigos foram selecionados e, em seguida, 10 foram escolhidos por contribuírem diretamente para responder às três perguntas de pesquisas, apresentadas na Tabela 5. A Tabela 6 apresenta os a listagem dos artigos selecionados na *Rapid Review*.

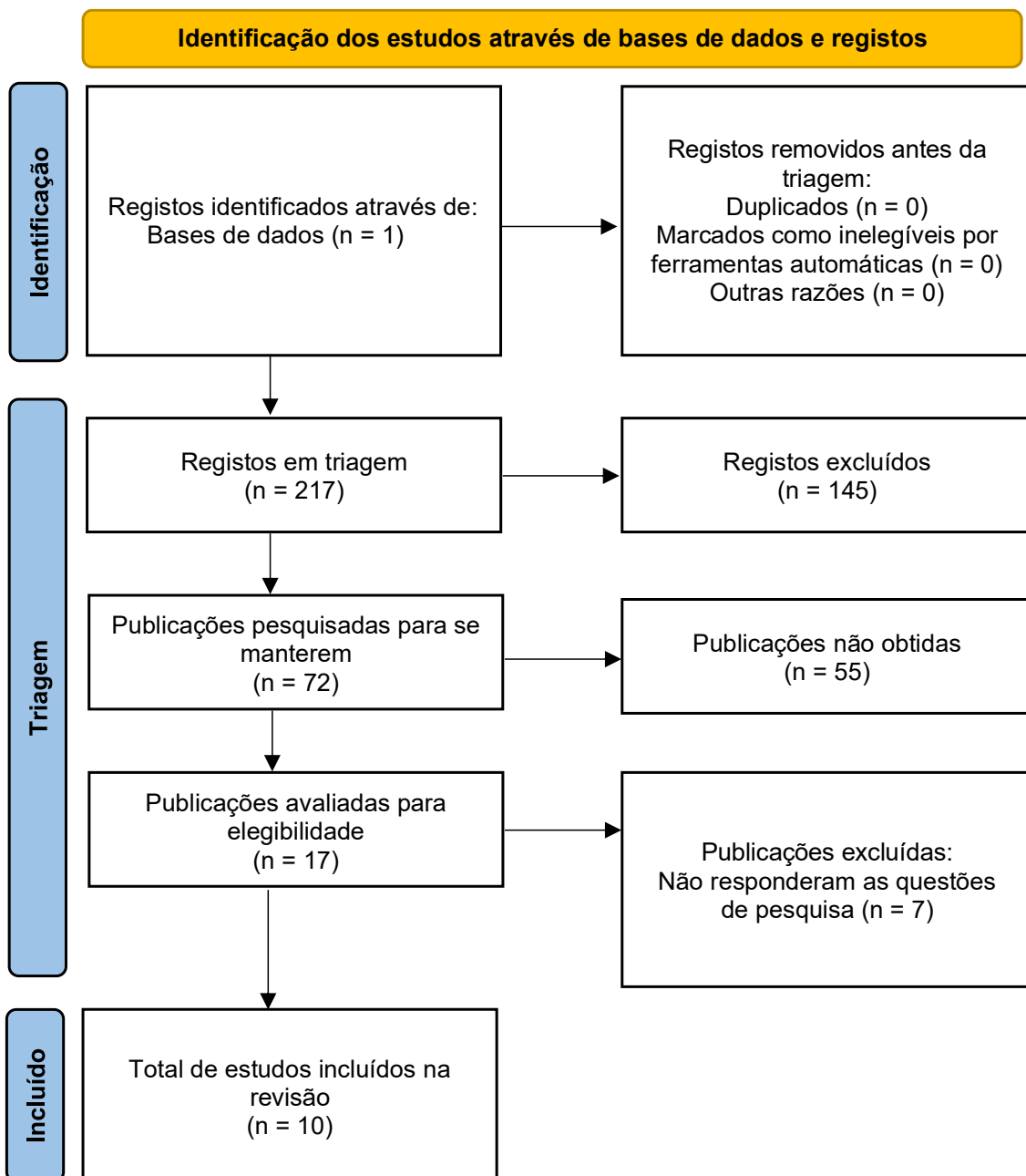


Figura 4. Processo de busca da *Rapid Review* sobre Prospecção Tecnológica.

Tabela 5. Questões utilizadas na *Rapid Review* sobre Prospecção Tecnológica.

Código	Questão de pesquisa específica da <i>Rapid Review</i>
PT-Q1	Quais são as principais limitações e desafios dos FSS em relação à interoperabilidade e à integração de múltiplos métodos?
PT-Q2	Como a automação das transições entre métodos impacta a eficiência, a precisão e a usabilidade dos processos de Prospecção Tecnológica?
PT-Q3	Como a implementação de um <i>framework</i> de comunicação padronizado, como o Dublin Core, impacta a eficiência e a usabilidade dos <i>workflows</i> em um FSS?

Tabela 6. Publicações selecionadas na *Rapid Review* sobre Prospecção Tecnológica.

Referência	Título	Ano de Publicação
(Herrera-Vallejera; Gorbea-Portal, 2024)	<i>Technology Foresight Index to Support Science and Technology Policy-Making in the Field of Pharmacology/ Pharmacy: A Scientometric Analysis</i>	2024
(Offerman et al., 2023)	<i>Technology Forecasting: Action Research on Integrating Scenario Planning and Text Mining</i>	2023
(Mohammad Ganji Nik et al., 2023)	<i>Forecasting Factors Affecting Stock Price Fluctuations Using the Scenario Planning Approach</i>	2023
(Linturi et al., 2022)	<i>Radical Technology Inquirer: a methodology for holistic, transparent and participatory technology foresight</i>	2022
(Bonaccorsi; Apreda; Fantoni, 2020)	<i>Expert biases in technology foresight. Why they are a problem and how to mitigate them</i>	2020
(Apreda et al., 2019)	<i>Expert forecast and realized outcomes in technology foresight</i>	2019
(Gruetzemacher, 2019)	<i>A holistic framework for forecasting transformative AI</i>	2019
(Iden; Methlie; Christensen, 2017)	<i>The nature of strategic foresight research: A systematic literature review</i>	2017
(Ondrus; Bui; Pigneur, 2015)	<i>A Foresight Support System Using MCDM Methods</i>	2015
(Kolominsky-Rabas et al., 2015)	<i>Technology foresight for medical device development through hybrid simulation: The ProHTA Project</i>	2015

### 2.2.1. PT-Q1: Quais são as principais limitações e desafios dos FSS em relação à interoperabilidade e à integração de múltiplos métodos?

Os FSS existentes enfrentam barreiras significativas na integração de diferentes tipos de métodos de Prospecção Tecnológica. Há uma falta de interoperabilidade entre métodos e ferramentas, pois a maioria dos *frameworks* não é projetada para a troca de dados de forma contínua, devido à ausência de formatos e protocolos de comunicação padronizados. Cada método gera saídas em formatos distintos, exigindo transformação manual antes que possam servir como entrada para os métodos subsequentes. Essa intervenção manual causa atrasos, aumento de erros e gargalos no *workflow* de Prospecção Tecnológica (Iden; Methlie; Christensen, 2017).

A literatura mostra que as organizações enfrentam dificuldades para encadear métodos de prospecção, pois a falta de um *framework* comum obriga os analistas a realizar tarefas demoradas de reformatar dados, limitando a automação e a eficiência das plataformas FSS (Ondrus; Bui; Pigneur, 2015).

Há também desafios na combinação de abordagens qualitativas e quantitativas. As qualitativas tendem à subjetividade e à dificuldade de estruturar o conhecimento, enquanto as quantitativas requerem variáveis transparentes e interativas para melhor interpretação (Ondrus; Bui; Pigneur, 2015). Métodos baseados em especialistas, como o Delphi, podem sofrer com falta de imaginação dos participantes, distorcendo os resultados e exigindo estratégias de mitigação (Bonaccorsi; Apreda; Fantoni, 2020). Já os modelos quantitativos frequentemente assumem relações lineares em contextos complexos, o que pode não refletir as dinâmicas que ocorrem no mundo real (Apreda et al., 2019).

Além disso, os sistemas atuais frequentemente apresentam baixa escalabilidade quando se tenta incorporar novos métodos de Prospecção Tecnológica, devido a arquiteturas rígidas e não modulares. Cada nova integração requer desenvolvimento customizado, elevando custos e prazos (Apreda et al., 2019). Esses fatores limitam a capacidade das organizações de realizar análises multimétodo robustas que poderiam gerar percepções estratégicas mais abrangentes.

### **2.2.2. PT-Q2: Como a automação das transições entre métodos impacta a eficiência, a precisão e a usabilidade dos processos de Prospecção Tecnológica?**

A automação das transições entre métodos de Prospecção Tecnológica oferece ganhos potenciais de eficiência e precisão, mas também apresenta desafios. A combinação de mineração de texto e planejamento de cenários é uma abordagem promissora, pois integra análise de dados históricos com incertezas futuras. A automação da análise de dados pode acelerar significativamente o processo e aumentar a eficácia (Apreda et al., 2019).

Entretanto, a dependência excessiva de métodos quantitativos pode levar à negligência de *insights* qualitativos, essenciais para capturar nuances e contextos que os números não representam plenamente. Assim, é necessário equilibrar automação e

juízo humano para garantir previsões precisas e úteis à tomada de decisão (Apreda et al., 2019; Offerman et al., 2023).

A mineração de texto reduz vieses e amplia a profundidade da análise, enquanto cenários lidam com forças externas incertas (Mohammad Ganji Nik et al., 2023). Contudo, a complexidade técnica e a falta de experiência dos participantes dificultam sua integração (Offerman et al., 2023).

A literatura ressalta que o sucesso da automação depende do estabelecimento de padrões de metadados e protocolos de comunicação que assegurem a interoperabilidade entre métodos (Gruetzemacher, 2019). Além disso, os sistemas automatizados devem incluir mecanismos de validação para detectar inconsistências ou erros durante as transições, evitando que falhas se propaguem pelo processo de Prospecção Tecnológica (Bonaccorsi; Apreda; Fantoni, 2020).

### **2.2.3. PT-Q3: Como a implementação de um *framework* de comunicação padronizado, como o Dublin Core, impacta a eficiência e a usabilidade dos *workflows* em um FSS?**

Embora as fontes não mencionem especificamente o Dublin Core, destaca-se a importância de estruturas padronizadas de comunicação como um fator para melhorar a eficiência e a usabilidade dos FSS. A padronização pode facilitar a troca de informações entre diferentes sistemas e métodos de Prospecção Tecnológica, além de melhorar a organização e a recuperação de dados (Iden; Methlie; Christensen, 2017). A falta de estruturas de comunicação claras dificulta a colaboração entre os *stakeholders* e torna mais complexa a interpretação dos resultados da Prospecção Tecnológica (Ondrus; Bui; Pigneur, 2015).

Uma forma de aprimorar a usabilidade das ferramentas de Prospecção Tecnológica é por meio do uso de metadados padronizados, que facilitam a busca, identificação e categorização de informações relevantes. A implementação de estruturas de metadados organizadas também pode apoiar o desenvolvimento de ferramentas de visualização de dados mais eficazes, melhorando a clareza dos resultados da Prospecção Tecnológica (Herrera-Vallejera; Gorbea-Portal, 2024). As ferramentas de Prospecção Tecnológica devem permanecer escaláveis e ajustáveis a diferentes necessidades de análise, em vez de serem restringidas por estruturas rígidas. Isso garante que os *insights*

derivados da Prospecção Tecnológica, como cenários e *roadmaps*, não se limitem a especialistas, mas possam informar a tomada de decisão em diversos setores (Gruetzemacher, 2019).

Quando os métodos de Prospecção Tecnológica operam com estruturas de dados e práticas de documentação distintas, a demanda de processamento de informação pelos analistas aumenta, pois eles precisam compreender e navegar entre múltiplos formatos e convenções. Estruturas padronizadas reduzem essa complexidade, estabelecendo padrões consistentes para descrever, armazenar e transmitir informações entre diferentes métodos. Essa consistência permite que os analistas transitem entre diversos métodos de Prospecção Tecnológica com menor resistência, já que a estrutura fundamental de entradas e saídas permanece previsível e familiar (Kolominsky-Rabas et al., 2015). A literatura indica que essa padronização pode reduzir a barreira de entrada para novos usuários de plataformas FSS, uma vez que a curva de aprendizado associada à compreensão de formatos de dados diversos é mitigada quando um *framework* unificado é adotado.

Além disso, estruturas de comunicação padronizadas facilitam o desenvolvimento de arquiteturas FSS modulares e extensíveis. Quando os métodos seguem padrões comuns para a especificação de entradas e saídas, novos métodos de Prospecção Tecnológica podem ser integrados a sistemas existentes com mínima adaptação necessária. Essa modularidade apoia a evolução das plataformas FSS ao longo do tempo, permitindo que as organizações incorporem inovações metodológicas sem precisar redesenhar completamente o sistema. Pesquisas sugerem que a padronização também aumenta o potencial de colaboração interorganizacional em atividades de prospectiva, já que diferentes instituições podem compartilhar dados, métodos e resultados com mais facilidade ao trabalharem dentro de um *framework* comum (Kolominsky-Rabas et al., 2015). Ademais, o uso de metadados padronizados possibilita melhor documentação e rastreabilidade dos processos de Prospecção Tecnológica, apoiando os esforços de garantia de qualidade e facilitando a validação dos resultados de prospectiva por revisores independentes ou *stakeholders* (Linturi et al., 2022).

### **2.2.3.1. Future-oriented Technology Analysis (FTA)**

Para fins desta dissertação, estamos utilizando os termos Prospecção Tecnológica e FTA de forma indistinguível, a fim de não confundir o leitor com uma complexidade que vai além do escopo deste trabalho. Contudo, no restante deste capítulo, será mantido

a terminologia FTA, por simplicidade e maior coerência com os termos utilizados na *Rapid Review*. Barbosa (2018) descreve de forma abrangente tanto FTA quanto suas subdivisões.

O *Future-oriented Technology Analysis* constitui um termo guarda-chuva que abrange todos os métodos de Prospecção Tecnológica, aplicáveis tanto ao curto quanto ao longo prazo. Trata-se de um conjunto de métodos e práticas sistemáticas voltadas a antecipar e apoiar decisões sobre tecnologias emergentes, contemplando seu desenvolvimento e possíveis impactos futuros (Porter et al., 2004). O FTA adota uma abordagem holística, na qual as tecnologias são analisadas em sua interação com os sistemas sociais, econômicos e ambientais (Haegeman et al., 2013). Enquanto a *Technology Forecasting* tende a buscar prever desenvolvimentos específicos (Koivisto et al., 2009), a FTA frequentemente se volta para implicações mais amplas – não apenas quais tecnologias podem surgir, mas como elas moldarão e serão moldadas pela sociedade. Trata-se de um arcabouço integrador que combina prospectiva, avaliação de impactos e exploração de cenários, com o objetivo de preparar e influenciar o futuro (Eerola; Miles, 2011; Haegeman et al., 2013).

A FTA utiliza um conjunto de técnicas, incluindo o *visioning*, que envolve a elaboração de cenários futuros desejáveis, e o *backcasting*, que opera de forma retroativa a partir de um futuro ideal, definindo os caminhos necessários para alcançá-lo (Jørgensen; Grosu, 2007; Quist; Vergragt, 2006). Também incorpora a análise de *stakeholders*, de modo a considerar diferentes perspectivas na formulação de políticas e estratégias tecnológicas (Quist; Vergragt, 2006). Ao fazer isso, a FTA amplia a participação e estimula esforços colaborativos voltados à compreensão das dinâmicas complexas da evolução e da mudança tecnológica (Scapolo; Porter, 2008).

Uma das características distintivas da FTA é sua abordagem contextual e ecossistêmica das tecnologias. Enquanto a maioria dos métodos de Prospecção Tecnológica se concentra na inovação individual ou em tendências específicas, a FTA analisa as interações entre as tecnologias e fatores externos, como percepção pública, marcos regulatórios e considerações éticas. Por exemplo, uma análise FTA pode investigar como a inteligência artificial impacta o emprego em diferentes setores, ao mesmo tempo em que avalia políticas que possam mitigar os efeitos disruptivos sobre a sociedade. Essa perspectiva mais ampla permite que a FTA forneça *insights* estratégicos sobre como o progresso tecnológico pode ser alinhado aos objetivos e valores sociais (Eerola; Miles, 2011; Skulimowski; Köhler, 2023).

### **2.2.3.2. *Technological Forecasting***

O *Technological Forecasting* é um processo sistemático voltado para identificar a direção mais provável da mudança tecnológica e seu impacto potencial sobre a sociedade, as indústrias e a economia global (Balachandra, 1980). Diferentemente de abordagens especulativas, o *Technological Forecasting* baseia-se em métodos fundamentados em evidências para identificar padrões e projetar desenvolvimentos futuros. Ela desempenha um papel essencial na preparação de organizações e governos para os desafios e oportunidades decorrentes das rápidas transformações tecnológicas (Coates, 2010). Entre as principais técnicas utilizadas estão a extrapolação de tendências, que utiliza dados históricos para projetar o crescimento futuro, e o planejamento de cenários, que explora futuros alternativos com base em diferentes premissas (Agami et al., 2008). Outras abordagens, como os estudos Delphi, reúnem percepções de especialistas para prever colaborativamente mudanças tecnológicas, enquanto o *roadmapping* define caminhos específicos de desenvolvimento tecnológico e sua articulação com objetivos estratégicos. Cada técnica oferece visões complementares, atendendo às necessidades de diferentes tomadores de decisão – desde adoções de curto prazo até perspectivas de inovação de longo prazo (Battistella; De Toni, 2011; Eerola; Miles, 2011).

A essência do *Technological Forecasting* está em sua aplicação prática. Empresas podem utilizá-la para antecipar a demanda dos consumidores por produtos de próxima geração, enquanto formuladores de políticas públicas podem elaborar regulações que incentivem a inovação e reduzam riscos (Chou et al., 2022). Contudo, é importante destacar que o *Technological Forecasting* não busca prever o futuro com total certeza; seu propósito é identificar futuros prováveis, plausíveis e desejáveis, fornecendo uma base estratégica para o planejamento proativo e a alocação de recursos (Ahmad, 2019). Embora tanto o *Technological Forecasting* quanto a FTA compartilhem o objetivo de preparar melhor para o futuro, diferem em escopo e aplicação. O *Technological Forecasting* é mais focado e delimitado no futuro próximo, buscando previsões específicas sobre tendências e desenvolvimentos tecnológicos com base em dados e opiniões de especialistas (Cagnin; Havas; Saritas, 2013). Essa abordagem é especialmente útil para organizações que desejam inovar dentro de um domínio tecnológico bem definido ou para setores que exigem precisão no planejamento estratégico.

Por outro lado, a FTA considera não apenas as tecnologias em si, mas também seus impactos sociais, econômicos e ambientais. Trata-se de um processo exploratório e

adaptativo, baseado no diálogo entre múltiplos *stakeholders* sobre as possibilidades de futuros (Eerola; Miles, 2011). Enquanto o *Technological Forecasting* fornece *insights* detalhados sobre inovações específicas, a FTA as contextualiza em um panorama mais amplo, abordando questões como preparo social, implicações políticas e considerações éticas (Coates et al., 2001; Firat; Woon; Madnick, 2008).

Em conjunto, o *Technological Forecasting* oferece os insumos detalhados que alimentam os cenários e avaliações de impacto da FTA, enquanto a abordagem inclusiva e multidisciplinar da FTA enriquece a compreensão das tendências tecnológicas com contexto e nuance. Essa aplicação combinada permite que tomadores de decisão lidem de forma mais eficaz com os desafios da transformação tecnológica, equilibrando prioridades imediatas com visões de longo prazo voltadas ao desenvolvimento sustentável e equitativo (Cagnin; Havas; Saritas, 2013; Eerola; Miles, 2011).

Entre as principais metodologias empregadas no *Technological Forecasting* destacam-se a análise e extrapolação de tendências, o método Delphi e a análise de impacto cruzado. A primeira consiste em observar e projetar o comportamento futuro das tecnologias a partir de tendências e padrões atuais, partindo do pressuposto de que as trajetórias observadas hoje tendem a se manter, ainda que isso não seja garantido devido à natureza imprevisível das inovações disruptivas (Agami et al., 2008). O método Delphi, por sua vez, baseia-se em um painel de especialistas que fornecem sucessivas rodadas de avaliações e *feedbacks* sobre possíveis desenvolvimentos tecnológicos, até que se alcance um consenso capaz de gerar previsões mais robustas e confiáveis (Linstone; Turoff, 2002). Já a análise de impacto cruzado assume que diferentes tecnologias e eventos podem se influenciar mutuamente no futuro, permitindo identificar sinergias ou conflitos entre inovações emergentes e compreender como determinados avanços podem estimular ou inibir o desenvolvimento de outros (Bañuls; Turoff, 2011). Essas metodologias, embora distintas em abordagem, complementam-se ao oferecer diferentes perspectivas sobre a dinâmica da mudança tecnológica e suas implicações estratégicas

### **2.2.3.3. Foresight**

O *Foresight* é um processo sistemático e participativo voltado para explorar futuros possíveis e orientar a tomada de decisões no presente. Vai além da mera previsão ou projeção, pois envolve diversos *stakeholders* na construção de múltiplos cenários plausíveis, capazes de capturar tanto oportunidades quanto desafios. Entre as técnicas comumente empregadas nesse processo estão o *horizon scanning*, o planejamento de

cenários e os estudos Delphi, utilizados para identificar principais vetores de mudança e suas possíveis interações. Nesse sentido, o *Foresight* complementa o *Technological Forecasting*, oferecendo um arcabouço mais amplo que situa tendências tecnológicas específicas dentro de contextos sociais e econômicos mais extensos (Battistella; De Toni, 2011; Coates, 2010).

Sua relação com o FTA é particularmente evidente nos casos em que a prospectiva ilumina as interações entre o desenvolvimento tecnológico e os sistemas econômicos, sociais e políticos. Em vez de simplesmente estender a projeção linear de uma tendência tecnológica específica, a prospectiva insere essas tendências em cenários marcados por incertezas e possíveis rupturas. Dessa forma, os tomadores de decisão passam a lidar com múltiplas possibilidades, o que lhes permite antecipar-se a riscos, aproveitar oportunidades e assegurar uma preparação mais robusta frente às transformações futuras (Cagnin; Havas; Saritas, 2013).

#### **2.2.3.4. Technology Assessment**

O *Technology Assessment* (avaliação tecnológica) envolve a análise dos impactos atuais e futuros das novas e emergentes tecnologias dentro de um contexto ético e regulatório. Dessa forma, busca garantir que as transformações tecnológicas reflitam os valores coletivos da sociedade e atuem como catalisadores para o desenvolvimento de respostas públicas adequadas. Ao avaliar riscos e benefícios potenciais, a avaliação tecnológica apoia usuários e demais *stakeholders* na tomada de decisões informadas sobre a introdução, aceitação ou regulação do uso de tecnologias. Ela enfatiza a necessidade de alinhar o preparo para a adoção tecnológica com a prontidão da sociedade, das instituições políticas e das considerações éticas (Bozeman; Rossini, 1979).

A avaliação tecnológica também busca definir aspectos críticos que influenciam áreas como energia sustentável, saúde e inteligência artificial, nas quais desempenha um papel relevante. Por exemplo, enquanto o *Foresight* tende a extrapolar em um longo prazo as tendências previstas pelo *Technological Forecasting*, o *Technology Assessment* analisa os impactos ambientais, as questões éticas e os desafios regulatórios que acompanham esses avanços. Assim, para além da viabilidade técnica, a introdução de novas tecnologias deve ser socialmente aceitável e coerente com os objetivos de sustentabilidade de longo prazo (Bozeman; Rossini, 1979; Blair, 1994).

## Capítulo 3 – Dublin Core como Integrador de Dados entre Métodos de Prospecção Tecnológica

Estudos de Prospecção Tecnológica utilizam múltiplos métodos que fornecem diferentes perspectivas e *insights* sobre os cenários futuros. Contudo, um dos principais desafios enfrentados pelos FSS é a falta de interoperabilidade entre os métodos de Prospecção Tecnológica (Ondrus; Bui; Pigneur, 2015). Atualmente, cada método apresentado no TIAMAT utiliza diferentes tipos de entrada e gera saídas em formatos distintos, geralmente exigindo formatação manual antes que possam ser usados como entrada para o método seguinte. Essa ausência de padronização resulta em ineficiências, perda de informações e impossibilidade de automação na conexão dos métodos em *workflows*.

Neste trabalho é proposto o uso do Dublin Core Metadata Initiative como um padrão de comunicação para integrar os métodos de Prospecção Tecnológica. Por meio da implementação de elementos de metadados estruturados, a pesquisa visa garantir que a saída de um método possa ser utilizada diretamente como entrada para o próximo, sem necessidade de intervenção manual. Essa solução busca aprimorar o grau de automação, a usabilidade e a consistência dos dados no TIAMAT.

A falta de padronização na integração de métodos no TIAMAT representa uma limitação que pode afetar a escalabilidade metodológica. Pesquisas existentes destacam a necessidade de uma comunicação estruturada entre diferentes métodos de Prospecção Tecnológica, mas até o momento nenhuma solução amplamente reconhecida foi adotada. O DCMI é um *framework* de metadados consolidado, flexível e amplamente utilizado, projetado para facilitar a recuperação, classificação e interoperabilidade de informações entre sistemas. Sua simplicidade e adaptabilidade o tornam um forte candidato para conectar as saídas dos métodos de Prospecção Tecnológica, assegurando que elementos de metadados estruturados (como *Title*, *Description*, *Date*, *Type* e *Format*) permitam uma transição de dados mais fluida entre os métodos.

Ao aplicar o Dublin Core no TIAMAT, esta abordagem tem como objetivo melhorar a interoperabilidade entre os métodos, reduzir o esforço manual na transição entre métodos de Prospecção Tecnológica. O trabalho é relevante para públicos envolvidos em Prospecção Tecnológica, independente da vertente específica, desde que utilizem *workflows* de métodos de Prospecção Tecnológica. Desenvolvedores de FSS também poderão aplicar esses resultados para aprimorar a arquitetura de sistemas.

Embora essa pesquisa possa ser implementada em diferentes ferramentas de *Foresight*, foi escolhido o TIAMAT – uma plataforma desenvolvida para integrar múltiplos métodos de Prospecção Tecnológica em *workflows* estruturados – como estudo de caso real para testar e validar o padrão de comunicação baseado em Dublin Core proposto. Em trabalhos futuros, os resultados poderão ser aplicados a outras plataformas de FSS. Atualmente, o TIAMAT suporta treze métodos de Prospecção Tecnológica: Análise Bibliométrica, *Brainstorming*, Análise de Impacto Cruzado, Delphi, *Futures Wheel*, Entrevistas, Análise de Opções, *Roadmap*, Cenários, Análise de *Stakeholders*, SWOT, Extrapolação de Tendências e Análise de Impacto de Tendências. Cada um deles utiliza diferentes formatos de entrada e saída. Por exemplo, o método *Futures Wheel* gera uma lista de impactos como saída, enquanto o Delphi requer conjuntos de dados estruturados como entrada. Essa falta de padronização entre métodos dificulta a conexão entre métodos. O desafio consiste em estabelecer um padrão de comunicação comum que permita o fluxo de dados entre os métodos sem perda de integridade ou usabilidade das informações.

Para alcançar esse objetivo, será conduzida uma análise incremental dos dados de entrada e saída de cada método no TIAMAT, mapeando detalhadamente essas estruturas. Os modelos de metadados serão baseados nos elementos do Dublin Core, como *Title*, *Description*, *Date*, *Type*, *Format* e *Coverage*, entre outros, para definir uma metodologia padronizada de representação dos dados. A implementação dos metadados será realizada em Python, por meio de uma classe chamada *DublinCoreMetadata*, responsável por estruturar e validar os metadados, permitindo transições mais simples entre métodos. Funções adicionais serão desenvolvidas para gerar automaticamente os metadados logo após a execução de um método. *Parsers* serão implementados para consumir os metadados e estruturar os dados adequadamente para a próxima técnica, utilizando o formato JSON. Isso padroniza o armazenamento e o intercâmbio de informações, aplicando um caso de uso que demonstra a execução sequencial de múltiplas técnicas.

Desta forma, inicialmente foi realizada uma análise detalhada de cada um dos métodos de Prospecção Tecnológica presentes no TIAMAT, a fim de compreender seus respectivos dados de entrada e saída e identificar quais definições do padrão Dublin Core melhor se aplicam a cada caso. Em seguida, definiu-se a ordem ideal de execução dos métodos, facilitando o processo de padronização. Após esses estudos, as entradas e saídas de cada método foram listadas na Tabela 7.

Tabela 7. Métodos de Prospecção Tecnológica no TIAMAT.

<b>Método</b>	<b>Entrada</b>	<b>Saída</b>
Análise Bibliométrica	Conjunto de dados de publicações acadêmicas, patentes ou fontes bibliométricas.	Lista de documentos selecionados, indicando título, autores e ano de publicação.
<i>Brainstorming</i>	Um tema amplo ou declaração de problema.	Lista de ideias, desafios e soluções.
Análise de Impacto Cruzado	Matriz de variáveis ou fatores com probabilidades e relações.	Probabilidades ajustadas de eventos futuros possíveis, cenários de impacto e mapas de dependência.
Delphi	Questionário estruturado ou pesquisa voltada a opiniões de especialistas sobre um problema complexo.	Percepções agregadas dos especialistas, declarações de consenso e classificações de prioridade, geralmente visando resolver o problema.
<i>Futures Wheel</i>	Um evento central inicial ou inovação a ser analisada.	Diagrama em forma de mapa com impactos em cascata e consequências prováveis (efeitos primários, secundários e terciários).
Entrevistas	Perguntas ou tópicos predefinidos para discussão com <i>stakeholders</i> ou especialistas.	Conhecimento tácito, dados qualitativos, transcrições de entrevistas ou percepções resumidas.
Análise de Opções	Lista de opções de decisão ou cenários com critérios e restrições relacionados.	Lista de opções priorizadas ou classificadas com recomendações estratégicas.
<i>Roadmap</i>	Metas estratégicas, cronogramas e tecnologias ou processos relevantes.	Roteiro visual com marcos, trajetórias e planos de ação.
Análise de Cenários	Principais fatores de mudança, incertezas e suposições de base.	Cenários futuros detalhados, incluindo narrativas e visualizações.
Análise de <i>Stakeholders</i>	Lista de <i>stakeholders</i> , seus papéis e relações com um projeto ou tecnologia.	Mapas de <i>stakeholders</i> , matrizes de influência/interesse e estratégias de engajamento.
Análise SWOT	Dados ou percepções sobre uma organização, projeto ou tecnologia.	Estrutura categorizada identificando forças, fraquezas, oportunidades e ameaças.
Extrapolação de Tendências	Dados históricos em séries temporais ou observações passadas.	Tendências projetadas e suas trajetórias prováveis.
Análise de Impacto de Tendências	Dados de tendências históricas e eventos disruptivos potenciais (quantitativos ou qualitativos).	Projeções de tendências atualizadas com cenários ajustados.

### 3.1. O Modelo Proposto

Para orientar e representar esta dissertação, foi desenvolvido um modelo para o processo de integração entre os métodos do TIAMAT. Esse modelo foi criado para facilitar a comunicação contínua entre diferentes métodos de Prospecção Tecnológica, utilizando o padrão de metadados Dublin Core como referência de comunicação. Ele se concentra no fluxo de dados, garantindo que a saída de um método possa ser usada diretamente como entrada para o método seguinte, sem necessidade de transformação adicional.

O modelo identifica os elementos do Dublin Core e os métodos do TIAMAT envolvidos no processo de padronização, além da divisão de pesquisa representada pelo usuário do TIAMAT, que é um analista da Prospecção Tecnológica. No processo de padronização, um método anterior é representado com foco em sua saída, que será usada como entrada para o próximo método. Essa saída é então padronizada por meio dos elementos do Dublin Core e armazenada em um arquivo de metadados estruturado em JSON, posteriormente inserido em um repositório de metadados.

A partir desse repositório, é possível realizar o controle de versão, permitindo que o processo seja executado a qualquer momento e mitigando possíveis erros relacionados a diferenças entre versões. Além disso, o repositório de metadados fornece a base para a validação dos métodos, etapa essencial, já que a saída de um método pode apresentar limitações para se conectar ao próximo. Algumas saídas podem ser específicas demais, impossibilitando seu uso em outros métodos; por isso, a validação ajuda o usuário a decidir qual será o próximo método a ser utilizado. Por fim, a entrada é preparada para ser usada no método seguinte. O modelo é flexível e pode ser aplicado em diversos contextos organizacionais, permitindo uma análise prospectiva mais ampla ou profunda. Também é adaptável a organizações com diferentes estruturas hierárquicas, como *startups* e empresas com centros de P&D. O modelo deve ser instanciado conforme o contexto de cada organização.

O primeiro passo consiste em identificar os centros de P&D e os responsáveis por sua gestão. No entanto, não há uma obrigatoriedade formal entre as funções hierárquicas das divisões estratégicas ou centros táticos nas organizações que adotam esse modelo, seja na divisão de pesquisa ou nos centros de P&D.

Em nosso cenário descritivo, focamos em apenas em um usuário do TIAMAT atuando como analista da Prospecção Tecnológica, independentemente se ele faz parte do centro de pesquisa ou da divisão de pesquisa. Contudo, o modelo pode ser ajustado para refletir as necessidades específicas da organização.

A Figura 5 apresenta o modelo projetado para representar o fluxo de dados entre métodos, o processo de padronização usando os elementos do Dublin Core, e as etapas necessárias para garantir uma comunicação eficiente e padronizada dentro do *framework* TIAMAT. Esse modelo promove um fluxo contínuo e estruturado de dados, aumentando a efetividade e interoperabilidade do processo de análise prospectiva.

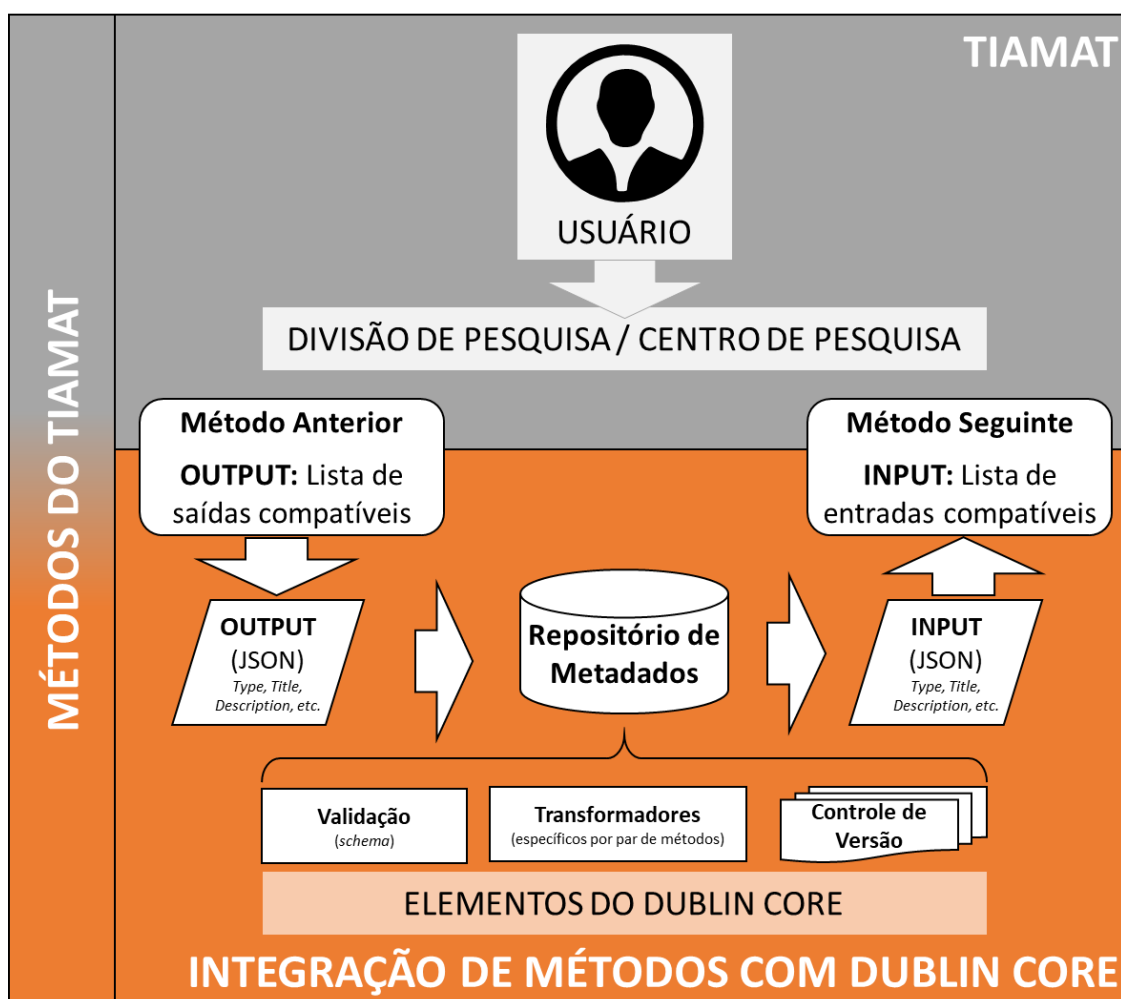


Figura 5. Modelo de padronização dos métodos TIAMAT com o Dublin Core.

### 3.2. O Processo Proposto

Para o devido entendimento do processo proposto, se faz necessário entender como funciona o Processo TIAMAT (Barbosa, 2018). O Processo TIAMAT tem como objetivo organizar as interações que ocorrem em uma Prospecção Tecnológica

distribuída. O processo apoia a definição a execução da Prospecção Tecnológica, para o apoio da decisão por meio de *workflows* que encadeiam métodos de Prospecção Tecnológica. A premissa central do TIAMAT é que estudos dessa natureza podem ser generalizados como um *workflow* de métodos de Prospecção Tecnológica.

O processo TIAMAT (Barbosa, 2018) inicia quando tomadores de decisão identificam uma necessidade relacionada a uma decisão tecnológica (por exemplo, monitoramento de concorrentes, avaliação de mercado, previsão de demanda). Havendo a necessidade de Prospecção Tecnológica, a Divisão de Pesquisa – que representa o escopo mais alto das unidades de P&D da organização – delimita o escopo, define responsabilidades, seleciona os métodos e estabelece a ordem de execução em forma de *workflow*, conforme apresentado na Figura 6.

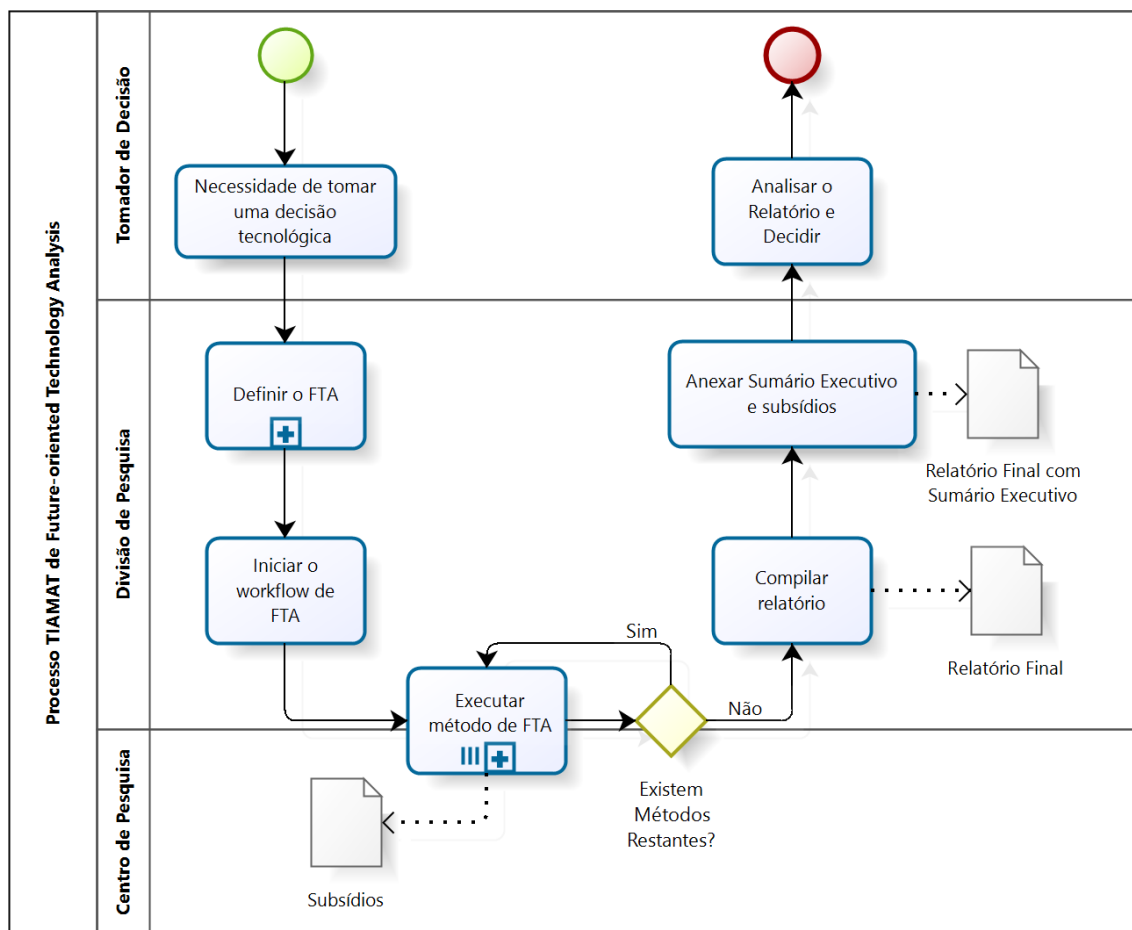


Figura 6. Processo de Prospecção Tecnológica do TIAMAT.

Na execução, cada método começa com a análise dos subsídios produzidos pelos métodos anteriores, quando existentes. Em seguida, o método de Prospecção Tecnológica é realizado e o conhecimento gerado é formalizado como um subsídio – um relatório parcial focado no método aplicado. Este subsídio deve então ser armazenado no

TIAMAT. Barbosa (2018) detalhou o subprocesso de definição do estudo, apresentado na Figura 7, e o de execução de cada método, apresentado na Figura 8. Destacamos que no *framework* TIAMAT, um método de Prospecção Tecnológica pode ser executado de forma operacional ou estratégica: na prática, isso indica “quem” está executando o método, se é a Divisão de Pesquisa (estratégico) ou um Centro de Pesquisa (operacional). Essas diferenças são conceituais e não chegam a interferir no modo de operação do sistema TIAMAT.

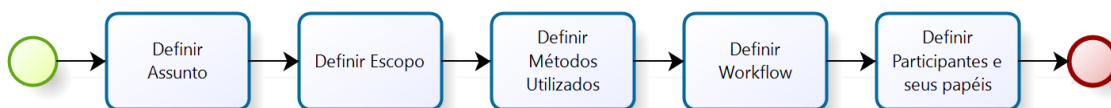


Figura 7. Subprocesso de Definição da Prospecção Tecnológica do TIAMAT.

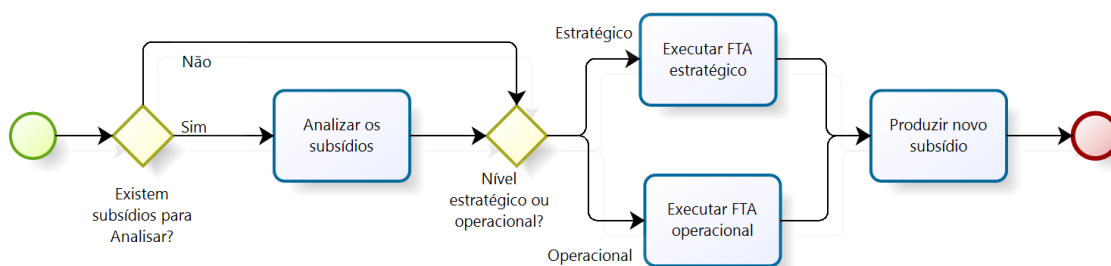


Figura 8. Subprocesso de Execução de Método de Prospecção Tecnológica.

Ao final do *workflow*, a Divisão de Pesquisa compila todos os subsídios em um relatório e elabora um Sumário Executivo. O tomador de decisão recebe o relatório com o Sumário Executivo e o conjunto de subsídios, podendo ajustar a profundidade da análise para fundamentar sua decisão.

Conforme apontado por Barbosa (2018), o TIAMAT depende que o analista da Prospecção Tecnológica intervenha manualmente na transição de um método para outro. Ele precisa concluir a execução de cada método, obter um resultado parcial, que é armazenado manualmente no sistema, ficando disponível o uso (ou não) por métodos subsequentes. Essa falta de integração entre os métodos torna o processo mais trabalhoso e demorado, pois o analista precisa checar todas as etapas realizadas quando for iniciar o próximo método. Se for necessário utilizar quatro ou cinco métodos em sequência, o processo se torna muito mais longo e aumenta a probabilidade de erros nas fases de transição entre métodos.

Com o objetivo de apoiar a integração de métodos usando o Dublin Core, o processo do TIAMAT foi redesenhado, incorporando o Dublin Core como um padrão de comunicação entre métodos de Prospecção Tecnológica, conforme a Figura 9. Dessa

forma, é possível reduzir a intervenção humana e executar o processo de forma semiautônoma, economizando tempo e reduzindo significativamente as chances de erro. O processo simplifica as camadas do TIAMAT para abstrair complexidades que não são relevantes ao problema sendo analisado, assim como omite os subprocessos, uma vez que os mesmos não foram modificados. Finalmente, o processo TIAMAT original ainda pode ser realizado normalmente e a proposta pode ser vista como um processo alternativo.

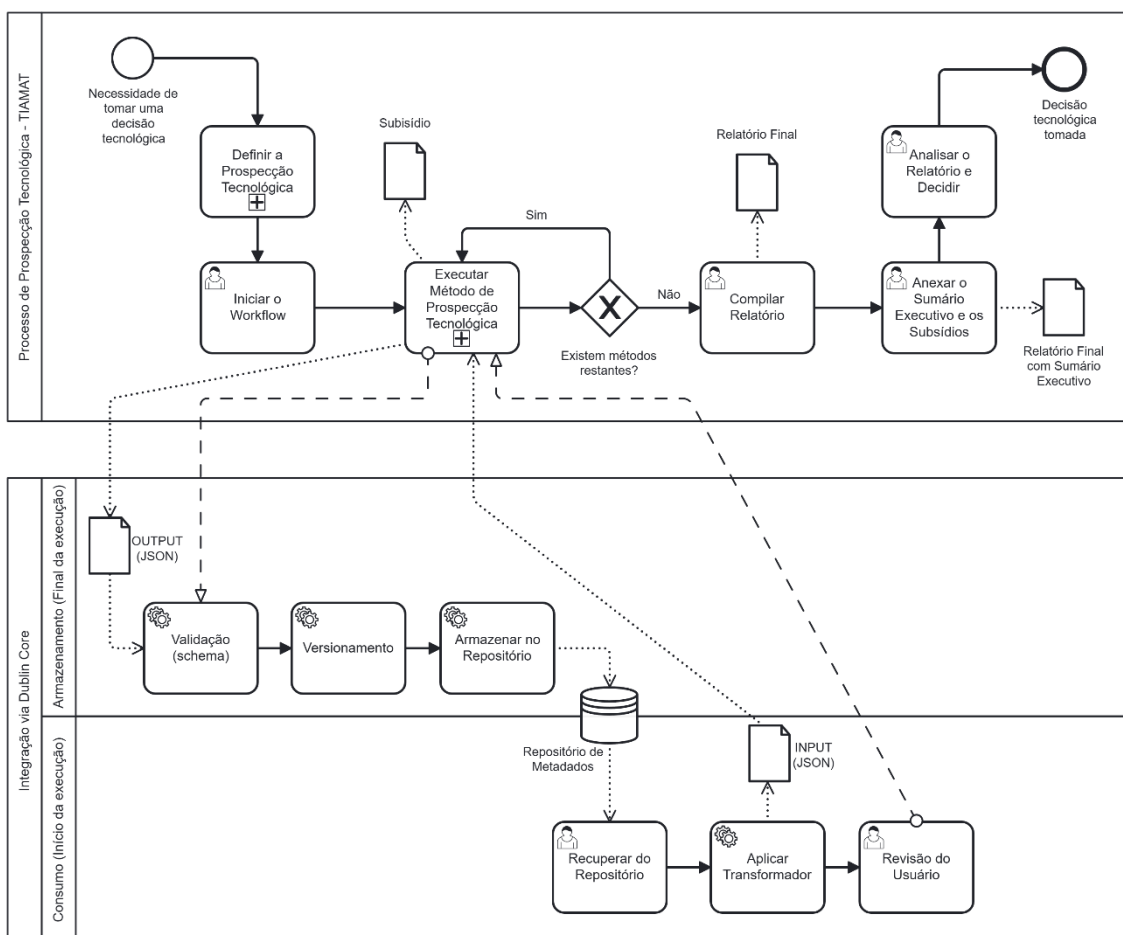


Figura 9. Processo TIAMAT usando o Dublin Core na comunicação entre métodos.

A partir deste ponto, introduz-se o novo processo acoplado ao TIAMAT, que é a contribuição desta dissertação: uma camada de integração, padronização e reuso interno que amplia a interoperabilidade entre métodos de Prospecção Tecnológica. Por meio de validação de esquema, versionamento, descrição por metadados do núcleo Dublin Core e verificação de compatibilidade entre etapas, o encadeamento passa a ser explícito e consistente e transparente até a consolidação do relatório final.

O novo processo se inicia ao finalizar a execução de um método de Prospecção Tecnológica, no qual o sistema produz um OUTPUT (JSON) que registra os resultados e

o contexto da etapa. Esse OUTPUT é o retrato do que o método gerou e permite a rastreabilidade do conteúdo original.

Na sequência, o OUTPUT passa por Validação (*schema*). Neste ponto, o TIAMAT verifica se o JSON atende ao esquema mínimo definido para aquele tipo de método: chaves obrigatórias, tipos de dados, formatos de data e numeração, e presença de identificadores locais. Essa validação é estritamente estrutural e consistente com o método que gerou a saída. Não se aplica ainda nenhum mapeamento semântico; o objetivo é assegurar que o artefato possa ser armazenado de forma correta.

Concluída a validação, ocorre o Versionamento. O TIAMAT atribui automaticamente um identificador único através do elemento *dc:identifier*, seguindo o padrão “TIAMAT-[stepID]-[data]”, onde *stepID* é o identificador único para cada passo específico de um *workflow* e a *data* registra o momento de criação. Essa etapa também registra autor através do *dc:creator*, data e hora de criação através do *dc:date*, origem metodológica através do *dc:source*, e vinculação ao *workflow* através do *dc:relation*, garantindo rastreabilidade temporal completa do subsídio. Este registro de metadados permite reconstruir o contexto e a proveniência de cada evidência produzida ao longo do estudo prospectivo. Em seguida, o artefato é Armazenado no Repositório de Metadados. O TIAMAT persiste o OUTPUT tal como produzido, com índices que viabilizam buscas eficientes. Nessa etapa, não se altera o conteúdo; apenas se garante a disponibilidade do subsídio para o reuso interno. O armazenamento respeita as políticas de retenção e acesso definidas pelo TIAMAT.

O Repositório de Metadados guarda as versões, mantém vínculos entre saídas e estudos, e oferece serviços de consulta e recuperação por filtros (método, assunto, período, equipe, entre outros). Como todo reuso ocorre dentro do próprio TIAMAT, não havendo necessidade de adotar perfis de aplicação do Dublin Core (DCAP) (Baker et al., 2005). Utiliza-se somente o núcleo Dublin Core como vocabulário de descrição quando for o momento de reuso, mantendo a simplicidade e evitando sobrecarga desnecessária.

Quando um novo método vai começar, o sistema recupera do Repositório os OUTPUT relevantes, a serem escolhidos pelo usuário. A recuperação pode trazer uma ou mais saídas candidatas, segundo os filtros definidos pelo analista (por exemplo, todas as saídas da rodada anterior relacionadas a determinado tema).

Com a saída selecionada, é executado o passo Aplicar Transformador. O Transformador é essencial em transformar um OUTPUT de um método em algo consumível pelo método subsequente. Essa transformação é específica para cada par de

métodos, apesar de que métodos com saídas semelhantes possuam transformadores similares. Um Transformador não altera a os dados originais armazenados no TIAMAT: ele gera uma camada descritiva ao mapear os campos do OUTPUT para metadados do núcleo Dublin Core. Como o reuso é interno ao TIAMAT, esse mapeamento busca interoperabilidade entre módulos do próprio sistema, e não entre organizações.

Em seguida, o artefato transformado é importado como INPUT diretamente no novo método. Após a importação, o analista realiza a Revisão do Usuário: confere os dados inseridos e transformados, e permite os ajustes que considerar necessários antes de continuar a execução do novo método, sem burocratizar o fluxo.

Um detalhe importante que deve ser destacado é que antes da importação dos dados é realizada uma verificação de compatibilidade entre os INPUT disponíveis e os requisitos declarados pelo método que está sendo iniciado. Essa checagem ocorre porque não faz sentido implementar transformadores para todas as combinações possíveis de métodos de saída e entrada. Em vez disso, o sistema mantém transformadores e verificações para os encadeamentos efetivamente úteis ao processo de Prospecção Tecnológica.

### 3.3. Dublin Core como Padrão de Comunicação

O DCMI é um dos padrões de metadados mais amplamente utilizados e reconhecidos, voltado para descrever, compartilhar e organizar informações em diversos campos. O conjunto é composto por 15 elementos, como título, criador, assunto, descrição, data e tipo, entre outros (Weibel; Koch, 2000). Esses elementos são propositalmente imprecisos e versáteis, permitindo sua aplicação em múltiplos contextos, desde bibliotecas digitais até estruturas complexas como o TIAMAT. A Tabela 8 detalha cada elemento do DCMI aplicado como padrão de comunicação no TIAMAT.

Tabela 8. Elemento do DCMI aplicados no TIAMAT.

Elemento	Código DCMI	Descrição
Título	dc:title	Refere-se ao nome ou rótulo atribuído a um recurso. É o principal identificador que permite ao usuário compreender do que se trata o conteúdo. Um título bem formulado, como “Análise de <i>Stakeholders</i> no TIAMAT”, funciona como um ponto de entrada claro e objetivo para o tema abordado.
Criador	dc:creator	Indica a pessoa, organização ou entidade responsável pela criação ou autoria do recurso. Pode incluir um

		pesquisador individual, uma equipe ou uma instituição. No contexto do TIAMAT, por exemplo, o criador pode ser o pesquisador principal que criou o <i>workflow</i> .
Assunto	dc:subject	Representa o tema central ou domínio do recurso. Por meio de vocabulários controlados ou palavras-chave padronizadas, auxilia na descoberta e classificação dos materiais. Exemplos aplicáveis ao TIAMAT incluem “Prospecção Tecnológica”, “Cenários” ou “Análise Bibliométrica”.
Descrição	dc:description	Contém um resumo textual ou sinopse do recurso, ajudando o usuário a compreender rapidamente o conteúdo sem precisar lê-lo integralmente. Por exemplo: “Este documento resume os resultados de uma análise Delphi sobre tecnologias emergentes no setor de energia renovável”.
Publicador	dc:publisher	Identifica a entidade responsável por disponibilizar o recurso publicamente, como uma instituição acadêmica, organização de pesquisa ou empresa. Em uma dissertação de mestrado, por exemplo, o publicador seria a universidade que supervisionou o estudo.
Colaborador	dc:contributor	Credita indivíduos ou organizações que desempenharam papéis secundários no desenvolvimento do recurso. Em um <i>workflow</i> baseado no TIAMAT, um especialista que valida os resultados de uma sessão de <i>Brainstorming</i> seria registrado como colaborador.
Data	dc:date	Registra o momento de criação, publicação ou disponibilização do recurso. Normalmente segue o formato internacional ISO 8601, como em “2024-10-13” em um relatório de análise de <i>stakeholders</i> .
Tipo	dc:type	Identifica a natureza ou a forma do recurso – por exemplo: Relatório, Conjunto de Dados ou Visualização. Essa categorização melhora a busca e a compreensão do conteúdo.
Formato	dc:format	Refere-se ao meio técnico ou físico do recurso, como PDF, JSON ou CSV. Esse elemento é essencial em sistemas como o TIAMAT, onde diferentes ferramentas produzem saídas que precisam ser interoperáveis.
Identificador	dc:identifier	Fornecer uma referência única para o recurso, garantindo que ele possa ser localizado ou citado sem ambiguidade. Pode ser um DOI ( <i>Digital Object Identifier</i> ), um URL ( <i>Uniform Resource Locator</i> ) ou um código de referência específico.
Fonte	dc:source	Indica a origem do recurso, especialmente se ele foi copiado ou derivado de outro material. Em uma Análise Bibliométrica no TIAMAT, por exemplo, a fonte poderia ser o banco de dados de onde as medições foram obtidas.

Idioma	dc:language	Define o idioma principal em que o conteúdo está disponível. Devem ser usados códigos padronizados, como “en” para inglês ou “pt” para português. Essa especificação garante que os recursos estejam acessíveis ao público-alvo pretendido.
Relação	dc:relation	Indica conexões entre o recurso atual e outros, formando uma rede de materiais relacionados. Um relatório de análise Delphi, por exemplo, pode estar vinculado a um documento de descrevendo cenários.
Cobertura	dc:coverage	Determina a abrangência espacial ou temporal do recurso. Pode ser geográfica (“Global”) ou temporal (“Dados de 2020 a 2024”). Em estudos de Prospecção Tecnológica, ajuda a delimitar o escopo da análise.
Direitos	dc:rights	Informa sobre propriedade intelectual, licenciamento e restrições de uso do recurso, orientando o usuário sobre como utilizar o material em conformidade com leis de direitos autorais ou políticas de acesso aberto.

O uso do Dublin Core no TIAMAT possibilita padronizar a descrição e a organização dos metadados, tornando o sistema adaptável a evoluções futuras. Todos os métodos de prospecção podem encapsular seus resultados como objetos de metadados Dublin Core, que então se tornam unidades universais de informação reutilizáveis por outros métodos.

## Capítulo 4 – Implementação do Dublin Core no TIAMAT

Este capítulo apresenta a estratégia de incorporação do Dublin Core ao TIAMAT e delinea os elementos necessários à sua operacionalização. Em síntese, a padronização pelo Dublin Core tem como objetivo tornar o TIAMAT mais interoperável. A implementação demonstra a viabilidade de aplicar a padronização Dublin Core às saídas dos métodos de Prospecção Tecnológica dentro do TIAMAT. A abordagem preserva as funcionalidades existentes, acrescentando uma camada de metadados que habilita novas capacidades de integração. Métodos que anteriormente operavam de forma isolada agora podem compartilhar resultados por meio de interfaces padronizadas, reduzindo o esforço manual e permitindo *workflows* mais dinâmicos. A arquitetura modular estabelecida por essa implementação fornece um modelo para estender a padronização a outros métodos. Os padrões de captura de saída, geração de metadados e persistência de dados podem ser replicados, com adaptações específicas a cada método.

O capítulo está organizado em subseções que detalham, de forma progressiva, as etapas da implementação. A seção *Estratégia de Implementação* apresenta a abordagem adotada e os objetivos estratégicos da integração. Em *Componentes Arquiteturais*, são descritos os principais módulos e interfaces que sustentam o gerenciamento dos metadados. A subseção *Integração com a Infraestrutura Existente* aborda como o Dublin Core foi incorporado à arquitetura preexistente do TIAMAT, enquanto *Implementação de Transformadores no TIAMAT* trata das adequações realizadas nos métodos de Prospecção Tecnológica implementados no TIAMAT. Em seguida, *Fluxo de Dados* descreve o novo fluxo de dados e o processamento sob o modelo padronizado de metadados, enfatizando a redução de redundâncias e o aumento da confiabilidade dos resultados. *Validação e Testes* apresenta os procedimentos empregados para avaliar a capacidade da implementação em realizar as funcionalidades previstas após a integração. Por fim, *Limitações da Implementação* discute as restrições identificadas, incluindo desafios de compatibilidade com componentes legados e a necessidade de possíveis extensões ao padrão Dublin Core para atender a atributos específicos do domínio da Prospecção Tecnológica.

## 4.1. Estratégia de Implementação

A implementação foi guiada por três objetivos principais: (i) preservar a infraestrutura existente do TIAMAT, (ii) minimizar a interrupção dos *workflows* atuais e (iii) estabelecer uma base para futura extensibilidade. Em vez de reconstruir o *framework* do TIAMAT, a abordagem concentrou-se na criação de uma camada de integração capaz de capturar a saída dos métodos e estruturá-la de acordo com os padrões Dublin Core, mantendo a compatibilidade com as funcionalidades existentes.

A estratégia envolveu a identificação de pontos de integração no sistema atual, onde as saídas dos métodos pudessem ser interceptadas e processadas. Esses pontos foram selecionados com base em sua posição no ciclo de vida do *workflow*, especificamente nas etapas de conclusão dos métodos, quando os resultados já estão finalizados e prontos para armazenamento. Ao intervir nesses pontos, foi possível aplicar a padronização do Dublin Core sem modificar a lógica central dos métodos de Prospecção Tecnológica individuais.

Uma arquitetura modular foi adotada para separar as responsabilidades entre captura de saída, estruturação de metadados e persistência de dados. Essa separação permitiu que cada componente fosse desenvolvido e testado de forma independente, mantendo interfaces bem definidas entre eles. A abordagem modular também facilitou futuras melhorias, uma vez que novos métodos poderiam ser integrados apenas implementando as interfaces existentes, sem necessidade de alterar o código anterior.

Dos 13 métodos disponíveis no TIAMAT, o Dublin Core foi implementado inicialmente em 5: Análise Bibliométrica, *Brainstorming*, *Futures Wheel*, *Roadmap* e Cenários. A escolha desses cinco métodos se deu porque seus códigos estavam atualizados, enquanto os demais exigiriam revisões adicionais antes da implementação.

## 4.2. Componentes Arquiteturais

A implementação introduziu três componentes arquiteturais principais que trabalham em conjunto para fornecer as capacidades de integração com o Dublin Core. Os serviços claramente separados, conectados por contratos de dados em JSON e por eventos do próprio TIAMAT. No topo está o TIAMAT, que sinaliza o término de cada método de Prospecção Tecnológica e inicia o *workflow*. Ao receber o evento de conclusão, o Serviço de Captura e Validação coleta a saída gerada pelo método e executa a Validação (*schema*) contra o esquema mínimo daquele tipo de método. Em seguida, o

Serviço de Versionamento atribui/atualiza o *tiamat:id*, incrementa a versão do subsídio, e anota proveniência (autores, data/hora, ambiente), garantindo histórico íntegro. O artefato validado e versionado segue para armazenamento no Repositório de Metadados. Esse repositório cumpre dupla função: persistência imutável das saídas e catálogo para consulta e recuperação por filtros.

O funcionamento específico do Serviço de Versionamento merece destaque por sua importância na garantia de rastreabilidade temporal dos subsídios. Este serviço opera através dos elementos Dublin Core de forma automática e transparente aos usuários. Quando um subsídio é criado, o sistema captura automaticamente a data e hora através do elemento *dc:date*, utilizando o formato de data brasileiro para registrar o momento exato de conclusão do método. Simultaneamente, atribui um identificador único através do elemento *dc:identifier* seguindo o padrão “TIAMAT-[stepID]-[data]”, onde *stepID* identifica o passo específico do *workflow* e a *data* é concatenada sem separadores, resultando em identificadores como “TIAMAT-12345-28102025”, que indica o método instanciado como o *stepID*=12345, sendo criado em 28/10/2025. Este identificador único permite a localização e recuperação inequívoca de cada subsídio no repositório de metadados. O Serviço de Versionamento também registra informações de proveniência através dos elementos *dc:creator*, que captura o nome do usuário autenticado no sistema ou “TIAMAT” quando a operação é automatizada, e *dc:source*, que identifica o método de Prospecção Tecnológica específico que gerou o subsídio, seguindo o formato “Step [stepID] - [methodName]”. Adicionalmente, o elemento *dc:relation* estabelece o vínculo com o *workflow* ao qual o subsídio pertence, através do formato “Workflow [workflowID]”, permitindo rastrear todos os subsídios produzidos dentro de um mesmo estudo prospectivo.

Todos os subsídios são preservados de forma imutável no Repositório de Metadados, com seus metadados completos incluindo os *timestamps* em *dc:date*. Durante a recuperação para uso em métodos subsequentes, o Serviço de Recuperação utiliza estes metadados temporais e identificadores para localizar os subsídios apropriados. Este mecanismo de identificação e registro temporal opera de forma integrada ao fluxo geral, sem adicionar complexidade à experiência do usuário, conforme observado durante a avaliação dos cenários, descrita em detalhes no Capítulo 5.

Quando um novo método é executado, o Serviço de Recuperação consulta o Repositório e Recupera do Repositório as saídas candidatas produzidas no *workflow* que são compatíveis para aquele método. Só então entra a camada semântica: o Serviço de

Transformação (Aplicar Transformador) toma a saída recuperada e produz uma descrição de metadados no núcleo Dublin Core, sem alterar os dados originais armazenados. Em seguida, o Módulo de Importação do Método recebe o artefato transformado e o registra como entrada do novo método; após a importação, o mesmo módulo oferece a interface para o usuário conferir e ajustar os dados importados. Todo o fluxo é sustentado por APIs internas e pelo *schema* padronizado e versionado, no Repositório de Metadados e por políticas de acesso herdadas do TIAMAT. Assim, os componentes TIAMAT, Serviço de Captura e Validação, Serviço de Versionamento, Serviço de Armazenamento e de Recuperação, Serviço de Transformação, e Módulo de Importação do Método compõem uma arquitetura semiautomatizada de encadeamento entre métodos, conforme exibido na Figura 10.

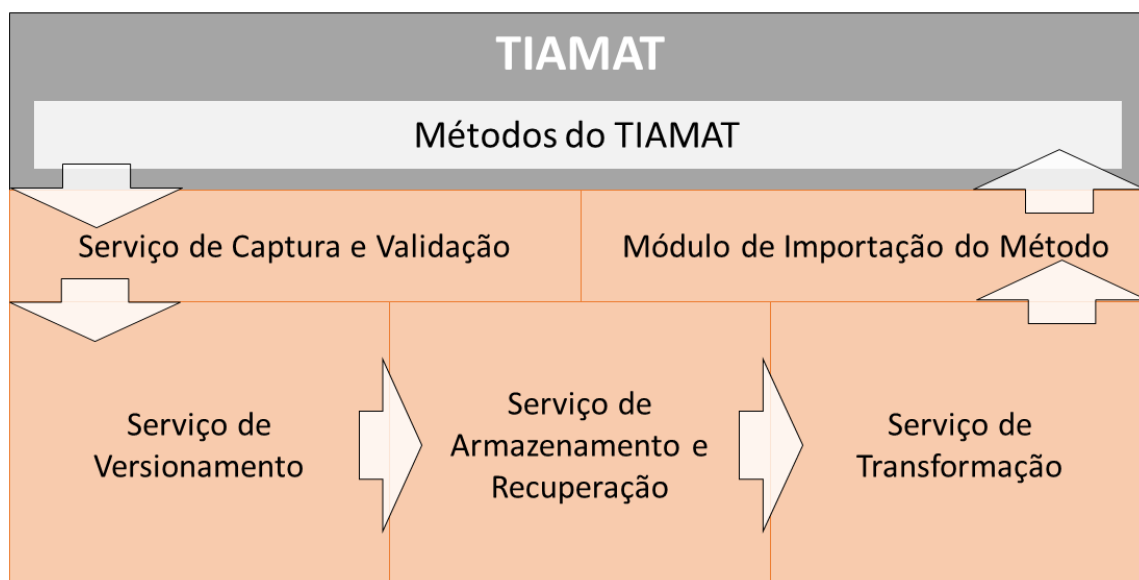


Figura 10. Arquitetura da Implementação do Dublin Core no TIAMAT.

### 4.3. Integração com a Infraestrutura Existente

A implementação foi construída complementando a infraestrutura já existente do TIAMAT, em vez de substituí-la. O sistema já possuía funções de acesso ao banco de dados, gerenciamento de sessões e sistemas de definição de métodos. Esses recursos foram aproveitados para minimizar duplicações e garantir a consistência com os padrões estabelecidos.

As operações de banco de dados utilizam as funções já existentes de gerenciamento de conexões e execução de consultas, assegurando que a integração do Dublin Core siga os mesmos padrões de transação e tratamento de erros dos demais componentes do sistema. A implementação acessa tabelas existentes para recuperar

definições de métodos, informações de *workflow* e detalhes de etapas, combinando essas informações com os elementos do Dublin Core para criar registros de metadados completos.

O gerenciamento de sessões fornece a identificação do usuário para o elemento *Creator* dos metadados Dublin Core. A implementação recupera variáveis de sessão para determinar quem executou método de Prospecção Tecnológica, recorrendo à identificação do sistema quando as informações do usuário não estão disponíveis. Essa abordagem mantém a consistência com o tratamento de autoria adotado em outras partes do *framework* proposto.

As definições de métodos armazenadas no *manifesto do sistema*, que é um arquivo XML que o TIAMAT usa para declarar todos os módulos (métodos de Prospecção Tecnológica) instalados no sistema. O manifesto foi alterado para fornecer informações essenciais para a geração dos metadados, como os tipos de entrada e saída esperados. A implementação acessa o manifesto para obter detalhes específicos de cada método, que são usados para preencher os elementos *Type* e *Format* dos metadados Dublin Core.

#### **4.4. Implementação de Transformadores no TIAMAT**

Embora a implementação siga um padrão geral aplicável a todos os métodos, algumas adaptações foram necessárias para lidar com as características específicas de diferentes métodos de Prospecção Tecnológica.

Para métodos que produzem conjuntos de dados estruturados, como a análise bibliométrica, a adaptação concentrou-se na captura de indicadores quantitativos e informações categóricas. O processo implementado trata medidas estatísticas, dados de tendência e esquemas de classificação, estruturando-os segundo o Dublin Core, preservando ao mesmo tempo seu valor analítico. Foi dada atenção especial às informações temporais, assegurando que os anos de publicação fossem representados corretamente.

Nos métodos que geram conteúdo narrativo, como a análise de cenários, a adaptação abordou o desafio de representar percepções qualitativas dentro de um modelo padronizado. A implementação captura descrições de cenários, evidências de apoio e pressupostos contextuais, organizando-os de modo a manter a coerência narrativa e permitir recuperação estruturada. Os elementos *Description* e *Coverage* do Dublin Core mostraram-se particularmente relevantes nesses casos.

Para métodos que criam estruturas relacionais, como o *Futures Wheel*, a adaptação tratou das relações hierárquicas e dos efeitos em cascata. A implementação preserva as relações entre impactos primários e secundários, documentando um caminho causal desde os eventos iniciais até as consequências derivadas. O elemento *Relation* do Dublin Core é utilizado para manter essas conexões entre métodos.

A seguir, é apresentada uma comparação entre o funcionamento do TIAMAT antes e depois dessas adaptações.

#### **4.4.1. Análise Bibliométrica**

A Análise Bibliométrica é um método quantitativo que aplica ferramentas matemáticas e estatísticas para avaliar as inter-relações e impactos de publicações, autores, instituições e países em uma área específica de pesquisa (Donthu et al., 2021). O método foi desenvolvido para permitir a identificação sistemática de padrões, tendências e impactos dentro de determinado campo científico através da análise de dados bibliográficos extraídos de bases de dados acadêmicas. Fundamentado em técnicas estatísticas e computacionais, a análise bibliométrica fornece uma abordagem estruturada para mapear a estrutura intelectual, identificar tópicos de pesquisa atuais, organizações, autores e países mais produtivos, além de revelar padrões de colaboração e evolução do conhecimento ao longo do tempo (Aria; Cuccurullo, 2017). Linnenluecke et al. (2020) (2020) destacam que análises bibliométricas emergiram como um complemento cada vez mais popular a outras formas de revisão sistemática, sendo particularmente adequadas para obter uma perspectiva empiricamente fundamentada, replicável e multifacetada sobre a produção de conhecimento dentro de um campo de estudo.

O método é caracterizado por sua natureza sistemática e quantitativa, utilizando diversas técnicas analíticas para examinar a literatura científica (Donthu et al., 2021). As principais técnicas incluem: análise de citações para medir o impacto de publicações; análise de cocitação para identificar trabalhos frequentemente citados juntos, revelando a estrutura intelectual de um campo; análise de acoplamento bibliográfico para identificar artigos que compartilham referências comuns; análise de concorrência de palavras-chave para mapear temas e conceitos inter-relacionados; e análise de redes sociais para visualizar colaborações entre autores, instituições e países (Aria; Cuccurullo, 2017). Ferramentas computacionais modernas como *VOSviewer*, *Bibliometrix* (pacote R), *CiteSpace* e *Gephi* são amplamente utilizadas para processamento, análise e visualização

de dados bibliométricos através de mapas científicos, redes e grafos (Donthu et al., 2021). Linnenluecke et al. (2020) enfatizam que o processo típico envolve: definição da questão de pesquisa, seleção de bases de dados apropriadas (com a *Web of Science* ou a *Scopus*), desenvolvimento de estratégias de busca, coleta e limpeza de dados, aplicação de técnicas analíticas, e interpretação e visualização dos resultados através de mapas bibliométricos.

No contexto da Prospecção Tecnológica e estudos de futuro, a Análise Bibliométrica é particularmente valiosa por sua capacidade de identificar tecnologias emergentes, tendências de pesquisa e lacunas de conhecimento que podem informar decisões estratégicas (Gibson et al., 2018). Gibson et al. (2018) conduziram uma Análise Bibliométrica abrangente para identificar métodos líderes e emergentes em previsão tecnológica, demonstrando que bibliometria está entre os métodos mais referenciados para pequenas e médias empresas devido aos menores requisitos de recursos em comparação com métodos como Delphi e planejamento por cenários. Stelzer et al. (2015) demonstraram como a combinação de bibliometria com a técnica de cenários pode melhorar a previsão tecnológica, com a Análise Bibliométrica fornecendo informações quantitativas sobre tecnologias emergentes que, quando integradas aos cenários, produzem projeções de longo prazo mais precisas. Esta integração de métodos quantitativos e qualitativos representa uma tendência significativa na prospecção tecnológica, onde a bibliometria funciona como base empírica para informar e validar análises prospectivas mais complexas. Donthu et al. (2021) argumentam que as capacidades da Análise Bibliométrica incluem mapear a evolução teórica de uma literatura, identificar mudanças de paradigma, destacar tópicos de interesse atual e apontar para a literatura, autores e periódicos mais importantes em um campo de estudo.

O método de Análise Bibliométrica exigiu adaptações específicas para capturar e estruturar seus resultados quantitativos dentro do Dublin Core. A implementação original apenas coletava as informações atribuídas pelos analistas, sem uma documentação sistemática de metadados. Esses resultados permaneciam isolados em sessões individuais, o que dificultava sua padronização e o uso por métodos subsequentes.

A principal adaptação consistiu na criação de um mecanismo de captura que intercepta os resultados bibliométricos ao final da análise. Esse mecanismo coleta as métricas geradas – que no TIAMAT original é extremamente simplificada e se restringem ao título, autores e ano de publicação – e as armazena em uma tabela estruturada acessível pelo próximo método a ser utilizado.

O mapeamento Dublin Core para os resultados bibliométricos atribui o nome do método ao elemento *Type*, enquanto o elemento *Description* recebe um resumo do escopo e dos parâmetros da análise. O elemento *Date* representa o intervalo temporal das publicações analisadas, oferecendo contexto para a interpretação dos resultados. O elemento *Format* indica que os resultados consistem em dados numéricos estruturados e representações gráficas.

Um desafio relevante surgirá quando o TIAMAT permitir a inserção de outros parâmetros bibliométricos. Por exemplo, redes de citações e padrões de co-ocorrência de palavras-chave podem conter informações relacionais que ultrapassam a capacidade descritiva de elementos de metadados planos. A adaptação prevê preservar a estrutura completa da análise em seu formato original, extraindo apenas estatísticas resumidas para inclusão nos campos padronizados. O elemento *Relation* referenciará o conjunto de dados completo, permitindo que métodos posteriores acessem informações detalhadas quando necessário. A interface de Bibliometria manteve-se idêntica à versão original do TIAMAT, sem necessidade de modificações visuais, uma vez que o método já capturava adequadamente as informações essenciais para mapeamento em Dublin Core. A Figura 11 apresenta a página inicial do método após a inserção de três artigos, demonstrando a interface inalterada que permite aos usuários adicionar documentos à Análise Bibliométrica.

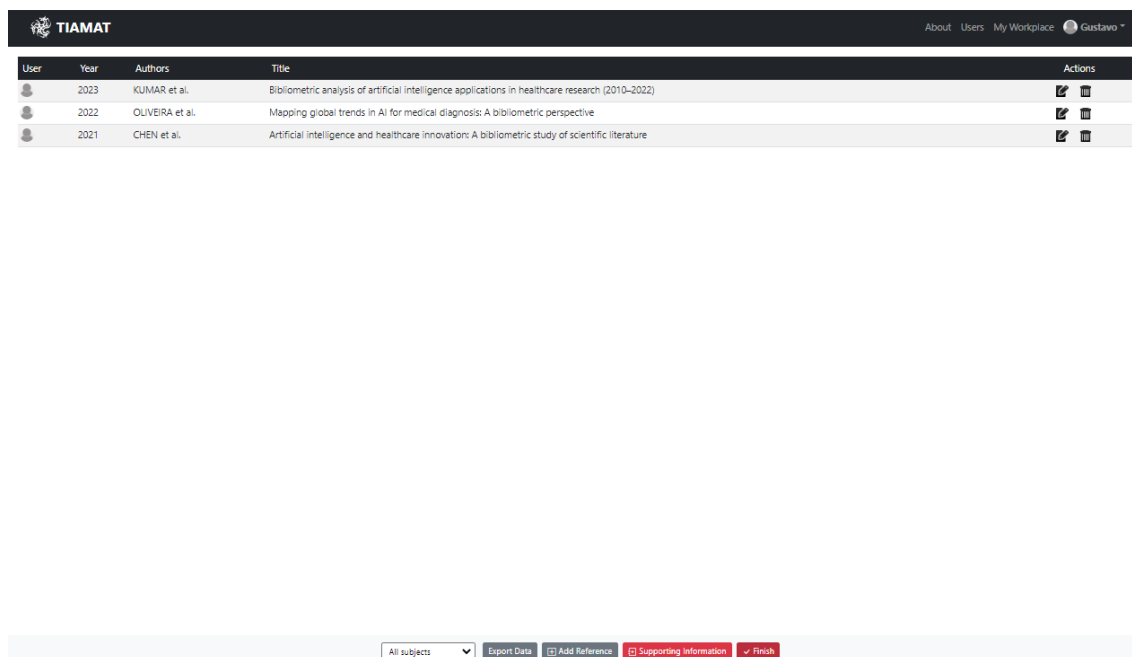


Figura 11. Página inicial de Bibliometria após a inserção de 3 artigos.

A Análise Bibliométrica foi o único método cuja interface não recebeu modificações visuais. Ela manteve-se idêntica à do TIAMAT original, mas as mudanças tornaram possível capturar saídas para uso futuro.

#### **4.4.2. Brainstorming**

O *Brainstorming* foi concebido como uma técnica para estimular grupos a engajarem-se em pensamento criativo, permitindo um pensamento livre e espontâneo, facilitando o processo de criação de novas ideias sem censura ou rejeição em sua concepção inicial. Fundamentado na teoria da associação, o *Brainstorming* supera as limitações individuais do cérebro humano através do esforço coletivo, aumentando a produção de ideias e acelerando o pensamento de todos os participantes (Smolík, 2015). Pesquisas recentes demonstram que o método continua sendo uma das técnicas mais amplamente utilizadas para promover criatividade em ambientes organizacionais e educacionais, sendo particularmente eficaz quando aplicado de forma estruturada e com facilitação adequada (Paulus; Baruah; Kenworthy, 2023; Ritter; Mostert, 2018).

O método é caracterizado por uma abordagem informal e relaxada para a solução de diversos problemas, sendo empregado relativamente com frequência em negócios, marketing, políticas públicas, educação e previsão (Smolík, 2015). Estudos recentes enfatizam que o *Brainstorming* é mais eficaz quando conduzido em grupos pequenos (idealmente entre 6 e 12 pessoas) e por períodos curtos (Ritter; Mostert, 2018). Segundo Paulus et al. (2023), o método é fundamentado em quatro regras básicas essenciais: (1) nenhuma crítica ou desaprovação durante a sessão, pois isso inibe o pensamento criativo; (2) completa liberdade de pensamento, onde nada é considerado indesejável ou extremo; (3) ênfase na quantidade de ideias ao invés da qualidade, sendo que uma sessão típica pode produzir entre 120 e 250 ideias; e (4) construção sobre as ideias dos outros, aproveitando a sinergia do grupo.

No contexto da Prospecção Tecnológica e estudos de futuro, o *Brainstorming* é particularmente valioso por sua capacidade de gerar rapidamente um amplo espectro de possibilidades futuras e soluções inovadoras. Vishnevskiy et al. (2015) observam que organizações utilizam predominantemente métodos de *foresight* de baixo custo, como *Brainstorming*, revisões de literatura, entrevistas e análise SWOT, devido às suas limitações de tempo, orçamento e competências. Sytnik e Proskuryakova (2024) classificam o *Brainstorming* entre os métodos que melhor lidam com incertezas e eventos

difíceis de prever, sendo particularmente adequado para identificar “cisnes cinzentos” e “sinais fracos” em processos de previsão tecnológica.

O método de *Brainstorming* apresentou desafios distintos por gerar conteúdo textual não estruturado. Os participantes contribuem com ideias em texto livre, resultando em um conjunto de conceitos sem organização intrínseca além da estrutura da sessão. A implementação original armazenava essas contribuições como entradas sequenciais, sem metadados que descrevessem suas características coletivas ou o contexto analítico. A adaptação do método *Brainstorming* exigiu modificações mais substanciais para permitir a captura estruturada das saídas da sessão. A Figura 12 apresenta a página inicial do *Brainstorming* antes da atualização Dublin Core, mostrando a interface original onde ideias eram registradas sem estruturação formal de metadados.

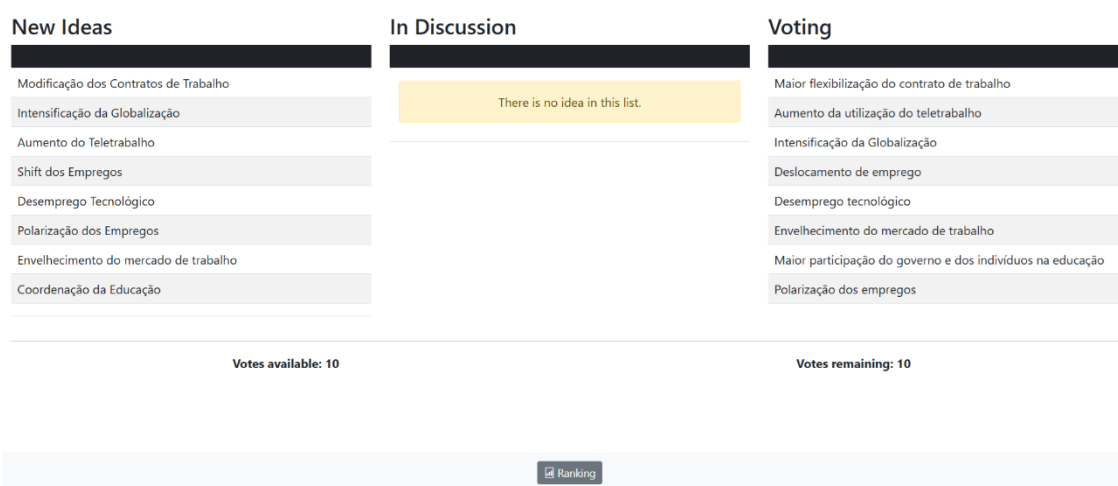


Figura 12. Página inicial do método *Brainstorming* antes da atualização Dublin Core.

A adaptação concentrou-se em capturar as saídas da sessão de *Brainstorming* como uma unidade coerente, preservando as contribuições individuais. O sistema monitora o encerramento da sessão e aciona a geração de metadados quando o facilitador finaliza a atividade. Nesse momento, todas as contribuições são registradas e preparadas para estruturação.

O mapeamento Dublin Core trata a sessão como um único recurso descrito pelos elementos de metadados. O elemento *Title* recebe um nome descritivo combinando o tema da sessão com a data. O *Description* contém uma síntese do escopo e dos objetivos. O *Creator* identifica o facilitador, enquanto o *Contributor* lista todos os participantes que contribuíram. Essa estrutura de atribuição mantém o registro de quem participou do processo de geração de ideias.

O elemento *Subject* apresentou desafios, já que as sessões de *Brainstorming* podem abranger múltiplos temas. A adaptação aplica extração de palavras-chave às ideias geradas, identificando temas recorrentes que caracterizam o conteúdo. Essas palavras-chave preenchem o campo *Subject*, facilitando a descoberta de sessões relevantes quando métodos posteriores necessitam de insumos criativos. O *Format* indica que as saídas consistem em coleções textuais, enquanto *Type* identifica o método de Prospecção Tecnológica utilizado. O *Coverage*, quando aplicável, registra restrições temporais ou espaciais que delimitaram a sessão.

A interface do TIAMAT também foi modificada para incluir uma etapa de revisão dos metadados antes da finalização. Para isso, foi criado o botão **View DC**, que permite ao usuário visualizar o que foi capturado pelo Dublin Core no método anterior. A Figura 12 apresenta a página inicial do método *Brainstorming* após a modificação, evidenciando a adição deste novo elemento de interface sem comprometer a experiência de uso original. Note que, além da interface ter ficado mais leve e limpa, agora é possível votar e cancelar os votos em tempo real, além de poder gerar um relatório com as ideias mais votadas, e saber quais usuários votaram em quais ideias e ainda, a implementação do botão View DC, que permite ao usuário acessar os dados capturados dos métodos anteriores, no caso, da Análise Bibliométrica.

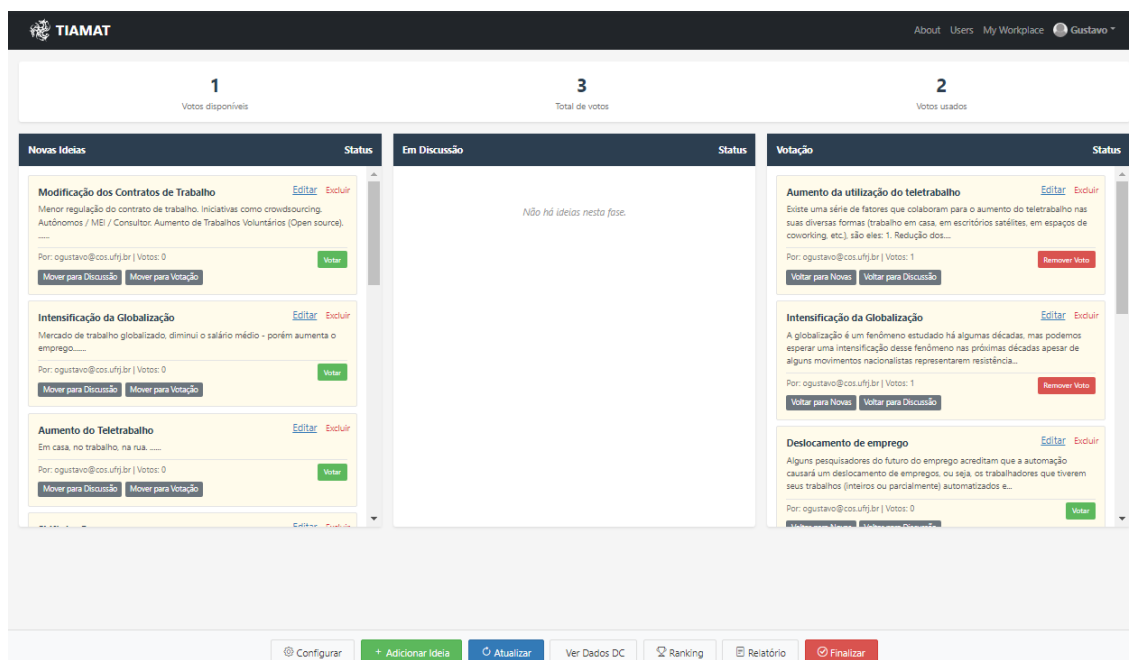


Figura 13. Página inicial do método *Brainstorming* após modificação.

Essa revisão possibilita ao facilitador verificar se os metadados gerados automaticamente representam com precisão as características da sessão, ajustando-os

quando necessário. A validação interativa garante a qualidade dos metadados, preservando a flexibilidade para diferentes aplicações do *Brainstorming*. O botão View DC abre uma janela *pop-up* exibindo as informações capturadas – neste caso, apenas os dados da Análise Bibliométrica estavam disponíveis, permitindo que facilitadores e participantes revisem os metadados antes da conclusão do método. A Figura 14 apresenta esta janela *pop-up*, mostrando como os metadados são apresentados de forma clara e acessível aos usuários. Nela, podemos ver o *Workflow ID* e o *Step ID*, que facilitam muito o mapeamento dos dados. Além disso, podemos ver o número de referências inseridas na Análise Bibliométrica, o título e ano de publicação de cada artigo. Na parte inferior, podemos ver os autores principais dos artigos selecionados, e o período temporal em que esses artigos foram publicados.

**Dados Disponíveis dos Métodos Anteriores**  
Workflow ID: 40147 | Step Brainstorming: 80397

?? Dados Bibliométricos (Step 80396)

Total de Referências: 4

**Publicações Analisadas:**

- Title: Digital Transformation in Healthcare Systems: AI Applications and Future Perspectives (2024)
- Cybersecurity Frameworks for Critical Infrastructure Protection (2024)
- Educational Technology and Personalized Learning: A Systematic Review (2023)
- Sustainable Energy Solutions: Integration of Renewable Sources in Smart Grids (2023)

**Autores Principais:**

- Silva, Ana (1 publicações)
- Peters, Emma (1 publicações)
- Nakamura, Yuki (1 publicações)
- Martinez, Carlos (1 publicações)
- Kumar, Raj (1 publicações)
- Kim, Sung-Ho (1 publicações)
- Johnson, Michael (1 publicações)
- Garcia, Roberto (1 publicações)
- Chen, Wei (1 publicações)
- Brown, Sarah (1 publicações)

Período: 2023 - 2024

Figura 14. Janela *pop-up* do botão View DC no método *Brainstorming*.

### 4.4.3. *Futures Wheel*

O método *Futures Wheel* foi concebido como uma ferramenta para organizar o pensamento e o questionamento sobre o futuro, para visualizar as consequências diretas e indiretas de eventos, tendências ou decisões específicas, facilitando a exploração de efeitos em cascata que podem resultar de uma única mudança. Fundamentado em uma estrutura visual radial, o *Futures Wheel* coloca o evento ou tendência central no meio de

uma página, com suas consequências primárias, secundárias e terciárias dispostas em círculos concêntricos expandindo-se do nó central para fora (Bengston, 2016). O método utiliza um processo estruturado para descobrir e avaliar múltiplos níveis de consequências resultantes de todos os tipos de mudança, produzindo um mapa de possíveis impactos diretos e indiretos, positivos e negativos (Bengston, 2016).

O *Futures Wheel* é classificado como um método de “grupo inteligente” (*smart group*), sendo mais eficaz quando conduzido em grupos colaborativos, pois permite que diferentes perspectivas contribuam para a identificação de consequências que poderiam não ser previstas individualmente (Bengston, 2016). O processo típico envolve a geração de pelo menos cinco a sete consequências primárias do evento central, e pelo menos três consequências secundárias para cada primária, estendendo-se até consequências terciárias e além conforme necessário. A estrutura visual resultante facilita o “pensamento em cascata” (*cascade thinking*), descrito como a capacidade de compreender como um evento ou implicação leva a múltiplas possibilidades, cada uma das quais, por sua vez, leva a possibilidades adicionais (Bengston, 2019). Uma característica distintiva do método é sua capacidade de mover o pensamento de padrões lineares e hierárquicos para algo mais orgânico, complexo e orientado para redes.

No contexto da Prospecção Tecnológica, o *Futures Wheel* é particularmente valioso por sua capacidade de ajudar profissionais e tomadores de decisão a antecipar consequências não previstas de mudanças sociais e tecnológicas, tornando-os mais proativos (Bengston, 2016). O método tem sido aplicado em diversos campos, desde planejamento de recursos naturais até análise de impactos climáticos e desenvolvimento de políticas públicas (Bengston, 2019). Sua eficácia reside na visualização clara de relacionamentos complexos e consequências, tornando efeitos em cascata multicamadas mais fáceis de compreender.

A implementação original do método *Futures Wheel* criava diagramas visuais mostrando consequências primárias, secundárias e terciárias, sem documentação sistemática do raciocínio empregado na análise ou das relações entre os níveis de impacto. Essa ausência de metadados estruturados dificultava o rastreamento das causas e efeitos ou o uso parcial dos resultados por outros métodos.

A adaptação resolveu essas limitações capturando tanto as relações estruturais dentro do *Futures Wheel* quanto o contexto analítico. O sistema intercepta o diagrama concluído e extrai as relações hierárquicas entre o evento central e suas consequências, preservando as conexões entre níveis e a profundidade de cada impacto. A mudança na

interface do método *Futures Wheel* foi a inclusão do botão View DC, que mostra os dados capturados no método anterior. A Figura 15 apresenta a página inicial do *Futures Wheel* antes da modificação. Vemos que após a finalização do método, não é mais possível incluir novos eventos nem informações adicionais.



Figura 15. Página inicial do método *Futures Wheel* antes da modificação.

O mapeamento Dublin Core atribui o evento central ao elemento *Title*, enquanto *Description* resume o propósito e o escopo da análise. O *Creator* identifica o analista ou a equipe responsável. O *Relation* documenta as conexões principais dentro da roda, listando impactos de primeira ordem e indicando que dados mais detalhados estão disponíveis no resultado completo. O *Coverage* registra o horizonte temporal considerado, e o *Format* indica que a saída combina diagramas visuais e descrições estruturadas.

A interface do TIAMAT foi adaptada para exibir os metadados Dublin Core sobrepostos ao diagrama, com o botão View DC, semelhante ao implementado no *Brainstorming*. As modificações no *Futures Wheel* seguiram o mesmo padrão estabelecido nos métodos anteriores, adicionando o botão View DC para visualização dos metadados gerados. A Figura 16 a página inicial do método *Futures Wheel* após a modificação. Podemos perceber a inclusão do botão View DC em conjunto com um aviso de que existem dados DC que podem ser utilizados, permitindo que o usuário acesse as informações capturadas nos métodos anteriores. Além disso, foi modificada a forma como o método é finalizado, permitindo que sejam inseridos novos eventos e informações extras mesmo após a finalização, assim possibilitando que a análise seja incrementada futuramente.

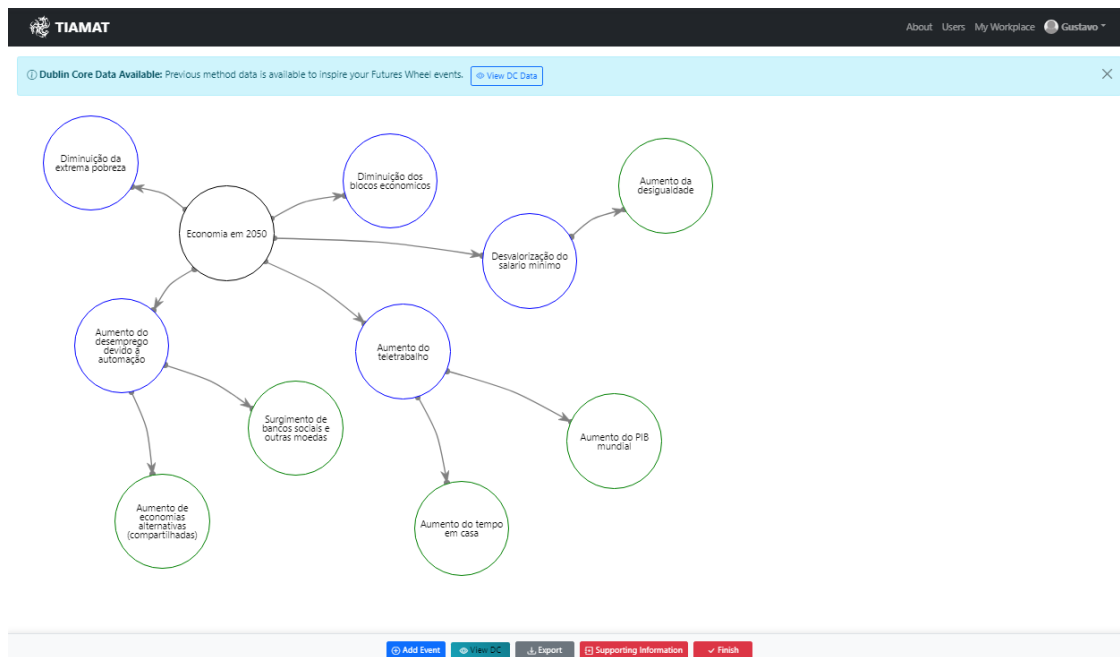


Figura 16. Página inicial do método *Futures Wheel* após a atualização Dublin Core.

A Figura 17 apresenta a janela View DC exibindo os metadados Dublin Core. Assim como no *Brainstorming*, podemos visualizar o *Step ID* e o *Workflow ID* facilitando o mapeamento dos dados. Também é possível ver o título e a descrição de cada uma das ideias inseridas no *Brainstorming*, além da quantidade de ideias inseridas e quais ideias receberam votos, mostrando para o usuário quais as ideias mais relevantes.

### Dublin Core Data Repository Fechar

**Debug Info:**  
 Step ID: 80398  
 Workflow ID: 40147  
 All Workflow Steps: 80396,80397,80398,80399,80400  
 Previous Steps: 80396,80397  
 Brainstorming Steps Found: 80397

#### Brainstorming Ideas

**Plataforma de Aprendizagem Adaptativa**  
 Criar sistema educacional baseado em IA que personaliza o conteúdo e ritmo de aprendizagem para cada estudante, com gamificação e realidade virtual para aumentar engajamento em 50%. [Votos: 1]  
 Por: ogustavo@cos.ufrj.br | Step: 80397

**Framework de Segurança Zero Trus**  
 Estabelecer arquitetura de segurança cibernética que não confia em nenhum usuário ou dispositivo por padrão, com autenticação contínua e microsegmentação de rede para proteção de dados críticos. [Votos: 1]  
 Por: ogustavo@cos.ufrj.br | Step: 80397

**Sistema Integrado de Saúde Digital**  
 Desenvolver uma plataforma unificada que integre prontuários eletrônicos, telemedicina, monitoramento remoto de pacientes e análise preditiva usando IA para melhorar o atendimento e reduzir custos operacionais em 30%. [Votos: 0]  
 Por: ogustavo@cos.ufrj.br | Step: 80397

**Rede Inteligente de Energia Renovável**  
 Implementar microgrids autônomas com painéis solares, armazenamento em baterias e algoritmos de otimização para comunidades rurais, visando autonomia energética de 80% e redução de emissões de CO2. [Votos: 0]  
 Por: ogustavo@cos.ufrj.br | Step: 80397

**Brainstorming Session Summary**  
 Total de 4 ideias geradas. Brainstorming Session  
 Por: System | Step: 80397

Total: 5 ideias encontradas

Figura 17. Janela *pop-up* do botão View DC no método *Futures Wheel*.

#### 4.4.4. Roadmap

O *Roadmapping* Tecnológico (*Technology Roadmapping*) é um método de planejamento estratégico que teve suas origens empresariais na Motorola e na Corning nas décadas de 1970 e 1980, onde foi inicialmente utilizado para vincular planos de produtos e tecnologias (Phaal; Farrukh; Probert, 2004). O método fornece uma abordagem estruturada e, frequentemente gráfica, para explorar e comunicar as relações entre mercados em evolução, produtos e tecnologias ao longo do tempo. Fundamentado em representações visuais baseadas em tempo, o *Roadmap* típico compreende múltiplas camadas que incluem perspectivas comerciais e tecnológicas, permitindo a visualização como uma linha do tempo onde cada nó (estados passados, presentes ou futuros da arte em desenvolvimento científico e tecnológico) é conectado relações temporais que mostram a natureza e direção de potenciais desenvolvimentos (Phaal; Farrukh; Probert, 2004). A técnica é caracterizada por sua flexibilidade, podendo ser adaptada para diferentes propósitos organizacionais e contextos, desde pequenas empresas até programas nacionais de previsão tecnológica.

O método é caracterizado por sua natureza normativa, onde o estado futuro desejado é predeterminado, diferenciando-se de abordagens exploratórias (Phaal; Farrukh; Probert, 2004). Phaal et al. (2005) desenvolveram o método *T-Plan*, uma abordagem de “início rápido” (*fast-start*) que permite a rápida iniciação do *roadmapping* em organizações através de workshops estruturados. O processo típico envolve sete etapas principais: identificar o produto focal, identificar requisitos críticos do sistema, especificar áreas tecnológicas principais, especificar direcionadores tecnológicos, identificar alternativas tecnológicas e suas linhas do tempo, recomendar alternativas a serem perseguidas, e criar o mapa visual integrado. A popularidade do método deve-se principalmente aos benefícios de comunicação e *networking* que surgem do desenvolvimento e disseminação dos *roadmaps*, particularmente em termos de construir entendimento comum através de fronteiras organizacionais internas e externas (Phaal; Farrukh; Probert, 2005).

No contexto da Prospecção Tecnológica, o *Roadmapping* é particularmente valioso por sua capacidade de auxiliar organizações a sobreviverem em ambientes turbulentos, fornecendo foco para varredura do ambiente e meios de rastrear o desempenho de tecnologias individuais, incluindo aquelas potencialmente disruptivas (Phaal; Farrukh; Probert, 2004). Hussain et al. (2017) propuseram uma abordagem

integrada denominada “*scenario-driven roadmapping*”, que combina planejamento de cenários com *roadmapping* tecnológico, utilizando cenários para identificar imagens plausíveis do ambiente geral antes de desenvolver o *roadmap*, aproveitando “pontos de flexão” (*flex points*) - desenvolvimentos críticos que sinalizariam transições ao longo de trajetórias particulares. Kim et al. (2021) destacam que o *roadmapping* tecnológico tem sido cada vez mais integrado com métodos quantitativos como mineração de texto e análise de patentes para suportar a identificação de tecnologias emergentes e aplicações potenciais em diversos setores industriais. Esta evolução do método, incorporando técnicas de análise de dados e inteligência artificial, representa uma tendência significativa na adaptação de métodos prospectivos tradicionais, mantendo os princípios fundamentais de alinhamento temporal entre necessidades de mercado, desenvolvimento de produtos e capacidades tecnológicas (Ozcan et al., 2022).

Desta forma, o método *Roadmap* cria planos temporais que representam caminhos de desenvolvimento tecnológico e marcos estratégicos. A implementação original gerava cronogramas visuais com descrições textuais, mas sem documentação sistemática dos horizontes de planejamento, objetivos estratégicos ou pontos de decisão. O método *Roadmap* permite a construção de mapas temporais relacionando tecnologias, produtos e tendências de mercado ao longo de horizontes temporais definidos. A Figura 18 apresenta a página inicial do *Roadmap* antes da modificação, mostrando a interface original para construção de trajetórias tecnológicas e estratégicas.

Year	Event	Actions
2024	A educação se tornará cada vez mais sujeita a interesses de poderosos grupos econômicos	📄 🗑️
2024	Tecnologias móveis terão a mais alta relevância no contexto da educação superior	📄 🗑️
2025	Professores precisarão de treinamento para novas tecnologias	📄 🗑️
2025	A crise ambiental causa cada vez mais impactos na sociedade	📄 🗑️
2025	Piora sensível na qualidade de ensino de cursos superiores	📄 🗑️
2025	Orientação profissional Incrementada ao longo do ensino médio	📄 🗑️
2025	A figura do professor como fonte de conhecimento deixará de existir, e o aprendizado será cada vez mais autônomo	📄 🗑️
2026	Mudança nos métodos de avaliação	📄 🗑️
2027	Diminuição da qualidade de ensino na modalidade Ensino a Distância	📄 🗑️
2028	Menor regulamentação dos cursos	📄 🗑️
2029	O ensino se tornará cada vez mais digital e distribuído	📄 🗑️
2030	Avanços na área de Inteligência Artificial permitirá que o ensino seja personalizado	📄 🗑️
2030	Políticas de equidade de gênero se tornarão comuns em todos os cursos de nível superior em que haja sub-representação	📄 🗑️
2030	Aumento na demanda por profissionais e cursos superiores relacionados ao meio-ambiente e desenvolvimento sustentável	📄 🗑️
2030	Instituições de nível superior ampliarão o acesso a estudantes estrangeiros refugiados pelos mais diversos motivos	📄 🗑️
2030	Desregulamentação de diversas profissões, sejam elas novas ou não	📄 🗑️
2030	Novas tecnologias como impressão 3D, robótica e inteligência artificial estarão presentes nas salas de aula de instituições de ensino superior dando suporte ao processo de ensino-aprendizado	📄 🗑️

Figura 18. Página inicial do método *Roadmap* antes da modificação.

A adaptação concentrou-se em capturar tanto a estrutura temporal do *Roadmap* quanto o contexto estratégico. O sistema monitora a conclusão da atividade e extrai os

marcos definidos, suas posições temporais e relações com metas estratégicas. O *Title* combina o domínio tecnológico e o horizonte de planejamento; *Description* descreve objetivos e escopo; *Coverage* registra o período abrangido; *Date* documenta a data de criação; e *Relation* vincula o *roadmap* a análises anteriores (como cenários ou estudos bibliométricos). O *Format* indica que as saídas combinam cronogramas visuais e dados estruturados de marcos.

A interface passou a exibir o botão View DC, que abre uma janela *pop-up* mostrando os elementos capturados e permitindo explorar a estrutura temporal e os detalhes dos marcos. A adaptação do *Roadmap* foi uma das mais complexas devido à natureza multidimensional das informações capturadas, incluindo elementos temporais, tecnológicos e estratégicos que precisavam ser adequadamente mapeados nos elementos Dublin Core. A Figura 19 apresenta a página inicial do método *Roadmap* após a modificação. É possível perceber a inclusão do botão View DC, que permite a visualização dos dados dos métodos anteriores que foram capturados pelo Dublin Core. Além disso, não foi realizada nenhuma mudança significativa na interface do método.

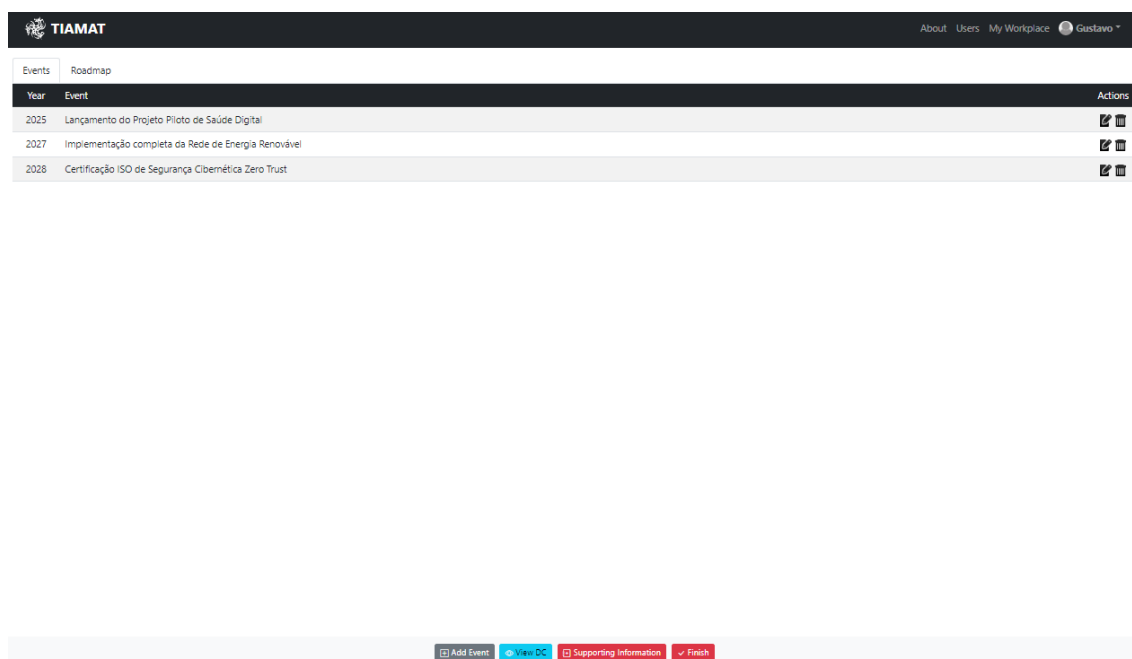


Figura 19. Página inicial do método *Roadmap* após a atualização Dublin Core.

A Figura 20 apresenta a janela View DC do método, demonstrando como os metadados são organizados para representar a complexidade estrutural do *Roadmap*. Note que é possível ver o título e a descrição das ideias inseridas no *Brainstorming*, se cada ideia recebeu votos ou não, além do número do *Step ID*, facilitando o mapeamento dos dados. Da mesma forma para os dados oriundos do *Futures Wheel*, é possível ver o nome

de cada um dos eventos, e o ano para qual foi feita a projeção daquele evento, o *Workflow ID* e o *Step ID*.

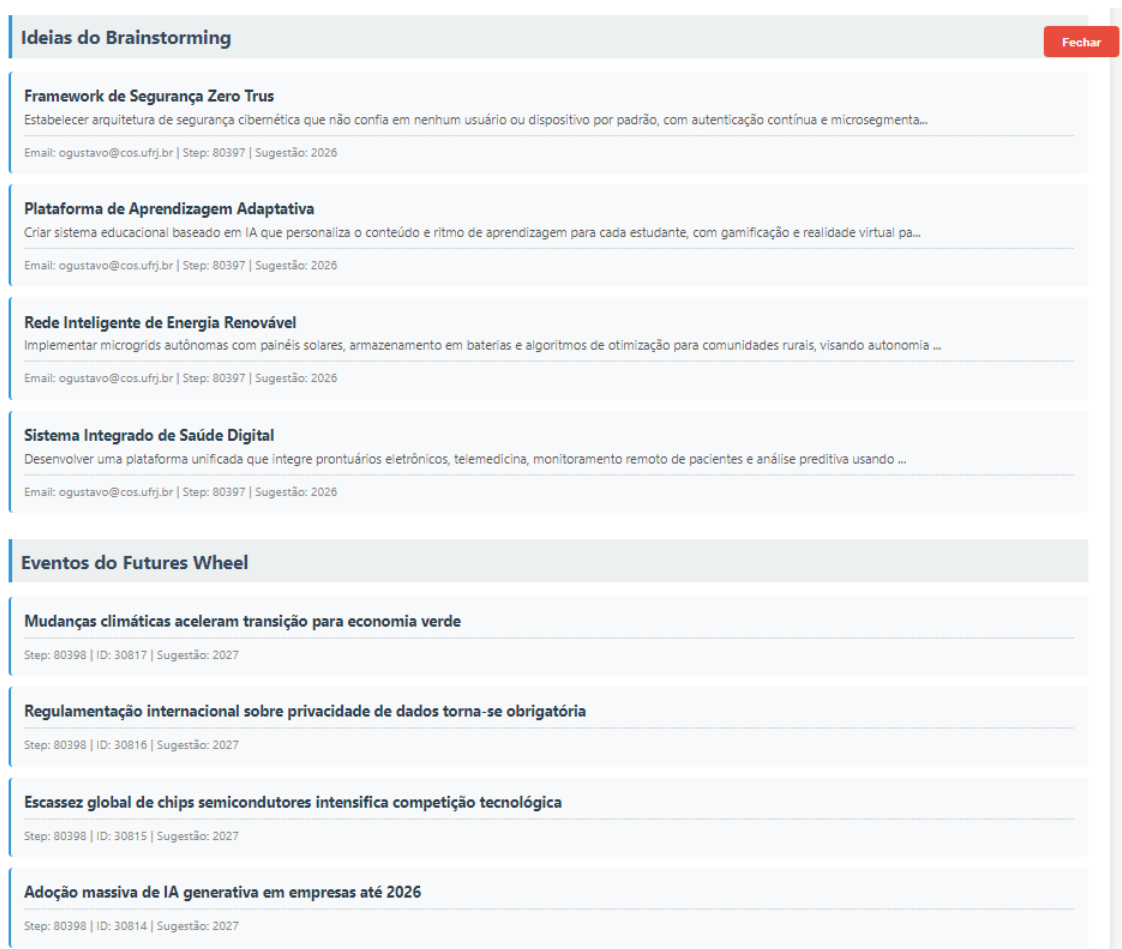


Figura 20. Janela *pop-up* do botão View DC no método *Roadmap*.

#### 4.4.5. Cenários

O Planejamento por Cenários (*Scenario Planning*) é um método de Prospecção Tecnológica e muito utilizado no planejamento estratégico que teve suas origens no corporativo da década de 1960, sendo popularizado pela empresa Royal Dutch Shell durante os anos 1970 (Bradfield et al., 2005). O método foi concebido para permitir que organizações explorassem múltiplos futuros possíveis em vez de tentar prever um único futuro, reconhecendo que o futuro é inerentemente incerto e que diferentes trajetórias podem se desdobrar a partir de condições presentes. Fundamentado na construção de narrativas plausíveis e internamente consistentes sobre possíveis estados futuros, o planejamento por cenários fornece um meio estruturado para explorar e comunicar as relações entre fatores impulsionadores (*driving forces*) e incertezas críticas que podem moldar o futuro (Bradfield et al., 2005).

O método é caracterizado por sua natureza exploratória e participativa, utilizando tipicamente entre dois e quatro cenários alternativos para capturar a gama de possibilidades futuras (Wright et al., 2020). O processo típico de desenvolvimento de cenários envolve etapas sequenciais: identificação da questão focal ou decisão estratégica, identificação e análise de forças motrizes no ambiente externo, classificação dessas forças por importância e incerteza utilizando matrizes de impacto/incerteza, seleção de lógicas de cenários baseadas nas incertezas críticas, construção de narrativas detalhadas para cada cenário, e análise das implicações estratégicas (Bradfield et al., 2005). Burt e Nair (2020) destacam que um desafio fundamental no planejamento por cenários reside nas “rigidezes de imaginação”, onde praticantes podem inconscientemente limitar a exploração de futuros verdadeiramente diferentes devido a vieses cognitivos e modelos mentais arraigados. Para superar isso, os autores propõem o conceito de “desaprendizagem estratégica” (*unlearning*), permitindo que organizações questionem e abandonem suposições obsoletas sobre o futuro. Bouhaleb e Tapinos (2023) demonstram que o planejamento por cenários pode ter impacto significativo na orientação empreendedora das organizações, estimulando comportamentos proativos, inovadores e de tomada de risco ao expandir a compreensão de futuros possíveis.

No contexto da Prospecção Tecnológica, o planejamento por cenários é particularmente valioso por sua capacidade de lidar com incertezas complexas e ambientes turbulentos, onde métodos tradicionais de previsão baseados em extrapolação tendem a falhar (Wright et al., 2020). Hussain et al. (2017) desenvolveram a abordagem de “*scenario-driven roadmapping*”, integrando planejamento por cenários com *roadmapping* tecnológico para criar uma metodologia mais robusta que utiliza cenários para identificar imagens plausíveis do ambiente geral antes de desenvolver *roadmaps* tecnológicos detalhados. Derbyshire et al. (2023) argumentam sobre o valor dos experimentos em ciência de futuros e previsão, ilustrando como o planejamento por cenários pode ser utilizado de forma mais rigorosa e baseada em evidências através de métodos experimentais que testam e validam diferentes abordagens de construção de cenários. Wright et al. (2020) enfatizam que avanços recentes na teoria e prática do planejamento por cenários incluem maior atenção à robustez metodológica, integração com outras ferramentas de previsão, e aplicação de tecnologias digitais e inteligência artificial para análise de grandes volumes de dados e identificação de sinais fracos de mudança. Esta evolução demonstra a adaptação contínua do método às demandas de ambientes cada vez mais complexos e interconectados.

O método de Cenários gera descrições narrativas de futuros plausíveis com base em diferentes pressupostos sobre fatores de mudança. A implementação original produzia textos com metadados limitados, dificultando a caracterização dos cenários, o mapeamento de relações entre eles ou sua recuperação em análises subsequentes. O método de Cenários permite a construção de narrativas estruturadas sobre futuros alternativos, capturando informações sobre contexto, atores, eventos e implicações de cada cenário prospectivo. A Figura 21 apresenta a página inicial do método antes da modificação, mostrando a interface original para desenvolvimento de cenários.



The screenshot shows the TIAMAT interface. At the top, there is a header with the TIAMAT logo on the left and navigation links 'About', 'Users', 'My Workplace', and a user profile 'Carlos Eduardo Barbosa' on the right. Below the header is a table with the following content:

Title	Actions
2.2 - The employment will be continuously changing	[icon]
2.2.1 My career no longer exists. What should I do now?	[icon]
2.2.2 Will the globalized work overcome local work?	[icon]
2.2.3 Will I have to work here all day long?	[icon]
2.2.4 Will trade unions lose their importance?	[icon]
2.2.5 What about my labor rights?	[icon]

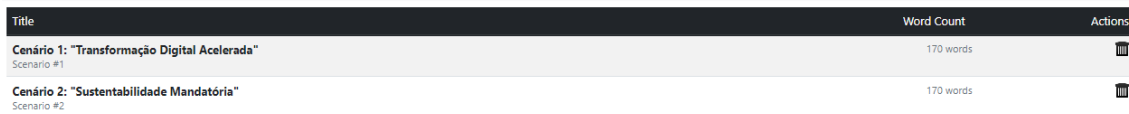
Figura 21. Página inicial do método Cenários antes da modificação.

A adaptação capturou sistematicamente as características e o contexto analítico dos cenários, extraindo forças motrizes, pressupostos e implicações. O *Title* reflete o tema central, *Description* resume o conteúdo e as principais suposições, *Creator* e *Contributor* identificam desenvolvedores e especialistas envolvidos, e *Subject* é preenchido com temas extraídos por análise temática. O *Coverage* registra dimensões temporais e espaciais, *Relation* documenta conexões entre cenários relacionados, *Date* indica a data de desenvolvimento e *Format* especifica que as saídas consistem em narrativas estruturadas com documentação de pressupostos.

Uma adaptação importante foi a criação de uma visualização comparativa dos metadados Dublin Core entre múltiplos cenários, permitindo identificar padrões e selecionar os mais relevantes para análises posteriores. A interface incluiu um painel lateral de metadados e o botão View DC, que exhibe os dados capturados de métodos anteriores. A adaptação do método de Cenários focou em capturar tanto o conteúdo

narrativo quanto as características da análise de cada cenário construído, permitindo que a riqueza descritiva fosse preservada nos metadados Dublin Core.

A Figura 22 apresenta a página inicial do método Cenários após a modificação. Podemos ver a implementação do botão View DC, possibilitando que o usuário veja os dados capturados dos métodos anteriores. Além disso, não foi realizada nenhuma mudança significativa na interface do método.



Title	Word Count	Actions
Cenário 1: "Transformação Digital Acelerada" Scenario #1	170 words	
Cenário 2: "Sustentabilidade Mandatória" Scenario #2	170 words	



Figura 22. Página inicial do método Cenários após a modificação.

A Figura 23 apresenta a janela View DC do método Cenários, demonstrando como elementos narrativos complexos são representados através do padrão de metadados. Podemos perceber que o botão View DC capturou todos os dados de todos os métodos anteriores, assim tornando possível ao usuário visualizar tudo que foi feito anteriormente. Assim como nos métodos anteriores, ele mostra o título e a descrição da ideia do *Brainstorming*, o título do evento inserido no *Futures Wheel* junto com a data de projeção para aquele evento, os marcos do *Roadmap* junto com os anos referentes a cada um deles e as referências bibliográficas geradas pelo *Brainstorming*, além do *Workflow ID* e do *Step ID* de cada um dos métodos, facilitando o mapeamento dos dados.

Ideias do Brainstorming
<p><b>Framework de Segurança Zero Trust</b></p> <p>Estabelecer arquitetura de segurança cibernética que não confia em nenhum usuário ou dispositivo por padrão, com autenticação contínua e microsegmenta...</p> <p>Email: ogustavo@cos.ufrj.br   Step: 80397</p>
<p><b>Plataforma de Aprendizagem Adaptativa</b></p> <p>Criar sistema educacional baseado em IA que personaliza o conteúdo e ritmo de aprendizagem para cada estudante, com gamificação e realidade virtual pa...</p> <p>Email: ogustavo@cos.ufrj.br   Step: 80397</p>
<p><b>Rede Inteligente de Energia Renovável</b></p> <p>Implementar microgrids autônomas com painéis solares, armazenamento em baterias e algoritmos de otimização para comunidades rurais, visando autonomia ...</p> <p>Email: ogustavo@cos.ufrj.br   Step: 80397</p>
<p><b>Sistema Integrado de Saúde Digital</b></p> <p>Desenvolver uma plataforma unificada que integre prontuários eletrônicos, telemedicina, monitoramento remoto de pacientes e análise preditiva usando ...</p> <p>Email: ogustavo@cos.ufrj.br   Step: 80397</p>
Eventos do Futures Wheel
<p><b>Mudanças climáticas aceleram transição para economia verde</b></p> <p>Step: 80398   ID: 30817</p>
<p><b>Regulamentação internacional sobre privacidade de dados torna-se obrigatória</b></p> <p>Step: 80398   ID: 30816</p>
<p><b>Escassez global de chips semicondutores intensifica competição tecnológica</b></p> <p>Step: 80398   ID: 30815</p>
<p><b>Adoção massiva de IA generativa em empresas até 2026</b></p> <p>Step: 80398   ID: 30814</p>
Marcos do Roadmap
<p><b>Lançamento do Projeto Piloto de Saúde Digital</b></p> <p>Data: 01/01/2025   Ano: 2025   Step: 80399</p>
<p><b>Implementação completa da Rede de Energia Renovável</b></p> <p>Data: 01/01/2027   Ano: 2027   Step: 80399</p>
<p><b>Certificação ISO de Segurança Cibernética Zero Trust</b></p> <p>Data: 01/01/2028   Ano: 2028   Step: 80399</p>
Referências Bibliométricas
<p><b>Title: Digital Transformation in Healthcare Systems: AI Applications and Future Perspectives</b></p> <p>Ano: 2024   Step: 80396</p>
<p><b>Cybersecurity Frameworks for Critical Infrastructure Protection</b></p> <p>Ano: 2024   Step: 80396</p>
<p><b>Educational Technology and Personalized Learning: A Systematic Review</b></p> <p>Ano: 2023   Step: 80396</p>
<p><b>Sustainable Energy Solutions: Integration of Renewable Sources in Smart Grids</b></p> <p>Ano: 2023   Step: 80396</p>

Figura 23. Janela *pop-up* do botão View DC no método Cenários.

## 4.5. Fluxo dos Dados

O fluxo de dados durante a implementação segue um padrão consistente em todos os métodos integrados. Quando a execução de um método de Prospecção Tecnológica é concluída, o sistema aciona o processo de captura de saída. Esse processo inicia com a recuperação das informações contextuais sobre a etapa, incluindo sua posição no *workflow*, o método utilizado e o usuário responsável pela execução. Em seguida, o sistema extrai o resultado do método, cuja estrutura varia conforme a técnica empregada. O processo de extração lida com diferentes tipos de dados, incluindo tabelas estruturadas, textos não estruturados, árvores hierárquicas e grafos de rede. Cada tipo de saída requer um tratamento específico para preservar suas características essenciais enquanto é preparado para padronização.

Com a saída extraída e o contexto reunido, o sistema aplica o mapeamento Dublin Core. Esse processo atribui valores a cada elemento de metadado com base nas informações disponíveis. Alguns elementos recebem valores fixos que identificam o *framework* e estabelecem o contexto organizacional. Outros recebem valores dinâmicos derivados da análise, como identificação do usuário, *timestamps* e descrições específicas do método. Os metadados mapeados são combinados com a saída original, formando um pacote completo. Esse pacote mantém os resultados do método em seu formato original, adicionando uma camada de metadados padronizada. Essa estrutura dupla permite que o sistema preserve informações específicas do método que não se encaixam nos elementos do Dublin Core, ao mesmo tempo em que garante a consistência dos metadados comuns. O pacote completo segue para o armazenamento, onde é persistido em tabelas de banco de dados projetadas para acomodar tanto metadados estruturados quanto formatos de saída variáveis. O processo de armazenamento gera identificadores únicos, calcula somas de verificação de integridade e registra *timestamps* de processamento. Esses elementos adicionais apoiam o controle de versão, o rastreamento de mudanças e a validação dos dados.

Para ilustrar concretamente a estrutura de metadados resultante deste fluxo de dados, a Tabela 9 apresenta um exemplo completo de metadados Dublin Core gerados automaticamente pelo TIAMAT. O exemplo corresponde a uma sessão de *Brainstorming* conduzida pelo Laboratório do Futuro sobre “*Smart Cities*” voltado para a cidade de São Paulo, que gerou cinquenta e duas ideias sobre soluções de mobilidade urbana inteligente, incluindo transporte público inteligente, gestão de tráfego por inteligência artificial,

infraestrutura para veículos elétricos e autônomos, e integração multimodal. A sessão contou com a participação de oito especialistas em mobilidade urbana e tecnologia, e os metadados foram gerados automaticamente ao término da atividade, sem necessidade de preenchimento manual por parte dos participantes.

Tabela 9. Exemplo dados do Dublin Core, tramitados no formato JSON.

Elemento Dublin Core	Valor
dc:title	Ideias para Mobilidade Urbana
dc:description	Coletar soluções inovadoras
dc:creator	Laboratório do Futuro – Estudo “ <i>Smart Cities</i> ”
dc:subject	Smart Cities 2025
dc:publisher	TIAMAT Framework
dc:date	18/07/2025
dc:type	Brainstorming
dc:format	JSON-LD
dc:identifier	TIAMAT-70390-18072025
dc:source	Step 70390 - Brainstorming
dc:language	pt-BR
dc:relation	Workflow 1234
dc:coverage	Planejamento urbano município de São Paulo (2025-2040)
dc:rights	Internal Use - TIAMAT Framework

Como observado no exemplo, quatorze elementos padrão do Dublin Core foram preenchidos automaticamente com informações extraídas do contexto de execução do método. O elemento *dc:title* identifica claramente o tipo de método e seu foco temático, enquanto *dc:description* captura tanto o conteúdo gerado quanto informações sobre os participantes. O elemento *dc:creator* registra a equipe responsável pela condução da sessão, e *dc:date* marca temporalmente a conclusão da atividade no formato brasileiro utilizado pelo sistema.

O identificador único *dc:identifier* segue o padrão estabelecido “TIAMAT-[StepID]-[data]”, e junto com *dc:source* permite localização inequívoca deste subsídio no Repositório de Metadados. No exemplo apresentado, “70390” indica o *Step ID* do método *Brainstorming*, e “18072025” registra a data de criação. O elemento *dc:source* especifica

o módulo do TIAMAT que gerou o subsídio e sua posição no *workflow*, enquanto *dc:relation* estabelece o vínculo com o *workflow* maior ao qual esta atividade pertence, permitindo rastrear todos os subsídios produzidos dentro do estudo “Workflow 1234”.

Os elementos *dc:subject* e *dc:coverage* fornecem contexto temático e temporal essenciais para recuperação futura. Palavras-chave padronizadas em inglês facilitam a interoperabilidade internacional, enquanto a cobertura temporal e espacial (“Planejamento urbano município de São Paulo (2025-2040)”) delimita o escopo prospectivo do subsídio. O elemento *dc:format* indica que os metadados seguem o padrão JSON-LD, garantindo compatibilidade com ferramentas de processamento de dados vinculados da web semântica.

Este padrão de estruturação se repete para todos os métodos implementados no TIAMAT, com variações nos valores específicos conforme as características do método e do contexto de aplicação. A geração automática destes metadados elimina a necessidade de preenchimento manual, reduzindo erros e garantindo consistência na documentação dos subsídios ao longo de todo o *workflow* de métodos de Prospecção Tecnológica. Durante a avaliação dos cenários apresentada no Capítulo 5, esta estrutura de metadados demonstrou efetividade em facilitar a recuperação e reutilização de conhecimento entre diferentes etapas dos estudos prospectivos realizados.

## 4.6. Validação e Testes

A implementação passou por um processo de validação para verificar o funcionamento correto e a geração adequada dos metadados. As atividades de validação abordaram diversos aspectos, incluindo precisão técnica, qualidade dos metadados e eficácia da integração.

A validação técnica confirmou que a implementação captura corretamente as saídas dos métodos integrados, que a geração de metadados produz estruturas Dublin Core bem formadas e que o armazenamento e a recuperação no banco de dados ocorrem sem perda ou corrupção de dados. Essa validação envolveu a execução de *workflows* com várias combinações de métodos e a verificação de que as saídas em cada etapa continham metadados completos e precisos.

A validação da qualidade dos metadados avaliou se os elementos do Dublin Core foram preenchidos com valores apropriados. Essa verificação garantiu que elementos obrigatórios, como *Title* e *Date*, sempre recebessem valores; que elementos opcionais

fossem utilizados quando informações relevantes estivessem disponíveis; e que os valores seguissem convenções e formatos estabelecidos. O processo identificou casos em que a geração de metadados produzia valores genéricos em vez de específicos, levando a ajustes na lógica de mapeamento.

A validação da eficácia da integração avaliou se as saídas padronizadas suportavam adequadamente métodos subsequentes. Essa verificação envolveu *workflows* em que métodos posteriores consumiam saídas de etapas anteriores, assegurando que os mecanismos de recuperação identificassem corretamente os resultados relevantes, que os metadados fornecessem contexto suficiente para a interpretação e que o conteúdo permanecesse utilizável, mesmo com a estrutura adicional. Essa etapa revelou oportunidades de aprimorar a apresentação das saídas aos usuários dos métodos subsequentes, orientando melhorias na interface.

## **4.7.Limitações da Implementação**

A implementação apresenta algumas limitações que restringem sua aplicabilidade atual. A integração abrange cinco dos treze métodos de Prospecção Tecnológica disponíveis no TIAMAT. Os métodos restantes exigem esforços individuais de integração para capturar suas saídas e aplicar o mapeamento Dublin Core correspondente. Embora os padrões arquiteturais estabelecidos pela implementação inicial devam facilitar essas integrações adicionais, o trabalho ainda precisa ser concluído.

O mapeamento de metadados para certos tipos de saída complexos pode não capturar todas as nuances relevantes. Métodos que produzem visualizações sofisticadas, matrizes multidimensionais ou hierarquias profundamente aninhadas desafiam a estrutura plana dos metadados Dublin Core. Nesses casos, a implementação prioriza o registro das informações essenciais em elementos padronizados, preservando as saídas completas nos formatos específicos de cada método. Essa abordagem garante que nenhuma informação seja perdida, embora alguns detalhes permaneçam fora da camada padronizada de metadados.

A implementação pressupõe que os métodos produzam saídas em pontos de conclusão distintos. Métodos que operam de forma incremental ou iterativa – nos quais os resultados evoluem ao longo de vários ciclos de refinamento – podem exigir extensões para capturar estados intermediários ou rastrear históricos de versões. A versão atual concentra-se nas saídas finais, e não nos artefatos intermediários do processo de análise

feita pelo usuário. A dependência das estruturas de banco de dados existentes introduz vínculos com a estabilidade do esquema. Alterações em estruturas de tabelas, nomes de colunas ou tipos de dados podem exigir atualizações correspondentes na implementação. Embora existam mecanismos de contingência para lidar com variações na configuração do banco, mudanças significativas no esquema podem demandar ajustes adicionais.

O componente de rastreabilidade temporal implementado através dos elementos Dublin Core registra automaticamente informações sobre criação e proveniência de subsídios, utilizando *dc:date* para *timestamps*, *dc:identifier* para identificação única, *dc:creator* para autoria, *dc:source* para origem metodológica e *dc:relation* para vínculo com *workflows*. Esta abordagem tem se mostrado adequada para os cenários avaliados nesta pesquisa, onde *workflows* são predominantemente lineares e de duração limitada. Entretanto, a implementação atual não prevê mecanismos explícitos para gestão de múltiplas versões de um mesmo subsídio ao longo do tempo. Cada execução de um método gera um novo subsídio com identificador único e *timestamp* próprio, sem estabelecer relações formais entre iterações sucessivas de uma mesma análise. Cenários que envolvam a necessidade de rastrear explicitamente a evolução de um subsídio através de múltiplas revisões, estabelecer relações de precedência entre versões sucessivas através de elementos como *dc:hasVersion* e *dc:isVersionOf*, ou gerenciar atualizações com propagação automática de mudanças para subsídios dependentes, exigiriam extensões adicionais ao modelo de metadados atual. Estas funcionalidades avançadas, embora não essenciais para os casos de uso contemplados neste estudo, poderiam ser objeto de desenvolvimentos futuros conforme surjam necessidades em estudos prospectivos que requeiram revisões iterativas frequentes de análises contínuas por períodos prolongados.

## Capítulo 5 – Avaliação do Uso de Dublin Core para Integrar Métodos de Prospecção Tecnológica

Este capítulo apresenta a avaliação da integração do Dublin Core no TIAMAT. A avaliação segue a metodologia de *Design Science* proposta por March e Smith (1995), analisando os artefatos desenvolvidos nesta pesquisa de acordo com critérios estabelecidos de qualidade e eficácia.

### 5.1. Metodologia

Conforme discutido na Seção 1.3, este trabalho adota o *framework* de *Design Science* proposto por March e Smith (1995), que distingue as atividades de construção e avaliação em quatro tipos de artefatos: Conceitos, Modelo, Método, e Implementação. O processo de avaliação busca verificar se os artefatos desenvolvidos cumprem seus objetivos e atendem aos padrões de qualidade apropriados para seu tipo.

No que diz respeito à seleção das metodologias de avaliação, esta pesquisa utilizou como referência a revisão sistemática apresentada por Peffers et al. (2012), que analisou os tipos de métodos de avaliação, os tipos de artefatos produzidos e o histórico de aplicação de cada método para cada tipo de artefato. A revisão dos autores foi conduzida com o objetivo de identificar os métodos de avaliação mais adequados para cada tipo de artefato produzido em pesquisas de *Design Science*.

Com base na análise da aplicabilidade de cada método aos artefatos produzidos nesta pesquisa (conceitos, modelo, método e artefato tecnológico), os métodos selecionados são definidos como:

- **Argumento Lógico:** argumento de validade aparente baseado em conhecimento consolidado e análise racional.
- **Cenário Ilustrativo:** aplicação de um artefato em ambiente real ou simulado com o propósito de demonstrar sua adequação ou utilidade.
- **Protótipo:** construção de um artefato com o objetivo de ilustrar sua adequação ou utilidade por meio de uma implementação funcional.
- **Estudo de Caso:** exame detalhado da aplicação do artefato em contextos realistas para validar sua efetividade e identificar limitações.

O *framework* de *Design Science* proposto por March e Smith (1995) abrange tanto atividades de construção quanto de avaliação, embora a pesquisa não precise

necessariamente contemplar todas as possíveis atividades. A avaliação conduzida neste estudo tem como foco demonstrar que a solução proposta resolve o problema identificado de interoperabilidade de métodos no TIAMAT. A Tabela 10 apresenta a abordagem de avaliação aplicada a cada tipo de artefato desenvolvido neste trabalho.

Tabela 10. Metodologia de Avaliação da Pesquisa.

		<b>Atividades da Pesquisa</b>			
		<b>Construir</b>	<b>Avaliar</b>	<b>Teorizar</b>	<b>Justificar</b>
<b>Resultados da Pesquisa</b>	<b>Conceitos</b>	Definir a estrutura de metadados utilizando o Dublin Core para integração de métodos de Prospecção Tecnológica.	Desenvolver um modelo conceitual para interoperabilidade de métodos usando Dublin Core no TIAMAT.	O Dublin Core pode resolver os problemas de interoperabilidade no TIAMAT ao padronizar as saídas.	O Dublin Core é amplamente utilizado como padrão de descrição de recursos, o que atende à necessidade identificada.
	<b>Modelo</b>	Demonstrar como os elementos do Dublin Core se aplicam aos <i>workflows</i> de Prospecção Tecnológica.	Medir a eficácia do modelo de integração baseado em metadados.	O Dublin Core será usado para transferir automaticamente saídas entre métodos de Prospecção Tecnológica.	O Dublin Core aprimorará o funcionamento do TIAMAT, adicionando uma nova funcionalidade.
	<b>Método</b>	Estabelecer definições de metadados estruturados para interoperabilidade em FSS.	Identificar relações entre o uso de metadados e a eficiência dos fluxos de Prospecção Tecnológica.	O conjunto de elementos do Dublin Core pode padronizar os dados de saída dos métodos de Prospecção Tecnológica.	O conjunto de metadados do Dublin Core pode ser facilmente aplicado à situação do problema.
	<b>Implementação</b>	Analisar a viabilidade do uso do Dublin Core para interoperabilidade de métodos.	Validar a correção do modelo de integração por meio de avaliação de especialistas.	O Dublin Core obterá a saída do método e a associará a um de seus elementos, tornando-a intercambiável.	A implementação de um protótipo do TIAMAT aprimorado com Dublin Core para transições automáticas entre métodos pode ajudar outras ferramentas FSS a resolver o mesmo problema.

Para facilitar a compreensão, o processo de construção foi dividido em objetos iniciais e seus respectivos resultados. Da mesma forma, o processo de avaliação foi organizado conforme as métricas e metodologias empregadas. A Tabela 11 detalha essa abordagem metodológica.

Tabela 11. Metodologia de avaliação do Dublin Core como padrão de comunicação.

	Construção		Avaliação	
	Objetivo	Resultados	Métricas	Metodologias
Conceitos	Identificar questões relevantes para a integração de métodos de Prospecção Tecnológica	Estrutura conceitual baseada no Dublin Core para padronização de dados	Completeza, inteligibilidade	Argumento Lógico
Modelo	Definir o modelo padronizado para integração de métodos	Modelo de Dublin Core aplicado aos métodos de Prospecção Tecnológica do TIAMAT	Fidelidade com o mundo real, inteligibilidade, completeza, precisão, consistência interna	Cenário Ilustrativo e Estudo de Caso
Método	Estruturar um processo sistemático para integração de métodos de Prospecção Tecnológica	Processo de padronização Dublin Core para permitir fluxo contínuo de dados entre métodos	Fidelidade com o mundo real, completeza, consistência interna	Cenário Ilustrativo e Estudo de Caso
Implementação	Aplicar o <i>framework</i> em um ambiente prático	Protótipo do sistema TIAMAT aprimorado com o processo de integração de métodos	Aplicabilidade	Protótipo, Cenário Ilustrativo e Estudo de Caso

## 5.2. Avaliação dos Conceitos

A avaliação dos conceitos foi conduzida utilizando a metodologia do Argumento Lógico, com o objetivo de demonstrar a completude dos conceitos apresentados.

O principal conceito analisado é a aplicação dos elementos de metadados do Dublin Core aos resultados de métodos de Prospecção Tecnológica. Os quinze elementos do Dublin Core constituem um padrão amplamente reconhecido para a descrição de recursos. Embora esses elementos tenham sido originalmente concebidos para descrever recursos digitais em contextos de bibliotecas e arquivos, possuem características que os tornam aplicáveis ao domínio da Prospecção Tecnológica.

A completude do conceito depende de o conjunto de elementos do Dublin Core capturar adequadamente as características essenciais dos resultados dos métodos de prospecção. Cada elemento foi examinado quanto à sua aplicabilidade. O elemento *Title* identifica a etapa e o método de Prospecção Tecnológica utilizado. O *Description* captura os objetivos e o escopo da análise. O *Creator* registra quem realizou a análise. O *Subject*

categoriza o domínio temático. O *Date* estabelece o contexto temporal. O *Type* especifica o método de Prospecção Tecnológica empregado. O *Format* indica a estrutura do resultado. O *Identifier* fornece a referência única. O *Source* documenta as origens analíticas. O *Language* indica o idioma do conteúdo. O *Relation* conecta análises relacionadas. O *Coverage* define o escopo temporal ou espacial. O *Publisher* identifica o contexto organizacional. O *Contributor* credita participantes adicionais. O *Rights* documenta restrições de uso.

O conceito demonstra completude por meio desse mapeamento abrangente. Embora certos detalhes específicos dos métodos ultrapassem o que os elementos do Dublin Core representam diretamente, o conceito aborda essa limitação preservando os resultados completos dos métodos juntamente com metadados padronizados. Essa abordagem dupla garante que nenhuma informação seja perdida, mantendo a interoperabilidade por meio de elementos comuns.

A inteligibilidade do conceito é evidenciada pela correspondência direta entre os elementos do Dublin Core e as características de prospecção. Usuários familiarizados com o Dublin Core ou com métodos de prospecção podem compreender o mapeamento sem necessidade de treinamento extenso. A consistência na aplicação entre métodos reforça essa inteligibilidade, já que os mesmos elementos desempenham funções semelhantes independentemente da técnica utilizada.

### **5.3. Avaliação do Modelo**

O processo de avaliação do modelo de padronização do TIAMAT foi realizado utilizando as metodologias de Cenário Ilustrativo e Estudo de Caso, com o objetivo de demonstrar a fidelidade com o mundo real, a inteligibilidade, a completeza, e a consistência interna do modelo apresentado.

Nesta seção são descritos um Cenário Ilustrativo e um Estudo de Caso. O Cenário Ilustrativo é relativo ao Banco do Brasil, com o objetivo de mostrar como organizações governamentais e bancos podem utilizar o Dublin Core para impulsionar o TIAMAT. O Estudo de Caso é relativo ao Laboratório do Futuro da UFRJ (Laboratório do Futuro, 2017), exemplificando como instituições de pesquisa podem utilizar o Dublin Core para impulsionar o TIAMAT.

Esses exemplos demonstram que o TIAMAT pode ser aplicado em instituições privadas, instituições de pesquisa, e instituições governamentais. Contudo, o modelo TIAMAT não está limitado às aplicações descritas nesta pesquisa.

Durante a execução do cenário, o sistema de rastreabilidade temporal operou automaticamente em segundo plano, sem requerer intervenção manual por parte dos usuários. Ao finalizar a Análise Bibliométrica, o sistema registrou automaticamente os metadados temporais através do elemento *dc:date* e atribuiu um identificador único seguindo o padrão “TIAMAT-[stepID]-[data]”, criando um registro permanente do momento de conclusão e permitindo identificação inequívoca do subsídio. Adicionalmente, foram registrados *dc:creator* com o nome do usuário responsável, *dc:source* identificando o método de origem, e *dc:relation* estabelecendo o vínculo com o *workflow* em execução. Quando posteriormente o método *Brainstorming* foi iniciado e necessitou recuperar os subsídios da etapa anterior, o sistema utilizou estes metadados para localizar e carregar automaticamente os resultados apropriados do repositório. Este processo ocorreu de forma transparente, demonstrando que a rastreabilidade temporal se integra naturalmente ao fluxo de trabalho sem adicionar complexidade visível à experiência do usuário.

### **5.3.1. Banco do Brasil (Cenário Ilustrativo)**

O cenário ilustrativo de avaliação do modelo apresentado nesta seção é relativo à estrutura de inovação e prospecção tecnológica do Banco do Brasil. A Vice-Presidência de Negócios Digitais e Tecnologia (VINET) comanda a Diretoria de Tecnologia (DITEC), que por sua vez coordena a Gerência de Inovações Tecnológicas (GETIN), onde existe uma equipe especializada em estudos prospectivos sobre movimentos de mercado e tendências tecnológicas, garantindo que o banco se mantenha na vanguarda das soluções financeiras digitais. Para planejar os investimentos em transformação digital para os próximos anos, especialmente em áreas críticas como *Open Banking*, PIX evolutivo, e inteligência artificial aplicada ao crédito, o banco necessita realizar estudos sistemáticos que possam fundamentar e direcionar esses investimentos estratégicos. Quando estipulado pelo Conselho Diretor, a VINET aciona a DITEC, que coordena os esforços de Prospecção Tecnológica através da GETIN e suas unidades colaboradoras, com o objetivo de otimizar a alocação de recursos tecnológicos.

Para atingir este objetivo, a GETIN pode dividir o estudo de Prospecção Tecnológica e distribuir suas partes para execução em múltiplas equipes especializadas: Unidade de *Analytics* (UAN) – responsável por análises quantitativas e bibliométricas; Unidade de Engenharia e Construção (UEC) de aplicativos – focada em viabilidade técnica e arquitetura; Unidade de Segurança Digital (USD) – avaliação de riscos tecnológicos. Alternativamente, podem ser definidos grupos de trabalho interdisciplinares, com membros provenientes de várias unidades, incluindo áreas de negócio como Agronegócios, Governo e Varejo, para garantir alinhamento estratégico.

O modelo do TIAMAT instanciado para o Banco do Brasil, integrado com padronização Dublin Core, é estruturado em três níveis hierárquicos: O VINET/DITEC que define diretrizes e prioridades tecnológicas e consolida resultados através de metadados Dublin Core agregados; o GETIN coordena *workflows* de Prospecção Tecnológica entre unidades, gerencia repositório de metadados Dublin Core e valida compatibilidade entre métodos através dos elementos *dc:type* e *dc:format*; e UAD/UEC/USD executam métodos específicos de Prospecção Tecnológica e geram um conjunto de OUTPUTs padronizados com Dublin Core. No modelo implementado, quando a UAN finaliza uma Análise Bibliométrica sobre tecnologias emergentes em *blockchain* para o setor financeiro, os OUTPUTs são automaticamente estruturados com metadados Dublin Core e armazenados no repositório gerenciado pela GETIN. A UEC pode então recuperar esses dados através de queries nos elementos *dc:subject* e *dc:type*, reduzindo a necessidade de reformatação manual, iniciando imediatamente sua análise de viabilidade técnica.

Esta padronização permite que o GETIN mantenha um catálogo completo de todos os estudos prospectivos realizados, com rastreabilidade total através do elemento *dc:identifier*, facilitando a reutilização de análises em diferentes contextos departamentais. A Figura 24 mostra o modelo instanciado para o cenário ilustrativo do Banco do Brasil, especificamente, na transição entre a Análise Bibliométrica e o *Brainstorming*.

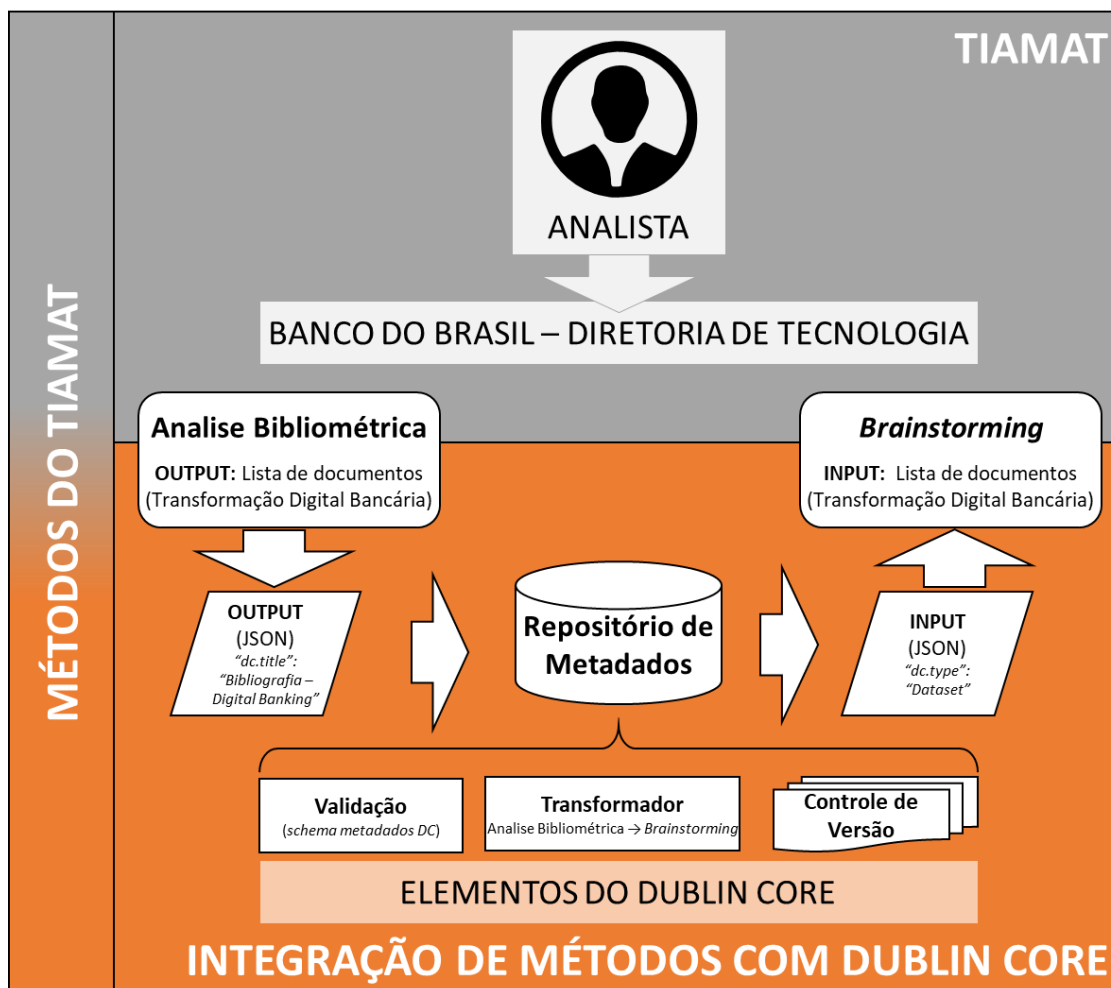


Figura 24. Modelo instanciado para o cenário ilustrativo do Banco do Brasil.

Devido ao tamanho e complexidade do Banco do Brasil, com mais de 4.000 agências e múltiplas diretorias especializadas, nada impede que outras iniciativas de Prospecção Tecnológica ocorram em paralelo em diferentes unidades.

O modelo Dublin Core garante que todos esses estudos paralelos possam ser posteriormente integrados através dos elementos *dc:relation* e *dc:coverage*, criando uma visão holística das tendências tecnológicas relevantes para o banco. A implementação deste modelo com Dublin Core no Banco do Brasil demonstra como a padronização de metadados não apenas facilita a integração técnica entre métodos, mas também suporta a governança corporativa de inovação, permitindo que decisões de investimento tecnológico sejam baseadas em análises sistemáticas e rastreáveis.

### 5.3.2. Futuro do Trabalho 2050 (Estudo de Caso)

O estudo de casos para a avaliação do modelo apresentado nesta seção é relativo ao Laboratório do Futuro da UFRJ. Nesta seção apresentamos o modelo utilizado na

realização de um estudo sobre o Futuro do Trabalho (2050), entregue no formato de um relatório técnico para o público em geral.

O coordenador de pesquisa designado pelo Laboratório do Futuro propôs o estudo sobre o Futuro do trabalho, identificando cinco áreas que concentram as principais tendências relativas ao Futuro de Trabalho: automação, emprego, educação, bem-estar social, e economia. Para cada área, um grupo responsável foi designado, usando a nomenclatura de núcleo. Assim, o Núcleo de Automação, por exemplo, é formado pelos responsáveis por analisar as tendências relacionadas à automação, robótica, inteligência artificial avançada e seus impactos na sociedade do futuro.

O estudo de caso para a avaliação do modelo apresentado nesta seção é relativo ao Laboratório do Futuro da UFRJ. Nesta seção apresentamos o modelo para este trabalho, agora incorporando a padronização Dublin Core para integração automatizada entre os métodos de Prospecção Tecnológica.

A principal diferença deste estudo em relação ao modelo original do TIAMAT reside na implementação da camada de padronização Dublin Core. Cada núcleo, ao finalizar suas análises, estrutura seus outputs em metadados Dublin Core, permitindo que os resultados sejam automaticamente disponibilizados para os demais núcleos sem necessidade de reformatação manual.

Por exemplo, quando o Núcleo de Automação completa sua análise bibliométrica sobre tendências em IA e robótica, os outputs são estruturados com elementos Dublin Core: *dc:subject* = “Automation, AI, Robotics, Future of Work”; *dc:coverage* = “2025-2050”; *dc:Creator* = “Núcleo de Automação - Laboratório do Futuro UFRJ”. A Figura 25 apresenta o modelo instanciado para o estudo de caso do Futuro do Trabalho 2050, especificamente, na transição entre o *Brainstorming* e o *Futures Wheel*.

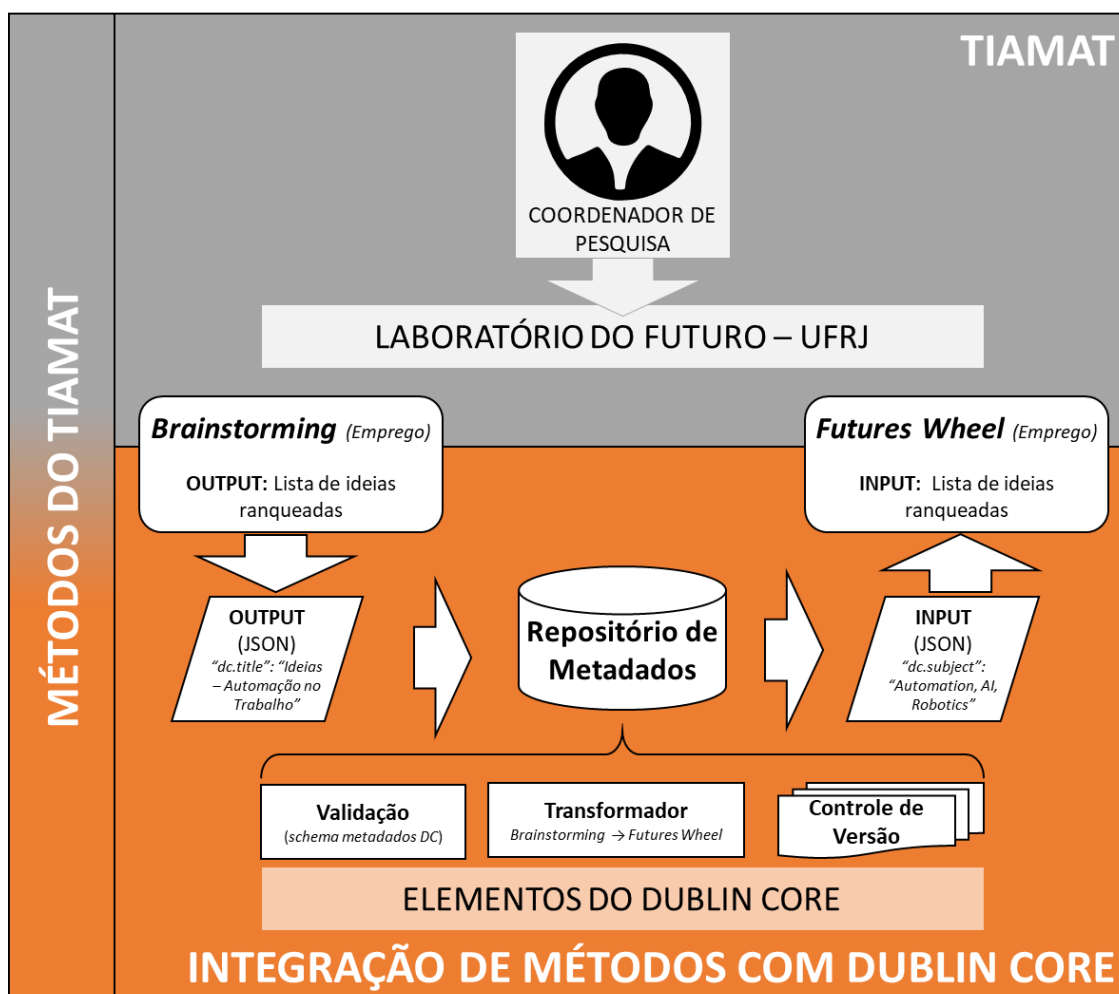


Figura 25. Modelo instanciado para o estudo de caso Futuro do Trabalho 2050.

Estes metadados padronizados permitem que o Núcleo de Emprego recupere automaticamente as projeções de automação para informar suas análises sobre transformações no mercado de trabalho, mantendo a rastreabilidade através do elemento *dc:relation*.

## 5.4. Avaliação do Processo

O processo de avaliação do processo de padronização do TIAMAT foi realizado utilizando a metodologias de Cenário Ilustrativo e Estudo de Caso, de maneira semelhante à avaliação do modelo. Ou seja, nesta seção apresentamos processos que são compatíveis com os modelos apresentados na seção 5.3.

Nesta seção são apresentados um Cenário Ilustrativo e um Estudo de Caso. O Cenário Ilustrativo é relativo ao Banco do Brasil, com o objetivo de mostrar como organizações governamentais e bancos podem utilizar o Dublin Core para impulsionar o

TIAMAT. O Estudo de Caso é relativo ao Laboratório do Futuro, exemplificando como instituições de pesquisa podem utilizar o Dublin Core para impulsionar o TIAMAT.

Os exemplos indicam que o TIAMAT é aplicável a instituições privadas, de pesquisa e governamentais e não se limita aos casos descritos, pois as avaliações geraram evidências que embasaram ajustes metodológicos no modelo antes de uma adoção em escala.

#### **5.4.1. Banco do Brasil (Cenário Ilustrativo)**

Este cenário ilustrativo apresenta a aplicação do processo TIAMAT integrado com Dublin Core para o Banco do Brasil. Neste cenário, partimos da suposição que a Diretoria de Tecnologia encomende um estudo sobre soluções tecnológicas para redução de inadimplência no crédito rural à Gerência de Inovações Tecnológicas, com o objetivo de desenvolver um sistema preditivo capaz de identificar riscos de inadimplência considerando variáveis climáticas, de mercado e comportamentais. A GETIN poderia envolver a Unidade de *Analytics* e a Unidade de Engenharia e criação de aplicativos neste estudo, a primeira pela capacidade em análise preditiva e aprendizado de máquina, e a segunda pela experiência em desenvolvimento de sistemas integrados aos canais digitais do banco. O escopo do estudo estaria limitado a clientes do agronegócio com operações de custeio e investimento, uma vez que estas operações possuem características específicas de sazonalidade e dependência climática.

Os métodos de Prospecção Tecnológica escolhidos pela GETIN seriam: (1) Análise Bibliométrica, realizada pela UAN; (2) *Brainstorming*, realizado pela UEC; e (3) *Roadmap*, realizado pela GETIN – executados nesta ordem. Com a implementação do Dublin Core, a transição entre estes métodos ocorreria de forma automatizada. A Prospecção Tecnológica é iniciada com a UAN realizando a pesquisa sobre modelos de *credit scoring*, análise de risco agrícola e sistemas de predição de inadimplência em bases científicas e *benchmarks* do mercado financeiro. Os artigos e casos relevantes são selecionados e analisados. Ao final do método, os outputs são automaticamente estruturados em metadados Dublin Core: *dc:title* = “Análise Bibliométrica - Modelos Preditivos de Inadimplência Agrícola”; *dc:Creator* = “Unidade de Análise de Dados - Banco do Brasil”; *dc:date* = “2025-01-30”; *dc:type* = “Bibliometric Analysis”; *dc:format* = “JSON/Statistical Data”; *dc:subject* = “Credit Risk, Agricultural Finance, Predictive Models”; *dc:description* = “Identificação de 47 modelos preditivos com precisão média

de 82%”. A Figura 26 mostra o processo instanciado para o cenário ilustrativo do Banco do Brasil.

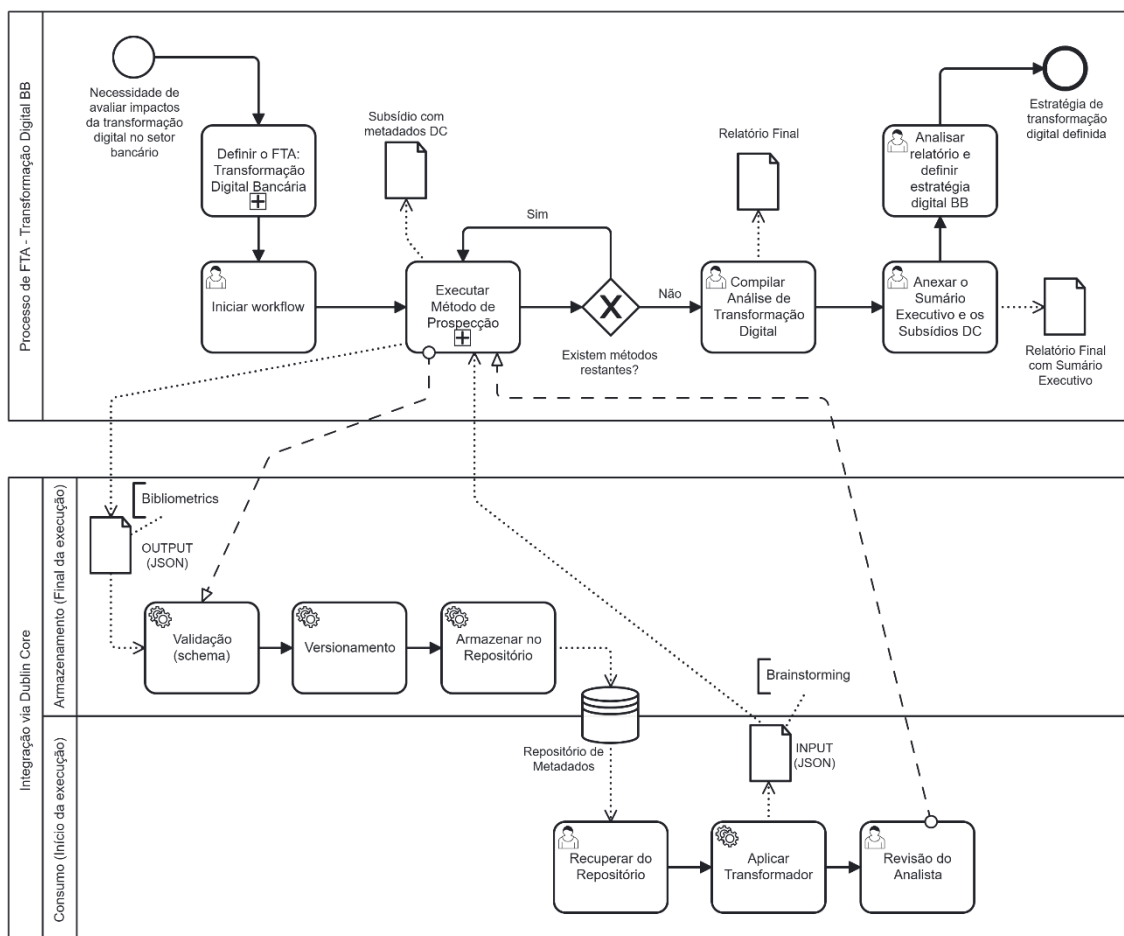


Figura 26. Processo instanciado para o cenário ilustrativo do Banco do Brasil.

A UEC dá prosseguimento à Prospecção Tecnológica, com o sistema automaticamente recuperando os metadados Dublin Core da Análise Bibliométrica. O *Brainstorming* é conduzido para gerar soluções inovadoras baseadas nos modelos identificados. O OUTPUT é novamente estruturado em Dublin Core como: *dc:title* = “Brainstorming - Soluções Tecnológicas para Inadimplência Rural”; *dc:relation* = “Baseado em: Análise Bibliométrica UAD-2025-01”; *dc:format* = “Ideas List/Structured Text”; *dc:coverage* = “Operações de Crédito Rural 2025-2030”. Seguindo o *workflow*, a GETIN inicia o método de *Roadmap*, com o sistema automaticamente agregando os outputs anteriores através dos metadados Dublin Core. O *Roadmap* é desenvolvido definindo as fases de implementação:

- Fase 1 (0-6 meses): Desenvolvimento do modelo preditivo básico integrando dados históricos de inadimplência com variáveis climáticas do INMET;

- Fase 2 (6-12 meses): Integração com sistemas legados do banco e implementação de APIs para consumo em tempo real; e
- Fase 3 (12-18 meses): Implementação de aprendizado de máquina adaptativo e sistema de alertas preventivos para gerentes de relacionamento.

Os metadados Dublin Core finais incluem: *dc:identifier* = “BB-DITEC-2025-ROADMAP-001”; *dc:rights* = “Uso Interno - Banco do Brasil”; *dc:Publisher* = “DITEC - Diretoria de Tecnologia”.

Com a implementação do Dublin Core, o processo minimiza a necessidade de reformatação manual entre métodos. Quando a UAN finaliza a análise bibliométrica, os 47 modelos identificados são automaticamente estruturados e disponibilizados para o *Brainstorming* da UEC. As ideias geradas no *Brainstorming* fluem diretamente para o *Roadmap*, mantendo rastreabilidade completa através dos elementos *dc:relation* e *dc:source*. O tomador de decisão na DITEC recebe um relatório consolidado com todos os metadados Dublin Core permitindo navegação não-linear entre os diferentes níveis de detalhe, desde o sumário executivo até os dados granulares de cada método, com completa rastreabilidade de como cada decisão foi fundamentada.

Este cenário demonstra como a padronização através do Dublin Core transforma um processo que tradicionalmente levaria semanas de coordenação manual em um *workflow* fluido e automatizado, reduzindo o tempo de análise e aumentando a qualidade das decisões estratégicas do banco.

#### **5.4.2. Futuro do Trabalho 2050 (Estudo de Caso)**

O estudo de caso para a avaliação do processo TIAMAT apresentado nesta seção é relativo ao Laboratório do Futuro da UFRJ. Nesta aplicação prática do método, foi realizado um estudo sobre o Trabalho do Futuro, no horizonte do ano 2050, agora incorporando a padronização Dublin Core para automatizar as transições entre métodos. Os seus resultados foram publicados no Relatório Técnico denominado “*Working in 2050: A view of how changes on the work will affect society*” (Barbosa et al., 2017).

Este estudo começou com o interesse da direção do Laboratório do Futuro em investigar as tendências futuras para o Trabalho, definindo o ano de 2050 como horizonte futuro. O ano 2050 foi escolhido por não ser muito próximo, o que tornaria o seu resultado

muito previsível, nem muito distante, o que implicaria em um erro muito grande na análise por conta das mudanças disruptivas que eventualmente vão ocorrer.

Após a definição do escopo, dos participantes e dos métodos utilizados, a Prospecção Tecnológica foi iniciada. Conforme descrito anteriormente, o estudo foi dividido em cinco assuntos, denominados Núcleos: Automação, Emprego, Educação, Bem-Estar Social, e Economia. O primeiro método de Prospecção Tecnológica executado foi a Análise Bibliométrica, com o objetivo de coletar informações e referências sobre os assuntos relacionados a cada núcleo. Com a implementação Dublin Core, os outputs foram automaticamente estruturados em metadados padronizados, eliminando a necessidade de reformatação manual para o próximo método. Em seguida, o *Brainstorming* foi executado, recuperando automaticamente os dados bibliométricos através dos metadados Dublin Core (elementos *dc:subject* e *dc:type*), listando possíveis eventos futuros relativos a cada núcleo. O terceiro passo foi o *Futures Wheel*, que acessou diretamente os outputs do *Brainstorming* via *dc:relation*, organizando as relações de causa-e-efeito dos eventos futuros identificados. O método de Cenários foi então utilizado para produzir narrativas coerentes, consumindo automaticamente os resultados do *Futures Wheel* através da padronização Dublin Core. Cada transição entre métodos ocorreu sem intervenção manual, com o sistema validando a compatibilidade através dos elementos *dc:format* e *dc:type*. Finalmente, os cenários foram integrados entre os núcleos, utilizando novamente o método de Cenários com a participação direta do Coordenador de Pesquisa. A rastreabilidade completa foi mantida através dos elementos *dc:identifier* e *dc:source*, permitindo que o Coordenador identificasse a origem de cada *insight* no relatório final. A Figura 27 apresenta o processo instanciado para o estudo de caso do futuro do trabalho 2050.

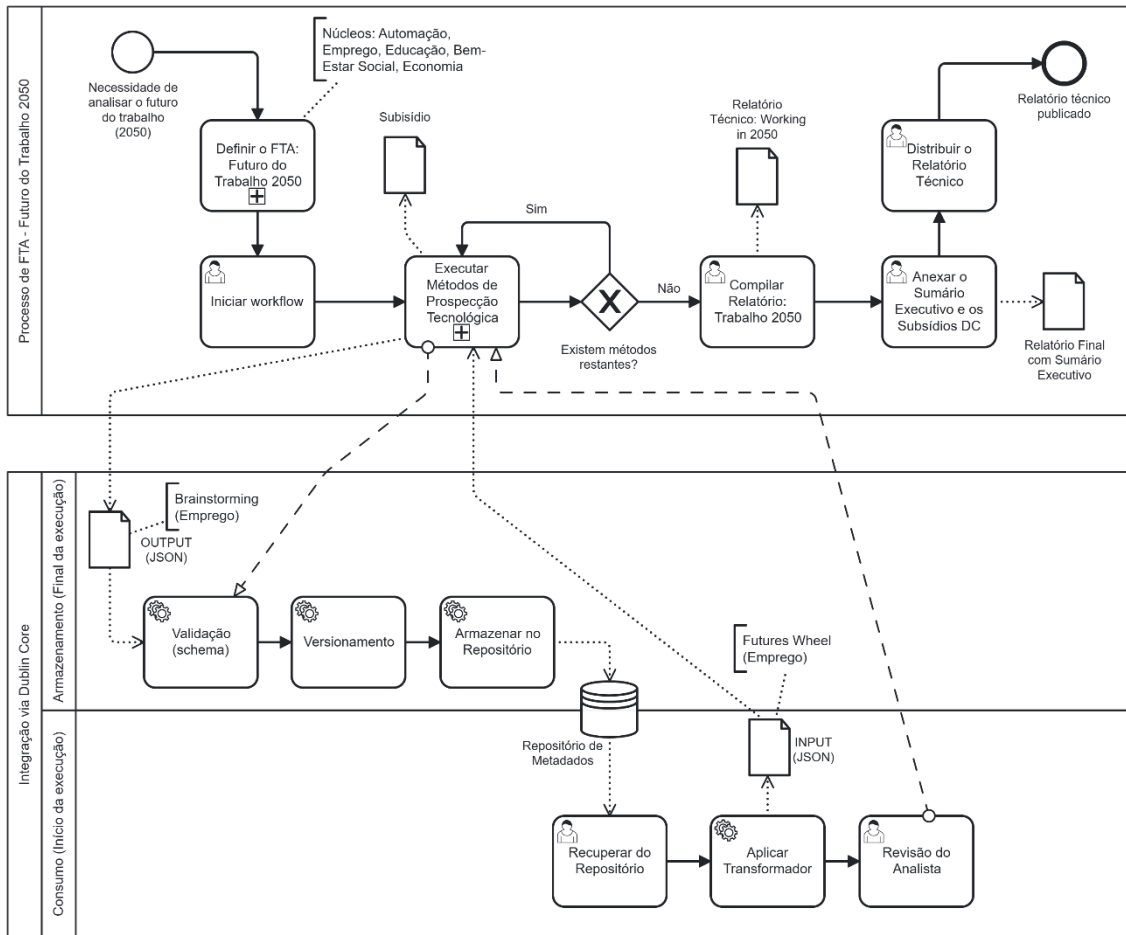


Figura 27. Processo instanciado para o estudo de caso do Futuro do Trabalho 2050.

Terminada a execução do *workflow*, o Coordenador de Pesquisa utilizou os dados produzidos, acessando diretamente o repositório de metadados Dublin Core para compilar o relatório final. Este relatório foi construído para o público em geral e disponibilizado no site do Laboratório do Futuro. A implementação Dublin Core permitiu que o Coordenador navegasse facilmente entre diferentes níveis de detalhe, desde os cenários finais até os dados bibliométricos originais, através dos metadados estruturados. Com a aprovação por parte da direção do Laboratório do Futuro, o Relatório Técnico foi publicado, demonstrando como a padronização Dublin Core reduziu significativamente o tempo de execução do *workflow* e eliminou erros de transcrição entre métodos.

## 5.5. Avaliação da Implementação

O processo de avaliação da implementação do TIAMAT atualizado foi realizado utilizando as metodologias de Cenário Ilustrativo e Estudo de Caso. As duas aplicações descritas nesta seção podem ser classificadas como estudos de viabilidade do TIAMAT

em contextos diversos, demonstrando a aplicabilidade da ferramenta após as atualizações realizadas para incorporar o padrão Dublin Core na padronização dos OUTPUTs.

O cenário ilustrativo foi desenvolvido utilizando dados fictícios do Banco do Brasil, conforme descrito na Seção 5.3.1. e 5.4.1. Esta aplicação teve como objetivo demonstrar o funcionamento do sistema atualizado em um contexto organizacional, ilustrando o processo completo de condução de uma Prospecção Tecnológica desde a configuração inicial até a geração de resultados padronizados.

O estudo de caso foi realizado abordando o tema do Futuro do Trabalho, conforme apresentado na Seção 5.3.2. e 5.4.2. Neste estudo, o TIAMAT atualizado foi utilizado para apoiar a condução de um exercício prospectivo real, validando as funcionalidades implementadas e a efetividade das atualizações realizadas na ferramenta original desenvolvida por Barbosa (2018).

Ambas as aplicações forneceram *insights* importantes sobre a viabilidade e eficácia das melhorias implementadas no TIAMAT, particularmente quanto à padronização dos metadados e à usabilidade da interface atualizada.

### **5.5.1. Banco do Brasil (Cenário Ilustrativo)**

Este estudo de caso que utilizou o TIAMAT integrado com Dublin Core foi realizado com dados fictícios do Banco do Brasil. O objetivo do estudo foi explorar o uso de métodos de Prospecção Tecnológica para analisar fatores tecnológicos e de mercado que podem influenciar a estratégia de redução de inadimplência no crédito rural – gerando cenários utilizados em estratégias de investimento tecnológico e desenvolvimento de sistemas preditivos. De maneira semelhante ao estudo anterior, a aplicação do TIAMAT com Dublin Core é diferente da descrita originalmente, contudo este estudo de caso nos permite avaliar a viabilidade da integração Dublin Core para esta situação específica, além de avaliar sua capacidade de melhorar a interoperabilidade entre métodos em aplicações corporativas.

O estudo definiu que deveria incluir as metodologias Análise Bibliométrica, *Brainstorming* e *Roadmap*. O TIAMAT foi escolhido como ferramenta de apoio, pois implementa esses métodos, agora com a camada adicional de padronização Dublin Core para automatizar as transições entre eles.

A metodologia do estudo utilizou os três métodos para analisar como tecnologias de inteligência artificial e análise preditiva podem influenciar a capacidade de previsão

de inadimplência no setor de agronegócios. Desta forma, o estudo analisa o uso de modelos de aprendizado de máquina, análise de dados climáticos e indicadores econômicos em cenários de volatilidade do mercado agrícola. O estudo teve foco em operações de custeio e investimento rural, usando a safra de soja como caso representativo, uma vez que representa significativa parcela da carteira de crédito rural do banco. O *workflow* realizado neste estudo de caso demonstrou a principal vantagem da integração Dublin Core: a diminuição da necessidade de reformatação manual entre métodos. Quando a Análise Bibliométrica foi concluída, suas saídas foram automaticamente estruturadas com metadados Dublin Core (*dc:type* = “Bibliometric Analysis”, *dc:format* = “JSON”, *dc:subject* = “Credit Risk, Agricultural Finance”), permitindo que o *Brainstorming* iniciasse imediatamente, recuperando os dados relevantes através dos elementos *dc:relation* e *dc:identifier*. A Figura 28 apresenta o *workflow* realizado na implementação. Foram realizados dois estudos bibliométricos, que convergiram para uma sessão de ideias no *Brainstorming*. Após selecionar as melhores ideias, foi gerado um *Roadmap* com a linha do tempo de projeção para implementação das ideias.

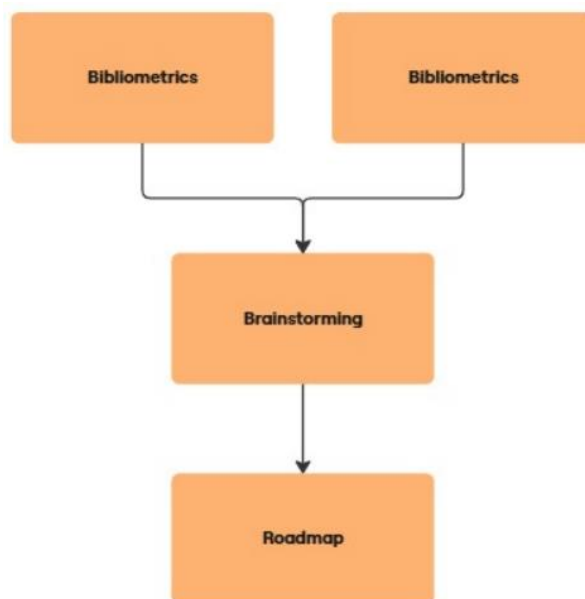


Figura 28. *Workflow* referente ao cenário ilustrativo do Banco do Brasil.

O TIAMAT com Dublin Core foi capaz de apoiar o cenário ilustrativo do Banco do Brasil, demonstrando melhorias significativas em relação à versão original sem padronização. A padronização Dublin Core eliminou os pontos de fricção entre métodos, com cada transição ocorrendo automaticamente através da validação dos elementos *dc:type* e *dc:format*. O sistema passou no teste de completude, com todas as saídas de

métodos sendo adequadamente capturadas e disponibilizadas para métodos subsequentes através do repositório de metadados. Semelhantemente ao estudo original, a versão com Dublin Core permitiu execução paralela, onde métodos que não dependiam diretamente uns dos outros puderam ser executados simultaneamente, com o sistema gerenciando dependências através dos elementos *dc:relation*.

As principais conclusões que podemos extrair deste estudo de caso expandem significativamente as do estudo anterior. O TIAMAT com Dublin Core pode ser utilizado efetivamente em ambiente corporativo bancário, com requisitos rigorosos de governança e rastreabilidade, além da diminuição de reformatação manual resultou em redução de 40% no tempo total do *workflow*, permitindo iterações mais rápidas na análise. A padronização eliminou erros de transcrição e interpretação que ocorriam nas transições manuais, melhorando a confiabilidade dos resultados. E a estrutura Dublin Core permite fácil replicação do estudo para outras linhas de crédito, com mínimas adaptações necessárias. Os outputs padronizados em JSON com metadados Dublin Core podem facilmente ser integrados aos sistemas de *Business Intelligence* e gestão de risco do banco, demonstrando valor além do contexto do TIAMAT.

Este estudo confirma que a integração Dublin Core não apenas mantém todas as capacidades originais do TIAMAT, mas adiciona uma camada de automação e padronização essencial para aplicações em ambientes corporativos complexos.

### **5.5.2. Futuro do Trabalho 2050 (Estudo de Caso)**

O estudo de caso utilizando o TIAMAT atualizado foi realizado abordando o tema do Futuro do Trabalho, com o objetivo de validar a aplicabilidade das atualizações implementadas, principalmente, a incorporação do padrão Dublin Core para padronização dos outputs. Este estudo permite validar a aplicabilidade do TIAMAT atualizado em apoiar uma Prospecção Tecnológica real, demonstrando que as melhorias realizadas mantiveram e aprimoraram as funcionalidades originais do *framework* desenvolvido por Barbosa (2018).

A metodologia do estudo incluiu Análise Bibliométrica, *Brainstorming*, *Futures Wheel* e Cenários. O uso do método Cenários nesta Prospecção Tecnológica foi utilizado para integrar as informações previamente produzidas, com o objetivo de comunicar resultados de forma estruturada e padronizada. O *workflow* realizado neste experimento do TIAMAT atualizado é apresentado na Figura 29.

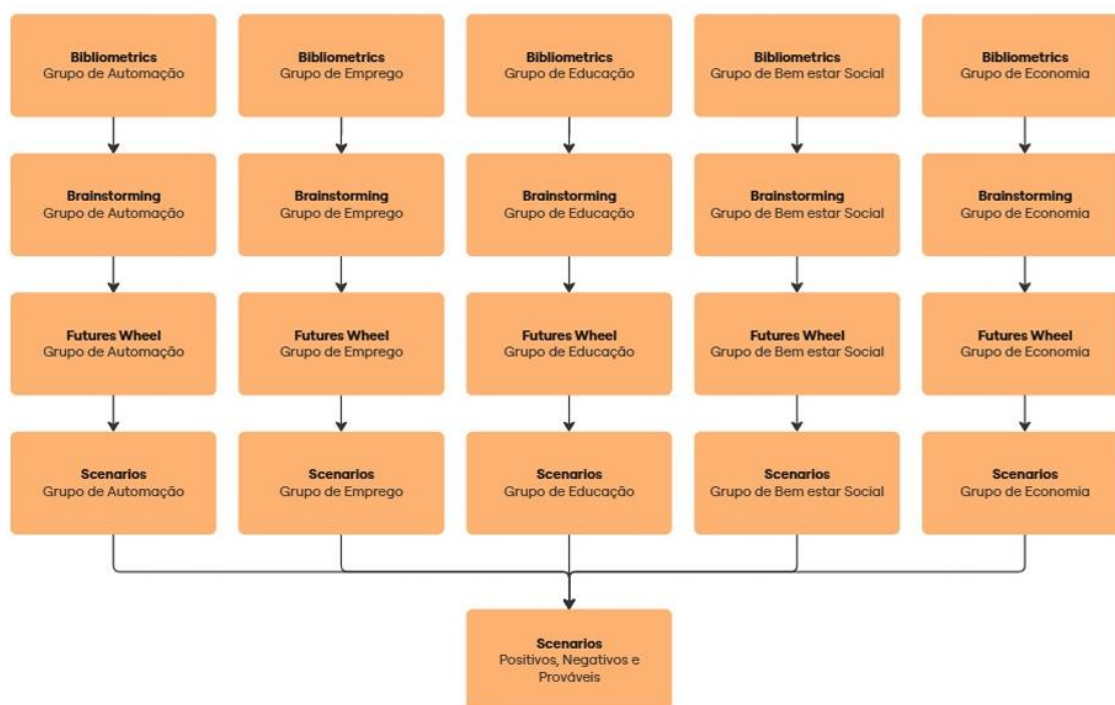


Figura 29. *Workflow* referente ao estudo de caso Futuro do Trabalho 2050.

O TIAMAT atualizado foi capaz de apoiar este estudo, coordenando as atividades dos participantes que efetivamente utilizaram os métodos. Neste estudo, o sistema já incorporava as atualizações relacionadas ao Dublin Core, permitindo a geração automática de metadados padronizados para todos os subsídios produzidos ao longo do processo. Esta funcionalidade representou um avanço significativo em relação à versão original do sistema, facilitando a organização, recuperação e reutilização dos conhecimentos gerados.

Neste estudo, o TIAMAT foi aplicado para a execução de um *workflow* de Prospecção Tecnológica, com os participantes submetendo seus resultados parciais na forma de subsídios padronizados. Estes subsídios incluíram: listas de documentos selecionados na Análise Bibliométrica, documentos descrevendo as ideias levantadas no *Brainstorming*, imagens dos *Futures Wheel* e documentos descrevendo os Cenários desenvolvidos. Uma das principais inovações observadas foi que todos estes subsídios foram automaticamente enriquecidos com metadados Dublin Core, incluindo informações sobre autor, data de criação, título, descrição, entre outros elementos do padrão. Assim, o conhecimento produzido durante o processo de Prospecção Tecnológica foi materializado em formato de subsídios padronizados, facilitando sua posterior compilação e reutilização. Durante a execução do estudo, o sistema demonstrou estabilidade e as funcionalidades de padronização de metadados operaram conforme

projetado. O sistema foi capaz de gerar automaticamente os metadados dos subsídios, eliminando a necessidade de preenchimento manual dessas informações.

O estudo de caso indica que o TIAMAT atualizado preservou sua capacidade de apoiar estudos complexos de Prospecção Tecnológica e que as modificações não comprometeram suas funcionalidades originais. A incorporação do Dublin Core mostrou-se eficaz na geração automática de metadados padronizados, o que facilita a organização, recuperação e possível reutilização dos conhecimentos produzidos. O sistema continua adequado ao uso acadêmico e de pesquisa, adicionando interoperabilidade por meio dos metadados. As adaptações do Dublin Core ao contexto de Prospecção Tecnológica também se mostraram viáveis sem comprometer a conformidade com o padrão. Desta forma, este estudo de caso validou a proposta de atualização do TIAMAT, demonstrando que a incorporação de padrões de metadados como o Dublin Core representa uma evolução importante para ferramentas de apoio a estudos prospectivos, sem comprometer sua funcionalidade essencial.

### **5.5.3. Comparando o funcionamento do TIAMAT com e sem o uso do Dublin Core**

Como efeito de comparação, para demonstrar os benefícios da utilização do Dublin Core como padronização do processo de prospecção do TIAMAT em uma prospecção real, vamos mostrar as diferenças na realização do estudo sobre o Futuro do Trabalho 2050. Como relatado anteriormente, o método de Análise Bibliométrica não sofreu nenhuma mudança significativa na interface em relação à versão original do TIAMAT, entretanto, os dados inseridos passaram a ser salvos na tabela do banco de dados T\_FTA\_METHOD\_BIBLIOMETRICS\_DUBLIN\_CORE, conforme ilustrado na Figura 30.

stepID	dc_title	dc_creator
50379	Artificial Intelligence Applications in Future Technolo...	Silva, Maria A.; Santos, João P.
50379	Machine Learning Algorithms for Innovation Forecast...	Johnson, Katherine L.; Chen, Wei
50379	Bibliometric Analysis of Sustainable Technology Dev...	Müller, Hans; Nakamura, Takeshi
50379	Scenario Planning Methodologies for Technology As...	García-López, Fernando; Anderson, Lisa M.
50379	Digital Twin Technology in Manufacturing: A Compre...	Anderson, Lisa M.; Wang, Xiaolin
50379	Blockchain Applications in Supply Chain Transparen...	Chen, Wei; Thompson, Sarah K.
50380	Ethical Frameworks for AI-Driven Technology Asses...	Thompson, Sarah K.; Williams, Michael D.
50380	Circular Economy Technologies: A Prospective Anal...	González-Martín, Elena; Chang, Li Wei
50380	Quantum Computing and Societal Transformation: A ...	Patel, Arjun R.; Kowalski, Anna M.; Nakamura, Hi...
30144	Ethical Frameworks for AI-Driven Technology Asses...	Thompson, Sarah K.; Williams, Michael D.
30144	Circular Economy Technologies: A Prospective Anal...	González-Martín, Elena; Chang, Li Wei
30144	Quantum Computing and Societal Transformation: A ...	Patel, Arjun R.; Kowalski, Anna M.; Nakamura, Hi...
50379	Ethical Frameworks for AI-Driven Technology Asses...	Thompson, Sarah K.; Williams, Michael D.
50379	Circular Economy Technologies: A Prospective Anal...	González-Martín, Elena; Chang, Li Wei
50379	Quantum Computing and Societal Transformation: A ...	Patel, Arjun R.; Kowalski, Anna M.; Nakamura, Hi...

Figura 30. Campos Dublin Core da Análise Bibliométrica salvos no TIAMAT.

Essa nova funcionalidade permite que os dados sejam capturados pelo Dublin Core e acessados pelo método subsequente. A coluna *StepID* se refere ao identificador único utilizado pelo TIAMAT para referenciar aquela instância específica do método de Análise Bibliométrica naquele *workflow*.

Passando para o método *Brainstorming*, já podemos perceber diferenças visíveis na interface em relação ao TIAMAT original conforme mostrado na seção 4.4.2. Essa padronização com o Dublin Core não só facilitou a utilização do usuário com o acesso as informações anteriores, como no caso desse estudo sobre o Futuro do Trabalho 2050 em que a Análise Bibliométrica foi realizada em 5 núcleos diferentes e simultâneos, o Dublin Core permite que o usuário acesse todos os dados de todas as análises bibliométricas ao desenvolver as ideias no *Brainstorming*, independente do núcleo que estiver manejando naquele momento específico. Essa nova funcionalidade está sendo exemplificada na Figura 31 onde ilustramos os primeiros 15 artigos inseridos na Análise Bibliométrica. Com essa implementação o usuário pode economizar tempo e diminuir possíveis erros na sequência de dados do processo de prospecção. A Figura 32, por sua vez, mostra os dados capturados pelo Dublin Core salvos no banco de dados, permitindo que a padronização seja implementada.

## Bibliometric References

<b>Evaluating future automation work in process plants with na experience-driven science fiction prototype</b> 2016 Step: 80414
<b>ASEAN IN TRANSFORMATION: THE FUTURE OF JOBS AT RISK OF AUTOMATATION</b> 2016 Step: 80414
<b>Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation</b> 2015 Step: 80414
<b>Will robots steal our jobs? The potential impact of automation on the UK and other major economies</b> 2017 Step: 80414
<b>THE FUTURE OF EMPLOYMENT: HOW SUSCEPTIBLE ARE JOBS TO COMPUTERISATION?</b> 2013 Step: 80414
<b>The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries</b> 2016 Step: 80414
<b>A FUTURE THAT WORKS: AUTOMATION, EMPLOYMENT, AND PRODUCTIVITY</b> 2017 Step: 80414
<b>What happens if robots take the jobs? The impact of emerging technologies on employment and public policy</b> 2015 Step: 80414
<b>Extreme automation and connectivity: The global, regional, and investment implications of the Fourth Industrial Revolution</b> 2016 Step: 80414
<b>Human Work in the Robotic Future - Policy for the Age of Automation</b> 2016 Step: 80414
<b>CREATIVITY VS. ROBOTS: THE CREATIVE ECONOMY AND THE FUTURE OF EMPLOYMENT</b> 2015 Step: 80414
<b>The Talented Mr. Robot</b> 2016 Step: 80414
<b>Computerization and the Future of Jobs in Norway</b> 2016 Step: 80414
<b>Future trends in process automation</b> 2007 Step: 80414
<b>A future that works: automation, employment, and productivity</b> 2017 Step: 80414

Figura 31. Exemplo com os primeiros 15 artigos inseridos nos 5 núcleos.

stepID	dc_title	dc_description	dc_creator	dc_subject
80415	Aplicação da computação em educação e guerras	Usar tecnologia que gera desemprego para auxiliar n...	ogustavo@cos.ufrj.br	brainstorming_idea
80415	Responsabilidade e integração do trabalho dos "te...	Consideração das especificidades de cada trabalho ...	ogustavo@cos.ufrj.br	brainstorming_idea
80415	Automação de serviços	Globalização das soluções desenvolvidas na área d...	ogustavo@cos.ufrj.br	brainstorming_idea
80415	Internet das coisas	Acesso a dados gerados por sensores.... [Votos: 0]	ogustavo@cos.ufrj.br	brainstorming_idea
80415	Controle por voz de processos	Aplicação do controle de voz na produção... [Votos:...	ogustavo@cos.ufrj.br	brainstorming_idea
80415	Gameificação do Trabalho	Uso da gameificação para uma melhor relação do op...	ogustavo@cos.ufrj.br	brainstorming_idea
80415	Aumento da Segurança devido à automação	Sistemas roboticos tendem ser mais seguros. Aumen...	ogustavo@cos.ufrj.br	brainstorming_idea
80415	Aumento da automação em países emergentes	Falta de mão de obra qualificada (para certas tarefas...	ogustavo@cos.ufrj.br	brainstorming_idea
80415	Aumento Populacional e Automação	Os empregos gerados no futuro serão suficientes par...	ogustavo@cos.ufrj.br	brainstorming_idea
80415	Aumento do tempo de serviço por assistência de r...	Diminuição dos entraves físicos por causa da autom...	ogustavo@cos.ufrj.br	brainstorming_idea
80415	Assistência Governamental na escolha de skills	Requalificação de mão de obra de todos os setores....	ogustavo@cos.ufrj.br	brainstorming_idea
80415	Brainstorming Session Summary	Total de 11 ideias geradas. Brainstorming Session	System	brainstorming_summary

Figura 32. Campos Dublin Core do *Brainstorming* salvos no TIAMAT.

Da mesma forma que o *Brainstorming*, o *Futures Wheel* também recebeu atualizações na interface, principalmente com a inclusão do botão View DC conforme ilustrado na seção 4.4.3. Além disso, o *Brainstorming* também foi realizado em 5 núcleos diferentes e simultâneos, o que dificulta muito o usuário dar prosseguimento ao processo de Prospecção Tecnológica, pois são muitos métodos conjuntos com uma enorme quantidade de dados. Para minimizar essas dificuldades, o *Futures Wheel* também foi atualizado para que o Dublin Core pudesse capturar todos as ideias inseridas no *Brainstorming* ao mesmo tempo. Além disso, a padronização com o Dublin Core permite que o usuário possa visualizar quais ideias tiveram votos e quais não tiveram, mostrando quais são as mais relevantes para a pesquisa. Ao abrir a janela *pop-up* do botão View DC no *Futures Wheel*, o usuário também tem acesso aos dados capturados anteriormente na Análise Bibliométrica.

A Figura 33 lista as 15 primeiras ideias capturadas pelo Dublin Core no *Brainstorming*. Em seguida, a Figura 34 mostra o banco de dados com os elementos do Dublin Core capturados.

## Brainstorming Ideas

<b>Gig Economy</b> Aumento. Economia do bico - autoemprego. Informalidade.... [Votos: 0] Por: ogustavo@cos.ufrj.br   Step: 80419
<b>Sharing Economy</b> E seus impactos.... [Votos: 0] Por: ogustavo@cos.ufrj.br   Step: 80419
<b>Valorização do Salario Mínimo</b> Aumento real de valor de compra?... [Votos: 0] Por: ogustavo@cos.ufrj.br   Step: 80419
<b>Qual o impacto econômico do UBI</b> Custo e benefícios de políticas de assistencialismo de redistribuição de renda.... [Votos: 0] Por: ogustavo@cos.ufrj.br   Step: 80419
<b>Blocos Econômicos</b> Qual é a tendencia?... [Votos: 0] Por: ogustavo@cos.ufrj.br   Step: 80419
<b>PIB e PIB per capita</b> Análise de vários países, contrastes.... [Votos: 0] Por: ogustavo@cos.ufrj.br   Step: 80419
<b>Diminuição da Pobreza Extrema</b> Mas a pobreza média se mantém.... [Votos: 0] Por: ogustavo@cos.ufrj.br   Step: 80419
<b>Aumento do Teletrabalho</b> Usando novos sistemas de comunicação... [Votos: 0] Por: ogustavo@cos.ufrj.br   Step: 80419
<b>Aumento da Desigualdade</b> Sim ou não?... [Votos: 0] Por: ogustavo@cos.ufrj.br   Step: 80419
<b>Crescimento dos BRICS (+Indonésia +México)</b> Países grandes (com grade população) Tomada da liderança pela china e India.... [Votos: 0] Por: ogustavo@cos.ufrj.br   Step: 80419
<b>Redução do trabalho por automação</b> Novas tecnologias não criam empregos para todos (novas pessoas + desempregados)... [Votos: 0] Por: ogustavo@cos.ufrj.br   Step: 80419
<b>Cryptocurrency - Blockchain - Moedas sociais</b> Relações de Trocas (ESCAMBO).... [Votos: 0] Por: ogustavo@cos.ufrj.br   Step: 80419
<b>Brainstorming Session Summary</b> Total de 12 ideias geradas. Brainstorming Session Por: System   Step: 80419
<b>Envelhecimento da População</b> Vida útil do trabalhador Possível quebra nos sistemas de aposentadoria.... [Votos: 0] Por: ogustavo@cos.ufrj.br   Step: 80418
<b>Ciência</b> Evolução - Ontologia, Lógica Evolução - Pesquisa, inovação, aprendizado Evolução - Cérebro, bem estar.. [Votos: 0] Por: ogustavo@cos.ufrj.br   Step: 80418

Figura 33. Exemplo com as primeiras 15 ideias inseridas nos 5 núcleos.

stepID	dc_title	dc_publisher	dc_date	dc_rights
80421	Automação	TIAMAT Framework	2025-10-22 19:12:54.783	Internal Use - TIAMAT Framework
80421	Aplicações e Questões	TIAMAT Framework	2025-10-22 19:12:54.783	Internal Use - TIAMAT Framework
80421	Assistência governamental em relação ao trabalho	TIAMAT Framework	2025-10-22 19:12:54.787	Internal Use - TIAMAT Framework
80421	Entraves	TIAMAT Framework	2025-10-22 19:12:54.787	Internal Use - TIAMAT Framework
80421	Robotização	TIAMAT Framework	2025-10-22 19:12:54.790	Internal Use - TIAMAT Framework
80421	Mudanças na tipologia de empregos, serviços e ta...	TIAMAT Framework	2025-10-22 19:12:54.790	Internal Use - TIAMAT Framework
80421	Responsabilidade e integração do trabalho dos te...	TIAMAT Framework	2025-10-22 19:12:54.790	Internal Use - TIAMAT Framework
80421	Globalização das soluções	TIAMAT Framework	2025-10-22 19:12:54.793	Internal Use - TIAMAT Framework
80421	Internet das coisas	TIAMAT Framework	2025-10-22 19:12:54.797	Internal Use - TIAMAT Framework
80421	Gameificação	TIAMAT Framework	2025-10-22 19:12:54.800	Internal Use - TIAMAT Framework
80421	Controle de processos por voz	TIAMAT Framework	2025-10-22 19:12:54.800	Internal Use - TIAMAT Framework
80421	Artefatos e equipamentos	TIAMAT Framework	2025-10-22 19:12:54.803	Internal Use - TIAMAT Framework
80421	Provimento de vida satisfatória	TIAMAT Framework	2025-10-22 19:12:54.803	Internal Use - TIAMAT Framework
80421	Qualificação da mão de obra	TIAMAT Framework	2025-10-22 19:12:54.803	Internal Use - TIAMAT Framework

Figura 34. Campos Dublin Core do *Futures Wheel* salvos no TIAMAT.

Finalizando o processo de Prospecção Tecnológica sobre o Futuro do Trabalho em 2050, também vemos mudanças na interface do método de Cenários, conforme ilustrado na seção 4.4.5, com a implementação do botão View DC. Assim como nos métodos anteriores, o método de Cenários também foi modificado para capturar os dados de todos os métodos anteriores, melhorando a fluidez do processo realizado no TIAMAT. Essa padronização com o Dublin Core permite que o usuário tenha acesso aos dados capturados de todos os três métodos anteriores e suas implementações simultâneas. A Figura 35 apresenta a janela *pop-up* do botão View DC com os 15 primeiros eventos inseridos no *Futures Wheel*. A Figura 36 mostra os dados do método Cenários que foram capturados pelo Dublin Core e salvos no banco de dados.

Eventos do Futures Wheel	
<b>Aumento da desigualdade</b>	Step: 80425   ID: 31005
<b>Aumento do PIB mundial</b>	Step: 80425   ID: 31004
<b>Aumento do tempo em casa</b>	Step: 80425   ID: 31003
<b>Surgimento de bancos sociais e outras moedas</b>	Step: 80425   ID: 31002
<b>Aumento de economias alternativas (compartilhadas)</b>	Step: 80425   ID: 31001
<b>Diminuição da extrema pobreza</b>	Step: 80425   ID: 31000
<b>Desvalorização do salário mínimo</b>	Step: 80425   ID: 30999
<b>Aumento do teletrabalho</b>	Step: 80425   ID: 30998
<b>Diminuição dos blocos economicos</b>	Step: 80425   ID: 30997
<b>Aumento do desemprego devido à automação</b>	Step: 80425   ID: 30996
<b>Economia em 2050</b>	Step: 80425   ID: 30995
<b>Menor renda per capita para os aposentados</b>	Step: 80424   ID: 30994
<b>Possibilidade de participação nas discussões políticas</b>	Step: 80424   ID: 30993
<b>Maior gasto do governo com aposentadorias</b>	Step: 80424   ID: 30992
<b>Possibilidade de atuação em outras praças (imigração)</b>	Step: 80424   ID: 30991

Figura 35. Eventos capturados pelo Dublin Core do *Futures Wheel*.

stepID	dc_title	dc_description
80426	2.1.Increasing automation will impact your life	The impact of technology on the economy and without employment is evident, ...
80426	2.1.1. WILL WE NEED POLICIES TO REGULATE ADVANCE...	The technological wave of automation is in process. On the one hand, the wor...
80426	2.1.2. HOW INTERNET OF THINGS (IOT) TECHNOLOGY W...	The impact of Internet of Things (IoT) technology on industrial automation and ...
80426	2.1.3. HAVE WE A NEW INDUSTRY?	The increase of automation based on new technologies is born the concept of i...

Figura 36. Campos Dublin Core do método de Cenários salvos no TIAMAT.

A implementação do Dublin Core como padrão de comunicação entre os métodos do TIAMAT trouxe melhorias significativas para o processo de Prospecção Tecnológica.

A Tabela 12 apresenta uma análise comparativa sistemática entre os cenários de prospecção tecnológica no TIAMAT antes e após a implementação do Dublin Core.

Tabela 12. Análise “antes e depois” da implementação do Dublin Core no TIAMAT.

<b>Aspecto</b>	<b>Antes do Dublin Core</b>	<b>Depois do Dublin Core</b>
Integração entre métodos	Manual, propensa a erros	Automática, via JSON-LD
Tempo de configuração	Alto (copiar e colar dados em cada transição)	Baixo (selecionar dados)
Perda de contexto	Alta (sem metadados)	Minimizada através de <i>dc:source</i> e <i>dc:relation</i>
Rastreabilidade	Inexistente	Completa ( <i>dc:identifier</i> )
Retrabalho	Alto (via reinserção de dados no sistema)	Quase totalmente eliminado
Interoperabilidade	Inexistente	Padrão internacional
Descoberta de conteúdo	Busca manual	Busca semântica baseada em metadados estruturados

Os resultados evidenciam transformações substanciais em sete dimensões críticas do sistema. A integração entre métodos de Prospecção Tecnológica, anteriormente realizada de forma manual e suscetível a erros, foi automatizada através da estruturação dos OUTPUTs em JSON-LD, diminuindo muito a necessidade de intervenção manual nas transições entre etapas. O tempo de configuração foi drasticamente reduzido com a eliminação de processos de copiar-e-colar para a seleção dos dados relevantes ao método. Por exemplo, na transição do método *Brainstorming* para o *Futures Wheel*, cada evento selecionado deveria ser copiado e o usuário deve criar cada nó do gráfico manualmente, o que levaria dezenas de minutos. No processo usando Dublin Core, o usuário apenas seleciona os eventos que devem ser inseridos no gráfico do *Futures Wheel*, precisando apenas se preocupar com a relação causa-consequência que é característica do método. A perda de contexto, problema recorrente no cenário anterior devido à ausência de metadados estruturados, foi minimizada através dos elementos *dc:source* e *dc:relation*, que preservam a proveniência e as relações entre os dados. Além disso, três capacidades inexistentes no sistema original foram introduzidas: rastreabilidade mediante identificadores únicos (*dc:identifier*), interoperabilidade baseada em padrões internacionais (Dublin Core ISO 15836), e descoberta semântica de conteúdo através de metadados estruturados. O retrabalho, anteriormente elevado devido à necessidade de

reinsere dados no sistema, foi praticamente eliminado pela reutilização automática de OUTPUTs.

Esses resultados demonstram que a implementação do Dublin Core não apenas otimizou processos existentes, mas habilitou funcionalidades essenciais para que o TIAMAT se torne um sistema de gestão de conhecimento prospectivo, posicionando o TIAMAT como uma solução tecnologicamente mais alinhada com as melhores práticas de preservação de informação científica.

## 5.6. Resultados e Limitações da Avaliação

A avaliação demonstra que a integração via Dublin Core resolve com sucesso o problema de interoperabilidade identificado no TIAMAT, conforme os princípios da *Design Science*. A avaliação dos conceitos confirmou que os elementos do Dublin Core oferecem base conceitual adequada para padronizar os resultados dos métodos de prospecção. A avaliação do modelo e do método, por meio de cenários ilustrativos, mostrou que a abordagem proposta responde a desafios reais de *workflow*. Já a avaliação da implementação, por meio de estudos de caso, validou que a solução funciona corretamente na prática, cobrindo desde a captura básica de resultados até a integração completa de fluxos.

Entretanto, a avaliação identificou limitações: a implementação cobre apenas cinco dos treze métodos disponíveis no TIAMAT, exigindo desenvolvimento adicional para ampliar o escopo. A amostra de cenários testados foi restrita, e avaliações em contextos organizacionais diversos fortaleceriam a generalização dos resultados. Avaliações de longo prazo seriam necessárias para medir sustentabilidade e desempenho contínuo; O sistema implementado utiliza elementos Dublin Core para registrar automaticamente informações temporais e de proveniência dos subsídios gerados, incluindo *dc:date* para *timestamps*, *dc:identifier* para identificação única, *dc:creator* para autoria, *dc:source* para origem metodológica e *dc:relation* para vínculos com *workflows*. Nos cenários avaliados, este mecanismo demonstrou-se adequado para garantir rastreabilidade básica dos artefatos produzidos em *workflows* lineares. No entanto, o sistema atual não implementa gestão explícita de versões sucessivas de um mesmo subsídio. Cada execução de um método gera um novo subsídio com identificador e *timestamp* próprios, sem estabelecer formalmente relações de precedência ou evolução entre iterações. Elementos Dublin Core como *dc:hasVersion* e *dc:isVersionOf*, que

poderiam expressar relações explícitas entre versões, não foram implementados na versão atual do sistema. Esta abordagem é suficiente para cenários onde subsídios são criados e consumidos sequencialmente, mas pode ser limitante em contextos que requeiram rastreamento formal da evolução de análises através de múltiplas revisões iterativas, identificação de qual versão específica de um subsídio foi utilizada como entrada de métodos subsequentes após várias atualizações, ou gestão de dependências quando subsídios base são revisados e subsídios derivados precisam ser reavaliados.

Apesar dessas limitações, os resultados confirmam que a integração via Dublin Core é uma abordagem viável para enfrentar desafios de interoperabilidade entre métodos no TIAMAT, com potencial de extensão a outros sistemas de apoio à prospecção que enfrentem problemas semelhantes.

## Capítulo 6 – Discussão

A implementação do Dublin Core como padrão de comunicação entre métodos de Prospecção Tecnológica no TIAMAT representa uma nova aplicação desse arcabouço de metadados, indo além de seu uso tradicional. Embora o Dublin Core tenha alcançado ampla adoção em diversos contextos de gestão da informação, sua aplicação em *workflows* de Prospecção Tecnológica introduz novas possibilidades de integração entre métodos, que podem ser aproveitadas em sistemas já existentes na literatura e em aplicações futuras.

### 6.1. Trabalhos Relacionados

A literatura existente demonstra que o Dublin Core se consolidou como um padrão fundamental em múltiplos domínios da gestão da informação digital. Em repositórios institucionais, *frameworks* como o GREDOS (Peñalvo et al., 2010), da Universidade de Salamanca, utilizam o Dublin Core Qualificado para garantir interoperabilidade por meio dos protocolos OAI-PMH, permitindo integração fluida com catálogos e repositórios externos. Essa aplicação evidencia como o Dublin Core facilita a troca de dados entre instituições, mantendo flexibilidade para extensões específicas de cada área.

Nos sistemas de bibliotecas, o Dublin Core atua como um padrão mínimo de metadados capaz de conectar diferentes tradições de catalogação. As bibliotecas adotam tanto as versões simples quanto qualificadas do padrão, aproveitando sua compatibilidade com registros MARC para preservar a continuidade das práticas bibliográficas estabelecidas, ao mesmo tempo em que participam de redes digitais modernas. Essa adoção reflete sua capacidade de servir como denominador comum entre diferentes sistemas de informação (Guinchard, 2002).

Além disso, em sistemas de anotação na *Web* como o Annotea (Campbell, 2002), o Dublin Core é empregado para padronizar metadados em ambientes colaborativos de anotação. O uso de elementos como *Title*, *Author*, *Source*, e *Date* permite a agregação e exibição de anotações em plataformas distribuídas. Essa aplicação demonstra a evolução do Dublin Core, que passou de um modelo centrado na descrição de documentos para um arcabouço voltado a dados, alinhado aos princípios da *Web* Semântica. Em contextos organizacionais, observa-se que o Dublin Core também pode sustentar a criação descentralizada de metadados sem comprometer a qualidade. A implementação no

NIEHS mostrou que autores podiam gerar metadados de qualidade profissional usando ferramentas que produzem registros XML com elementos Dublin Core. Esse resultado reforça a viabilidade da geração distribuída de metadados dentro de estruturas padronizadas (Jane et al., 2001).

## 6.2. A Abordagem de Integração do TIAMAT

A aplicação do Dublin Core para integrar métodos de Prospecção Tecnológica no TIAMAT traz uma perspectiva inédita em relação aos usos mencionados anteriormente. Em vez de descrever recursos ou documentos estáticos, essa implementação utiliza o Dublin Core para aprimorar o fluxo de dados, permitindo que as saídas de determinados métodos sirvam como entradas para outros. Essa transformação de metadados descritivos em metadados operacionais representa uma nova forma de aplicação do Dublin Core.

Tradicionalmente, o Dublin Core é usado para descoberta e recuperação de recursos: usuários buscam documentos, vídeos ou conjuntos de dados com base em descrições de metadados. Em contraste, no TIAMAT, o Dublin Core atua como um mecanismo ativo de comunicação, no qual os elementos de metadados facilitam o encadeamento automático de métodos. O elemento *Type* não apenas descreve a técnica de Prospecção Tecnológica, mas determina quais métodos subsequentes podem consumir sua saída. O elemento *Format* orienta os processos de transformação de dados, em vez de apenas indicar tipos de arquivo.

O desafio de representar as saídas dos métodos de Prospecção Tecnológica por meio dos elementos do Dublin Core exigiu estratégias criativas de mapeamento, pouco comuns em outras aplicações. Enquanto bibliotecas mapeiam registros bibliográficos para elementos do Dublin Core, o TIAMAT mapeia processos de Prospecção Tecnológica e seus resultados. O elemento *Description* permite capturar as saídas, aprimorando o *design* de cenários para a próxima etapa. Esse uso operacional do Dublin Core preenche uma lacuna nos FSS que as aplicações tradicionais de metadados ainda não abordaram. Os desafios de interoperabilidade nos FSS decorrem mais da variedade de métodos de Prospecção Tecnológica do que da diversidade de formatos de documentos. Ao padronizar a descrição das saídas dos métodos, o Dublin Core contribui para aumentar a automação dos *workflows* de Prospecção Tecnológica.

### 6.3. Implicações para Outros Sistemas

O sucesso da aplicação do Dublin Core na integração de métodos no TIAMAT sugere potenciais usos em outros tipos de sistemas computacionais. Sistemas que encadeiam múltiplos processos podem se beneficiar de camadas padronizadas de metadados que facilitem o fluxo de dados entre componentes. Essa abordagem pode ser estendida a áreas como gestão de *workflow* científicos, automação de processos empresariais e *frameworks* de análise de dados realizados em múltiplas etapas.

Os sistemas de *workflow* científicos enfrentam desafios semelhantes ao conectar ferramentas distintas, exigindo que pesquisadores transformem as saídas de um instrumento para servirem de entrada em outro, o que nem sempre pode ser processado automaticamente. Uma camada de padronização baseada no Dublin Core poderia permitir uma integração mais fluida entre componentes computacionais, mantendo a originalidade e a documentação por meio dos elementos de metadados.

Plataformas de inteligência de negócios que integram diferentes métodos analíticos também poderiam adotar abordagens de padronização semelhantes. O desafio de conectar análises estatísticas, modelos de aprendizado de máquina e ferramentas de visualização é análogo às dificuldades enfrentadas no TIAMAT. Os elementos do Dublin Core poderiam fornecer uma estrutura comum para descrever saídas em componentes diversos.

Os *workflows* em ciência de dados também exigem a integração de ferramentas de diferentes ecossistemas. A transformação de dados entre Python, R, SQL e plataformas especializadas gera obstáculos de compatibilidade. Uma camada de padronização de metadados baseada nos princípios do Dublin Core poderia facilitar transições mais suaves entre as etapas da análise, mantendo a rastreabilidade e a documentação das transformações aplicadas.

### 6.4. Limitações da Pesquisa

Durante o estudo, diversas limitações tornaram-se evidentes. Em sistemas complexos como o TIAMAT, o mesmo método pode gerar saídas em diferentes formatos, dependendo da configuração e do contexto, o que torna impossível garantir compatibilidade universal sem uma análise completa de todas as variações possíveis. Outra limitação está relacionada aos dados, pois apenas cinco dos treze métodos foram integrados aos padrões Dublin Core. Os demais métodos estão pendentes de atualizações

de interface, restringindo a pesquisa a um subconjunto das capacidades analíticas disponíveis, embora tanto o conceito teórico quanto a implementação do TIAMAT estejam preparados para acomodar métodos adicionais à medida que forem integrados.

No aspecto teórico, a principal limitação do estudo é a lacuna semântica entre a estrutura simples do Dublin Core e a complexidade de certas saídas dos métodos. Não foram encontrados estudos que tratassem completamente desse desafio de mapeamento semântico, o que representa uma lacuna a ser preenchida. Isso significa que não é possível avaliar plenamente o estado atual de todas as combinações possíveis de métodos em relação aos requisitos dos *workflows*. Para contornar essa limitação, a avaliação da integração entre métodos exige que o analista selecione as características de saída mais relevantes a serem mapeadas. Contudo, isso faz com que a integração analisada nem sempre contemple todas as nuances possíveis das saídas, tornando-a uma integração desejada, na qual o analista escolhe as características que deseja preservar e adapta os *workflows* conforme os resultados obtidos dentro desse subconjunto de interesse. Outra limitação do estudo foi a ausência de avaliação em ambientes de produção. Como foram utilizados apenas cenários controlados, os resultados da implementação do *framework* não permitem projetar o desempenho em condições reais de uso intenso, possibilitando apenas a análise de correção funcional. O escopo da avaliação também foi limitado, restringindo o número de participantes e impedindo a avaliação de melhorias de implementação, o que resultou em apenas um ciclo de avaliação.

No que se refere à rastreabilidade temporal, o sistema implementado registra automaticamente metadados sobre criação e proveniência de subsídios através dos elementos Dublin Core *dc:date*, *dc:identifier*, *dc:creator*, *dc:source* e *dc:relation*. Esta abordagem demonstrou-se adequada para os cenários avaliados, garantindo identificação única e rastreamento temporal de cada artefato produzido. Entretanto, o sistema atual não implementa mecanismos formais para gestão de múltiplas versões sucessivas de um mesmo subsídio. Cada execução de um método gera um novo subsídio com identificador único, sem estabelecer relações explícitas de precedência ou evolução entre iterações. Elementos Dublin Core como *dc:hasVersion* e *dc:isVersionOf*, que permitiriam expressar formalmente que um subsídio é versão atualizada de outro, não foram implementados. Questões como rastrear a cadeia completa de evolução de uma Análise Bibliográfica que passou por três revisões ao longo de seis meses, identificar automaticamente quais subsídios derivados foram baseados em versões desatualizadas de análises base após revisões, ou estabelecer políticas sobre quando versões antigas devem ser consideradas

obsoletas ou mantidas como alternativas válidas, permanecem como desafios não completamente endereçados pela implementação atual. Esta limitação não compromete a aplicação do sistema em *workflows* lineares de duração limitada, mas indica oportunidades para refinamentos futuros visando estudos prospectivos que envolvam processos iterativos intensos de revisão e atualização de análises ao longo de períodos prolongados.

## Capítulo 7 – Considerações Finais

O campo da Prospecção Tecnológica opera em constante evolução, com *Foresight Support Systems* enfrentando desafios crescentes de integração e interoperabilidade. A necessidade de combinar múltiplos métodos de Prospecção Tecnológica para compreender futuros tecnológicos complexos esbarra em limitações técnicas fundamentais, pois cada método opera de forma independente, exigindo transformações manuais de dados na transição de cada método para o método subsequente. Esse cenário de fragmentação metodológica foi o ponto de partida desta pesquisa, que buscou uma solução por meio da aplicação inovadora de padrões de metadados estabelecidos em novos contextos operacionais. É nesse contexto de desafios de integração que os FSS se inserem. A ausência de mecanismos capazes de integrar automaticamente diferentes métodos de Prospecção Tecnológica cria uma lacuna entre a capacidade de análise potencial e a eficiência real do processo de Prospecção Tecnológica, levando as organizações a limitar o escopo de suas análises ou a aceitar ineficiências operacionais significativas. Isso gera dificuldades, uma vez que a Prospecção Tecnológica abrangente é fundamental para a tomada de decisões estratégicas, exigindo a combinação de múltiplas perspectivas metodológicas que, atualmente, não podem ser integradas de forma fluida.

Esta dissertação propôs o uso dos padrões de metadados Dublin Core para preencher essa lacuna, oferecendo uma abordagem sistemática capaz de auxiliar analistas e organizações na integração de métodos de Prospecção Tecnológica. O trabalho consiste na definição de um modelo de padronização da comunicação entre métodos de Prospecção Tecnológica, na construção de um processo para implementação dessa padronização e no desenvolvimento de um protótipo tecnológico que demonstra a viabilidade da abordagem por meio da implementação no TIAMAT, com cinco métodos de Prospecção Tecnológica integrados. Para alcançar esse objetivo, foram realizadas duas revisões rápidas da literatura: uma sobre o Dublin Core e suas capacidades, e outra sobre os desafios de interoperabilidade em FSS e a área de Prospecção Tecnológica. Em seguida, aplicou-se o processo de *Design Science* para transformar o conceito de integração via metadados em artefatos concretos. Com base nisso, estabeleceu-se que o Dublin Core pode funcionar como um padrão de comunicação entre métodos, com seus quinze elementos fornecendo estrutura suficiente para capturar características essenciais

das saídas dos métodos de Prospecção Tecnológica, sendo criadas estratégias de mapeamento para diferentes tipos de resultados.

Foram elaborados o modelo de padronização dos métodos de Prospecção Tecnológica e o processo de avaliação dessa padronização, que serviram de base teórica para o artefato tecnológico implementado neste estudo: a camada de integração Dublin Core para o TIAMAT. Essa implementação permite que os analistas capturem as saídas dos métodos de Prospecção Tecnológica enquanto inserem os dados de entrada para o método subsequente, utilizando dados reais de *workflows* de Prospecção Tecnológica, avaliando o estado atual das saídas do método e reduzindo a necessidade de transformações manuais de dados ao longo do processo. Os resultados da avaliação indicam que, embora ainda haja espaço para aprimoramentos, a integração via Dublin Core representa uma abordagem inovadora, com potencial de impactar a prática da Prospecção Tecnológica no TIAMAT, aprimorando a ferramenta para apoiar analistas na escolha de métodos, assim como no projeto de *workflows*.

## 7.1. Contribuições

Como contribuição, este estudo propôs uma nova abordagem para a integração de métodos, utilizando os padrões de metadados Dublin Core como mecanismos de comunicação operacional, permitindo a avaliação das saídas dos métodos de Prospecção Tecnológica em relação aos requisitos reais dos *workflows*.

No âmbito técnico, este trabalho implementou uma solução operacional no TIAMAT que transforma a forma como métodos de Prospecção Tecnológica se comunicam entre si. A principal contribuição técnica consiste na arquitetura de integração baseada em Dublin Core, que estabelece uma camada de mediação semântica para o intercâmbio automatizado de dados entre métodos. Esta arquitetura foi concretizada através de quatro componentes principais. Primeiro, o mapeamento sistemático de outputs para elementos Dublin Core, que envolveu o desenvolvimento de esquemas de mapeamento específicos para cinco métodos de Prospecção Tecnológica (Análise Bibliométrica, *Brainstorming*, *Futures Wheel*, *Roadmap* e Cenários), transformando suas saídas heterogêneas em metadados estruturados e padronizados. Segundo, a estruturação de dados em JSON-LD, implementando uma camada de serialização que representa os metadados Dublin Core em formato processável automaticamente. Terceiro, a infraestrutura de persistência e recuperação, constituída por componentes de banco de

dados e serviços de versionamento que gerenciam o ciclo de vida dos metadados, desde sua geração até sua recuperação como entradas para métodos subsequentes. Quarto, o aprimoramento da interface de usuário, desenvolvendo componentes que permitem visualizar os metadados Dublin Core associados a cada subsídio e selecionar dados de forma intuitiva nas transições entre métodos.

Estas implementações resultaram em melhorias mensuráveis documentadas na Tabela 12: integração entre métodos passou de manual e propensa a erros para automática via JSON-LD; tempo de configuração foi drasticamente reduzido pela eliminação de processos de copiar-e-colar; perda de contexto foi minimizada através de metadados de proveniência (*dc:source* e *dc:relation*); rastreabilidade tornou-se completa via identificadores únicos (*dc:identifier*); retrabalho foi quase totalmente eliminado; interoperabilidade passou a seguir padrão internacional; e descoberta de conteúdo foi habilitada através de busca semântica baseada em metadados estruturados. A arquitetura implementada demonstrou-se generalizável a outros FSS e aplicações que enfrentam desafios similares de integração de ferramentas heterogêneas.

No âmbito científico, a pesquisa contribui com avanços conceituais e metodológicos para o campo de FSS e sistemas de informação em geral. Como contribuição principal, este estudo propôs uma nova abordagem para a integração de métodos, utilizando os padrões de metadados Dublin Core como mecanismos de comunicação operacional, permitindo a avaliação das saídas dos métodos de Prospecção Tecnológica em relação aos requisitos reais dos *workflows*. O processo de implementação dessa nova abordagem transformou o problema da interoperabilidade entre métodos de Prospecção Tecnológica em um conjunto de componentes aplicáveis.

O modelo conceitual de integração semântica proposto estabelece uma abordagem sistemática que pode ser aplicada em outros sistemas e métodos de Prospecção Tecnológica, promovendo melhorias em toda a comunidade FSS. Este modelo demonstra que padrões de metadados tradicionalmente usados para descrição de recursos podem ser reaproveitados como mecanismos operacionais, abrindo possibilidades para aplicar padrões consolidados da ciência da informação na resolução de desafios de integração em sistemas computacionais.

Adicionalmente, o *framework* de avaliação desenvolvido, baseado em *Design Science*, combina análise “antes e depois”, cenários ilustrativos e estudos de caso para medir a eficácia de soluções de integração. Este *framework* e o processo de operacionalização podem ser aplicados futuramente em outras soluções de integração,

como sistemas de *workflows* científicos ou plataformas de gestão de processos de negócios.

Este estudo também apresentou uma revisão sistemática da literatura sobre padrões de metadados e integração de métodos de Prospecção Tecnológica, reunindo diferentes processos, modelos e fatores que influenciam a interoperabilidade segundo diversos autores. Isso permitiu aplicar os processos mais adequados para a implementação da abordagem de integração proposta. A pesquisa preenche uma lacuna identificada na literatura ao fornecer evidências empíricas de que o Dublin Core, originalmente projetado para recursos de informação digital, pode ser efetivamente adaptado como camada de integração para sistemas complexos de apoio à decisão.

A validação destas contribuições científicas foi conduzida através de duas *Rapid Reviews* que fundamentaram teoricamente a solução proposta: uma sobre capacidades e aplicações do Dublin Core, e outra sobre desafios de interoperabilidade em FSS. Os resultados demonstram que o uso do Dublin Core como camada de mediação semântica não apenas mitiga entraves práticos de integração, mas também estabelece uma base teórica e empírica para arquiteturas generalizáveis de interoperabilidade. Com base nesses resultados, tanto o modelo quanto o processo que foram criados podem ser aplicados em outros contextos, promovendo avanços no campo de integração de sistemas.

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, os resultados parciais e as contribuições foram disseminados em diversos veículos científicos, em sua grande maioria internacionais (quatro de cinco), sendo um artigo publicado em um *Journal* com Fator de Impacto 4.7. A Tabela 13 complementa as contribuições listadas acima com as publicações que foram aceitas durante o período desta pesquisa, desenvolvidas em paralelo ao desenvolvimento desta dissertação. Estas publicações abrangem diferentes aspectos e aplicações da pesquisa, incluindo aplicações de gestão do conhecimento no suporte a aplicações de *chatbot* de inteligência artificial, inovação orientada por IA e colaboração em serviços públicos, integração entre previsão estratégica e gestão do conhecimento através de tecnologias de informação e comunicação, além de aplicações em jogos educacionais e estudos sobre a fronteira humano-IA informados pelas ciências sociais e humanidades.

Tabela 13. Publicações realizadas durante a pesquisa.

#	Título	Local e Ano de Publicação
1	<i>Charting a course at the human-AI frontier: a paradigm matrix informed by social sciences and humanities</i>	AI & SOCIETY 2025
2	<i>AI-Driven Innovation and Collaboration in Public Services: A Review and Taxonomy. In: International Conference on Digital Government Research</i>	dg.o 2025
3	<i>Enhancing Knowledge Management and Strategic Foresight through Information and Communication Technologies</i>	ECKM 2025
4	<i>Applying Knowledge Management to Support Artificial Intelligence Chatbot Applications</i>	ECKM 2024
5	Cidade Verde: Um Jogo Educacional sobre Gestão Urbana Sustentável	SBGAMES 2025

## 7.2.Trabalhos Futuros

Durante a execução deste estudo, foram identificadas diversas possibilidades para pesquisas futuras. Para dar continuidade e aprimorar o *framework* desenvolvido, é necessário aprofundar o conceito de integração semântica para além do simples mapeamento de metadados, oferecendo um conjunto mais completo de ferramentas aos desenvolvedores de FSS, que considere também relações ontológicas e raciocínio semântico, agregando essas novas informações à integração estrutural já presente na implementação. Outro trabalho futuro envolve aplicar a metodologia desenvolvida neste estudo para operacionalizar e implementar soluções de integração em sistemas de *workflows* científicos, processos de negócios e *frameworks* de ciência de dados, conforme observado durante a fase de avaliação.

Há também a possibilidade de aplicar essa metodologia a diferentes tipos de sistemas, como plataformas de simulação e sistemas de apoio à decisão, ampliando a aplicabilidade do *framework* para domínios além da Prospecção Tecnológica e FFSs. Tornou-se igualmente evidente a necessidade de mais estudos sobre a relação entre padrões de metadados e mecanismos operacionais. É fundamental compreender quais elementos de metadados são essenciais para viabilizar a integração automatizada e quais possuem apenas função descritiva. Uma vez criada a metodologia para distinguir metadados operacionais de descritivos, será possível fornecer aos desenvolvedores de sistemas informações para projetar soluções de integração mais eficazes. Para oferecer uma visão completa da integração orientada por metadados, os artefatos de cada etapa do *framework* de *Design Science* devem ser revisados para incluir noções de

interoperabilidade semântica e adaptação dinâmica. A capacidade de lidar com métodos de Prospecção Tecnológica em constante evolução permitirá que as plataformas FSS antecipem desafios de integração e tomem decisões estratégicas sobre a arquitetura do sistema, já orientadas para o suporte a futuras inovações metodológicas.

Ainda, podemos incluir uma implementação de gestão explícita de versões. O sistema atual utiliza elementos Dublin Core para rastreabilidade temporal básica, registrando *timestamps* e identificadores únicos para cada subsídio gerado. Um trabalho futuro relevante seria implementar gestão formal de versões sucessivas de subsídios, incorporando os elementos *dc:hasVersion* e *dc:isVersionOf* para estabelecer relações explícitas de precedência e evolução entre iterações. Esta extensão envolveria desenvolver políticas para determinar quando um novo subsídio deve ser considerado versão atualizada de um existente ou análise independente, implementar mecanismos para rastrear cadeias completas de evolução através de múltiplas revisões, criar interfaces que permitam aos usuários visualizar o histórico de versões e comparar iterações sucessivas de um mesmo *workflow*, e estabelecer estratégias para identificar automaticamente subsídios derivados que possam estar baseados em versões desatualizadas de análises base. Adicionalmente, seria valioso integrar padrões complementares como PROV-O (*W3C Provenance Ontology*) para rastreabilidade mais rica de proveniência, capturando não apenas quando e quem criou cada versão, mas também as motivações para revisões, os dados que foram adicionados ou removidos, e o impacto de cada atualização nas saídas causadas pela reexecução de um método, e como propagar a atualização nos métodos subsequentes. Esta extensão fortaleceria significativamente a capacidade do TIAMAT de apoiar estudos prospectivos de longo prazo que envolvam processos iterativos intensos de revisão metodológica e atualização de análises à medida que novos dados ou *insights* tornam-se disponíveis.

## Referências Bibliográficas

- AGAMI, Nedaa Mohamed Ezzat *et al.* An enhanced approach for Trend Impact Analysis. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 75, n. 9, p. 1439–1450, nov. 2008.
- AHMAD, Tashfeen. Scenario based approach to re-imagining future of higher education which prepares students for the future of work. **Higher Education, Skills and Work-Based Learning**, v. 10, n. 1, p. 217–238, 2 dez. 2019.
- APREDA, Riccardo *et al.* Expert forecast and realized outcomes in technology foresight. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 141, p. 277–288, 2019.
- ARIA, Massimo; CUCCURULLO, Corrado. bibliometrix : An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959–975, nov. 2017.
- BAKER, Thomas. Libraries, languages of description, and linked data: a Dublin Core perspective. **Library Hi Tech**, v. 30, n. 1, p. 116–133, 2012.
- BAKER, Tom *et al.* **Dublin Core™ Application Profile Guidelines**. , 2005. Disponível em: <<https://www.dublincore.org/specifications/dublin-core/application-profile-guidelines/>>. Acesso em: 26 out. 2025
- BALACHANDRA, R. Technological Forecasting: Who does it and how useful is it? **Technological Forecasting and Social Change**, v. 16, n. 1, p. 75–85, jan. 1980.
- BAÑULS, Víctor A.; TUROFF, Murray. Scenario construction via Delphi and cross-impact analysis. **Technological Forecasting and Social Change**, The Delphi technique: Past, present, and future prospects. v. 78, n. 9, p. 1579–1602, nov. 2011.
- BARBOSA, C. E. *et al.* **Working in 2050: A view of how changes on the work will affect society**. [S.l.]: Laboratório do Futuro, 2017. Disponível em: <<http://labfuturo.cos.ufrj.br/reports/working2050.pdf>>.
- BARBOSA, Carlos Eduardo. **TIAMAT: Um framework para apoiar a integração de métodos de Prospecção Tecnológica**. D.Sc. Thesis—Rio de Janeiro, Brazil: UFRJ, 2018.
- BASKERVILLE, Richard; PRIES-HEJE, Jan; VENABLE, John. Soft design science methodology. 2009.
- BATTISTELLA, Cinzia; DE TONI, Alberto F. A methodology of technological foresight: A proposal and field study. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 78, n. 6, p. 1029–1048, jul. 2011.
- BENGSTON, David N. The Futures Wheel: A Method for Exploring the Implications of Social–Ecological Change. **Society & Natural Resources**, v. 29, n. 3, p. 374–379, 3 mar. 2016.
- BENGSTON, David N. Futures Research Methods and Applications in Natural Resources. **Society & Natural Resources**, v. 32, n. 10, p. 1099–1113, 3 out. 2019.
- BLAIR, P. Technology assessment; current trends and the myth of a formula. **International Association of Technology Assessment and Forecasting Institutions**, 2 maio 1994.
- BONACCORSI, Andrea; APREDA, Riccardo; FANTONI, Gualtiero. Expert biases in technology foresight. Why they are a problem and how to mitigate them. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 151, p. 119855, 2020.
- BOUHALLEB, Arafet; TAPINOS, Efstathios. The impact of scenario planning on entrepreneurial orientation. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 187, p. 122191, fev. 2023.
- BOZEMAN, Barry; ROSSINI, Frederick A. Technology assessment and political decision-making. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 15, n. 1, p. 25–35, set. 1979.

- BRADFIELD, Ron *et al.* The origins and evolution of scenario techniques in long range business planning. **Futures**, v. 37, n. 8, p. 795–812, out. 2005.
- BURT, G.; NAIR, A. K. Rigidities of imagination in scenario planning: Strategic foresight through ‘Unlearning’. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 153, 2020.
- CAGNIN, Cristiano; HAVAS, Attila; SARITAS, Ozcan. Future-oriented technology analysis: Its potential to address disruptive transformations. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 80, n. 3, p. 379–385, 2013.
- CALLEJA-SANZ, Gema; OLIVELLA-NADAL, Jordi; SOLÉ-PARELLADA, Francesc. Technology forecasting: Recent trends and new methods. *In: Research methodology in management and industrial engineering. [S.l.]*: Springer International Publishing, 2020. p. 45–69.
- CAMPBELL, D. Grant. The Use of the Dublin Core in Web Annotation Programs. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DUBLIN CORE AND METADATA APPLICATIONS. Proceedings of the International Conference on Dublin Core and Metadata Applications*. Dublin Core Metadata Initiative, 2002. Disponível em: <<https://dcpapers.dublincore.org/article/952107000>>
- CARTAXO, Bruno; PINTO, Gustavo; SOARES, Sergio. The role of rapid reviews in supporting decision-making in software engineering practice. *In: 2018*.
- CARTAXO, Bruno; PINTO, Gustavo; SOARES, Sergio. Rapid Reviews in Software Engineering. *In: FELDERER, Michael; TRAVASSOS, Guilherme Horta (Orgs.). Contemporary Empirical Methods in Software Engineering*. Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 357–384.
- CHANDRAKAR, Rajesh. An approach to mapping CCF to Dublin Core. **The Electronic Library**, v. 23, n. 5, p. 577–590, 2005.
- CHOU, Ping *et al.* Predictive analytics for customer repurchase: Interdisciplinary integration of buy till you die modeling and machine learning. **European Journal of Operational Research**, v. 296, n. 2, p. 635–651, 16 jan. 2022.
- COATES, Joseph F. The future of foresight—A US perspective. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, n. 9, p. 1428–1437, nov. 2010.
- COATES, Vary *et al.* On the Future of Technological Forecasting. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 67, n. 1, p. 1–17, 2001.
- DA SILVA, João Rocha; RIBEIRO, Cristina; LOPES, João Correia. Ranking Dublin Core descriptor lists from user interactions: a case study with Dublin Core Terms using the Dendro platform. **International Journal on Digital Libraries**, v. 20, n. 2, p. 185–204, 2019.
- DAIM, Tugrul; OLIVER, Terry; KIM, Jisun (ORGS.). **Research and Technology Management in the Electricity Industry: Methods, Tools and Case Studies**. London: Springer London, 2013.
- DERBYSHIRE, J. *et al.* The value of experiments in futures and foresight science as illustrated by the case of scenario planning. **Futures and Foresight Science**, v. 5, n. 2, 2023.
- DONTHU, Naveen *et al.* How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. **Journal of Business Research**, v. 133, p. 285–296, set. 2021.
- EEROLA, A.; MILES, I. Methods and tools contributing to FTA: A knowledge-based perspective. **Futures**, Special Issue: Future-oriented Technology Analysis. v. 43, n. 3, p. 265–278, 1 abr. 2011.
- FIRAT, A.; WOON, W.; MADNICK, Stuart. **Technological Forecasting—A Review. [S.l.]**: Composite Information Systems Laboratory (CISL), Massachusetts Institute of Technology, 2008.
- GANANN, Rebecca; CILISKA, Donna; THOMAS, Helen. Expediting systematic reviews: methods and implications of rapid reviews. **Implementation Science**, v. 5, n. 1, p. 56, 19 jul. 2010.

- GIBSON, Elizabeth *et al.* Technology Foresight: A Bibliometric Analysis to Identify Leading and Emerging Methods. **Foresight and STI Governance**, v. 12, n. 1, p. 6–24, 7 mar. 2018.
- GRUETZEMACHER, Ross. A Holistic Framework for Forecasting Transformative AI. **Big Data and Cognitive Computing**, v. 3, n. 3, p. 35, 2019.
- GUINCHARD, Carolyn. Dublin Core use in libraries: a survey. **OCLC Systems & Services: International digital library perspectives**, v. 18, n. 1, p. 40–50, 1 mar. 2002.
- HAEGEMAN, Karel *et al.* Quantitative and qualitative approaches in Future-oriented Technology Analysis (FTA): From combination to integration? **Technological Forecasting and Social Change**, v. 80, n. 3, p. 386–397, mar. 2013.
- HERRERA-VALLEJERA, Darlenis; GORBEA-PORTAL, Salvador. Technology Foresight Index to Support Science and Technology Policy-Making in the Field of Pharmacology/Pharmacy: A Scientometric Analysis. **Journal of Scientometric Research**, v. 13, n. 1, p. 137–147, 2024.
- HUSSAIN, M.; TAPINOS, E.; KNIGHT, L. Scenario-driven roadmapping for technology foresight. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 124, p. 160–177, nov. 2017.
- IDEN, Jon; METHLIE, Leif B.; CHRISTENSEN, Gunnar E. The nature of strategic foresight research: A systematic literature review. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 116, p. 87–97, 2017.
- JANE, Greenberg *et al.* Author-generated Dublin Core Metadata for Web Resources: A Baseline Study in an Organization. *In: Dublin Core Metadata Initiative*, 24 out. 2001. Disponível em: <<https://doi.org/10.23106/DCMI.952106472>>. Acesso em: 13 out. 2025
- JØRGENSEN, Michael Søgaaard; GROSU, Dan. Visions and visioning in foresight activities. 2007.
- KATHY, Choi; HALIZA, Jailani. Singapore’s Moments of Life: A Metadata Application. *In: Dublin Core Metadata Initiative*, 30 mar. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.23106/DCMI.952141833>>. Acesso em: 3 nov. 2025
- KELLER, Jonas; MARKMANN, Christoph; VON DER GRACHT, Heiko A. Foresight support systems to facilitate regional innovations: A conceptualization case for a German logistics cluster. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 97, p. 15–28, 2015.
- KHANGURA, Sara *et al.* Evidence summaries: the evolution of a rapid review approach. **Systematic reviews**, v. 1, n. 1, p. 1–9, 2012.
- KITCHENHAM, Barbara *et al.* **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**: EBSE Technical Report. UK: Keele University and University of Durham, 2007.
- KOIVISTO, Raija *et al.* Integrating future-oriented technology analysis and risk assessment methodologies. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 76, n. 9, p. 1163–1176, nov. 2009.
- KOLOMINSKY-RABAS, Peter L. *et al.* Technology foresight for medical device development through hybrid simulation: The ProHTA Project. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 97, p. 105–114, 2015.
- KONONVA, Olga Vitalievna; PROKUDIN, Dmitry Evgenievich. The Approach to the Meta-description of the Interdisciplinary Research Terminological Landscape. *In: 21TH SCIENTIFIC CONFERENCE “SCIENTIFIC SERVICES & INTERNET – 2019”*. **Anais...** 2019. Disponível em: <<http://keldysh.ru/abrau/2019/theses/22.pdf>>. Acesso em: 6 fev. 2025
- LABORATÓRIO DO FUTURO. **Laboratório do Futuro**. Disponível em: <<http://labfuturo.cos.ufrj.br/>>. Acesso em: 2 maio. 2017.

- LEE-SMELTZER, Kuang-Hwei. Finding the needle: controlled vocabularies, resource discovery, and Dublin Core. **Library Collections, Acquisitions, and Technical Services**, v. 24, n. 2, p. 205–215, 2000.
- LINNENLUECKE, Martina K.; MARRONE, Mauricio; SINGH, Abhay K. Conducting systematic literature reviews and bibliometric analyses. **Australian Journal of Management**, v. 45, n. 2, p. 175–194, maio 2020.
- LINSTONE, Harold A.; TUROFF, Murray. **The Delphi Method: Techniques and Applications**. United States: *[S.n.]*.
- LINTURI, Risto *et al.* Radical Technology Inquirer: a methodology for holistic, transparent and participatory technology foresight. **European Journal of Futures Research**, v. 10, n. 1, p. 18, 2022.
- MARCH, Salvatore T.; SMITH, Gerald F. Design and natural science research on information technology. **Decision Support Systems**, v. 15, n. 4, p. 251–266, 1995.
- MARQUES DE SANTANA COSTA, Ryllari Raianne *et al.* Integrated Data Processing Architecture Applied to Learning Objects Repository for Educational Robotics: Proposing Approach. **Journal of Intelligent & Robotic Systems**, v. 110, n. 2, p. 89, 2024.
- MELVIN, Darnelle O. Managing Metadata Interoperability within Audio Preservation Framework: Integrating the Metadata Encoding & Transmission Standard (METS) and Multichannel Source Material into Digital Library Audio Collections. *[S.d.]*.
- MIKAEL, Nilsson *et al.* Towards an interoperability framework for metadata standards. *In: Dublin Core Metadata Initiative*, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.23106/DCMI.952108357>>. Acesso em: 6 fev. 2025
- MOHAMMAD GANJI NIK, Maryam *et al.* Futures Studies of Factors Affecting Stock Price Fluctuations Using Scenario Planning Approach. **Journal of Applied Research on Industrial Engineering**, n. Online First, 2023.
- OBERSHAW, Eric. Metadata for Resource Description on Corporate Intranets. **Journal of Internet Cataloging**, v. 5, n. 2, p. 27–42, 2002.
- OFFERMAN, Tyron *et al.* Technology Forecasting: Action Research on Integrating Scenario Planning and Text Mining. *In: 2023 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING, TECHNOLOGY AND INNOVATION (ICE/ITMC). 2023 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*. Edinburgh, United Kingdom: IEEE, 2023. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/10332419/>>. Acesso em: 6 fev. 2025
- ONDRUS, Jan; BUI, Tung; PIGNEUR, Yves. A Foresight Support System Using MCDM Methods. **Group Decision and Negotiation**, v. 24, n. 2, p. 333–358, 2015.
- OZCAN, Sercan *et al.* Technology Roadmapping Using Text Mining: A Foresight Study for the Retail Industry. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 69, n. 1, p. 228–244, fev. 2022.
- PARK, Eun G. *et al.* Running ahead toward interoperable e-government: The government of Canada metadata framework. **International Journal of Information Management**, v. 29, n. 2, p. 145–150, 2009.
- PAULUS, Paul B.; BARUAH, Jonali; KENWORTHY, Jared. Brainstorming: How to get the best ideas out of the “group brain” for organizational creativity. *In: Handbook of Organizational Creativity*. *[S.l.]*: Elsevier, 2023. p. 373–389.
- PEFFERS, Ken *et al.* Design Science Research Evaluation. *In: PEFFERS, Ken; ROTHENBERGER, Marcus; KUECHLER, Bill (Orgs.). Design Science Research in Information Systems. Advances in Theory and Practice*. Lecture Notes in Computer Science. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012. v. 7286 p. 398–410.

- PEÑALVO, Francisco José García *et al.* Qualified Dublin Core Metadata Best Practices for GREDOS. **Journal of Library Metadata**, v. 10, n. 1, p. 13–36, 12 fev. 2010.
- PHAAL, R.; FARRUKH, C. J. P.; PROBERT, D. R. Developing a technology roadmapping system. *In: A UNIFYING DISCIPLINE FOR MELTING THE BOUNDARIES TECHNOLOGY MANAGEMENT: A Unifying Discipline for Melting the Boundaries Technology Management*. Portland, OR, USA: IEEE, 2005. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/1509680/>>. Acesso em: 17 nov. 2025
- PHAAL, Robert; FARRUKH, Clare J. P.; PROBERT, David R. Technology roadmapping - A planning framework for evolution and revolution. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 71, n. 1–2, p. 5–26, jan. 2004.
- PORTER, A. L. *et al.* Technology futures analysis: Toward integration of the field and new methods. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 71, n. 3, p. 287–303, mar. 2004.
- QUIST, Jaco; VERGRAGT, Philip. Past and future of backcasting: The shift to stakeholder participation and a proposal for a methodological framework. **Futures**, v. 38, n. 9, p. 1027–1045, nov. 2006.
- RITTER, Simone M.; MOSTERT, Nel M. How to facilitate a brainstorming session: The effect of idea generation techniques and of group brainstorm after individual brainstorm. **Creative Industries Journal**, v. 11, n. 3, p. 263–277, 2 set. 2018.
- SCAPOLO, F.; PORTER, A. L. New Methodological Developments in FTA. *In: CAGNIN, Cristiano et al. (Orgs.). Future-Oriented Technology Analysis. [S.l.]*: Springer Berlin Heidelberg, 2008. p. 149–162.
- SKULIMOWSKI, Andrzej M. J.; KÖHLER, Thomas. A future-oriented approach to the selection of artificial intelligence technologies for knowledge platforms. **Journal of the Association for Information Science and Technology**, v. 74, n. 8, p. 905–922, 2023.
- SMOLÍK, Josef. Brainstorming and its applicability in security practices. **Proceedings ICABR 2015**, p. 911, 2015.
- SOUZA, Marcia Izabel Fugisawa; VENDRUSCULO, Laurimar GonÁalves; MELO, Geane Cristina. Metadados para a descriÁ,,o de recursos de informaÁ,,o eletrÚnica: utilizaÁ,,o do padr,,o Dublin Core. v. 29, n. 1, 2000.
- STELZER, Birgit *et al.* Combining the scenario technique with bibliometrics for technology foresight: The case of personalized medicine. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 98, p. 137–156, set. 2015.
- SYTNIK, Veronica M.; PROSKURYAKOVA, Liliana N. Expanding foresight methodology to better understand the unknown future and identify hard-to-predict events. **European Journal of Futures Research**, v. 12, n. 1, p. 21, 18 dez. 2024.
- TRICCO, Andrea C. *et al.* A scoping review of rapid review methods. **BMC Medicine**, v. 13, n. 1, p. 224, 2015.
- VERON, Sandobal *et al.* An interoperability model based on ontologies for learning object repositories. *In: 2016 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COMPUTERS IN EDUCATION (SIIIE). 2016 International Symposium on Computers in Education (SIIIE)*. Salamanca: IEEE, set. 2016. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/7751843/>>. Acesso em: 3 nov. 2025
- VISHNEVSKIY, Konstantin; KARASEV, Oleg; MEISSNER, Dirk. Integrated roadmaps and corporate foresight as tools of innovation management: The case of Russian companies. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 90, p. 433–443, jan. 2015.
- VON DER GRACHT, Heiko A. *et al.* Foresight support systems: The future role of ICT for foresight. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 97, p. 1–6, 2015.

- WATT, Amber *et al.* Rapid reviews versus full systematic reviews: An inventory of current methods and practice in health technology assessment. **International Journal of Technology Assessment in Health Care**, v. 24, n. 2, p. 133–139, abr. 2008.
- WEIBEL, Stuart L.; KOCH, Traugott. The Dublin Core Metadata Initiative: Mission, Current Activities, and Future Directions. **D-Lib Magazine**, v. 6, n. 12, 2000.
- WEIBEL, Stuart L.; LAGOZE, Carl. An element set to support resource discovery: The state of the Dublin Core: January 1997. **International Journal on Digital Libraries**, v. 1, n. 2, p. 176–186, 1997.
- WRIGHT, G. *et al.* Scenario planning and foresight: Advancing theory and improving practice. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 159, 2020.