



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE QUIXADÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO
MESTRADO ACADÊMICO EM COMPUTAÇÃO

LEANDRO DA SILVA MONTE

**APOIANDO A CRIAÇÃO DE EXTENSÕES DA LINGUAGEM KAOS (KNOWLEDGE
ACQUISITION IN AUTOMATED SPECIFICATION)**

QUIXADÁ

2024

LEANDRO DA SILVA MONTE

APOIANDO A CRIAÇÃO DE EXTENSÕES DA LINGUAGEM KAOS (KNOWLEDGE
ACQUISITION IN AUTOMATED SPECIFICATION)

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Computação do Programa de Pós-Graduação em Computação da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciência da computação. Área de Concentração: Engenharia de Software.

Orientador: Prof. Dr. Enyo José Tavares
Gonçalves

QUIXADÁ

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M767a Monte, Leandro da Silva.

Apoiando a criação de extensões da linguagem KAOS (Knowledge Acquisition in Automated Specification) / Leandro da Silva Monte. – 2024.

111 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá, Programa de Pós-Graduação em Computação, Quixadá, 2024.

Orientação: Prof. Dr. Enyo José Tavares Gonçalves.

1. Engenharia de Requisitos orientada a objetivos. 2. Knowledge Acquisition in Automated Specification (KAOS). 3. Extensões. I. Título.

CDD 005

LEANDRO DA SILVA MONTE

APOIANDO A CRIAÇÃO DE EXTENSÕES DA LINGUAGEM KAOS (KNOWLEDGE
ACQUISITION IN AUTOMATED SPECIFICATION)

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Computação do Programa de Pós-Graduação em Computação da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciência da computação. Área de Concentração: Engenharia de Software.

Aprovada em: 29/08/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Enyo José Tavares Gonçalves (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. João Baptista da Silva Araujo Junior
Universidade Nova de Lisboa (UNL)

Prof. Dr. Marcos Antônio de Oliveira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À Deus, aos meus pais que sempre estão comigo, minha mãe fisicamente e meu pai eternamente na minha mente, e a minha irmã por toda a parceria de sempre. Tudo que sou devo a vocês, e é por vocês que sempre sigo em frente.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Enyo José Tavares Gonçalves por toda a paciência, dedicação e disponibilidade em me auxiliar durante toda essa caminhada.

Aos colegas virtuais que fiz nesse caminho, compartilhando sofrimentos e vitórias, que agora podemos ver que nada foi em vão.

Agradeço a todos os professores do PCOMP por me proporcionarem o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender.

Aos professores que contribuíram com a melhoria do trabalho por meio de comentários em bancas de qualificação e defesa: Rainara Maia Carvalho, Ingrid Teixeira Monteiro, João Baptista da Silva Araujo Junior e Marcos Antônio de Oliveira.

E à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento (Funcap), na pessoa do Presidente Tarcísio Haroldo Cavalcante Pequeno pelo financiamento da pesquisa de mestrado via bolsa de estudos.

RESUMO

A Engenharia de Requisitos Orientada a Objetivos (Goal-Oriented Requirements Engineering - GORE) apoia a equipe de desenvolvimento na identificação dos requisitos que o sistema deve atender. Comumente aplicada nas fases iniciais do levantamento de requisitos, ela se concentra em identificar os objetivos do sistema, apresentando sua decomposição como meio para apresentar alternativas que consigam satisfazê-los.

Knowledge Acquisition in Automated Specification (KAOS) é uma abordagem GORE composta por um método, um ambiente de software e uma linguagem de modelagem. Linguagens de modelagem podem ser adaptáveis aos diversos tipos de domínio/áreas de aplicação nas quais o software será desenvolvido. Dessa forma, extensões são propostas para que a modelagem se adapte aos cenários desejados. A estas adaptações, damos o nome de extensões. KAOS tem sido estendida para diferentes áreas como segurança, sistemas adaptativos, aspectos, entre outros.

A proposição de novas extensões da KAOS vem crescendo e é uma tendência para os próximos anos, visto que é preciso adaptar as linguagens aos mais diferentes tipos de contextos existentes ou aos que surgem diante da constante evolução no desenvolvimento de software. Criar uma extensão é tarefa complexa com um conjunto de desafios inerentes, como por exemplo conseguir manter a consistência entre a extensão que vai ser criada com as existentes. Diante dos fatos, percebemos que existe a necessidade de apoiar a criação de extensões da linguagem KAOS.

Este estudo tem o intuito de apoiar a criação de novas extensões da KAOS de uma forma sistemática. Tendo como primeiro passo a atualização de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) sobre as extensões existentes da KAOS. Adicionalmente, um processo para apoiar a criação de novas extensões da KAOS foi proposto. O processo proposto foi utilizado para criar uma extensão da KAOS para representar conceitos de acessibilidade, o qual se mostrou válido para esta finalidade. Por fim, o processo PRAOS foi avaliado por especialistas em extensões de KAOS por meio de um estudo qualitativo.

Palavras-chave: engenharia de requisitos orientada a objetivos; Knowledge Acquisition in Automated Specification (KAOS); extensões.

ABSTRACT

Goal-Oriented Requirements Engineering (GORE) supports the development team in identifying the requirements that the system must fulfil. Commonly applied during the initial stages of requirements gathering, it focuses on identifying the system's goals, presenting their decomposition as a means of offering alternatives that can satisfy them. Knowledge Acquisition in Automated Specification (KAOS) is a GORE approach that consists of a method, a software environment, and a modelling language. Modelling languages can be adaptable to various types of domains/application areas in which the software will be developed. In this way, extensions are proposed to adapt the modelling to the desired scenarios. These adaptations are referred to as extensions. KAOS has been extended to different areas such as security, adaptive systems, aspects, among others. The proposition of new KAOS extensions has been growing and is expected to continue in the coming years, as it is necessary to adapt the languages to the many different types of existing contexts or those that emerge with the constant evolution in software development. Creating an extension is a complex task with a set of inherent challenges, such as maintaining consistency between the extension being created and the existing ones. Given these facts, we recognise the need to support the creation of KAOS language extensions. This study aims to support the systematic creation of new KAOS extensions. The first step involves updating a Systematic Literature Review (SLR) on the existing KAOS extensions. Additionally, a process to support the creation of new KAOS extensions was proposed. The proposed process was used to create a KAOS extension to represent accessibility concepts, which proved valid for this purpose. Finally, the PRAOS process was evaluated by KAOS extension specialists through a qualitative study.

Keywords: goal-oriented requirements engineering; Knowledge Acquisition in Automated Specification (KAOS); extensions.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Passos da metodologia de pesquisa	16
Figura 2 – Passos de criação de uma extensão	20
Figura 3 – Exemplo de um modelo de objetivo	24
Figura 4 – Exemplo de um modelo de objeto.	25
Figura 5 – Exemplo de uma extensão.	27
Figura 6 – PRISE.	28
Figura 7 – Passos da atualização da RSL	34
Figura 8 – Artigos selecionados em cada etapa da RSL.	42
Figura 9 – Gráfico da representação da quantidade de artigos por ano.	43
Figura 10 – Tipo de publicação	44
Figura 11 – Distribuição dos tipos de avaliações	45
Figura 12 – Distribuição pelo nível da sintaxe	49
Figura 13 – Distribuição dos Construtores por Tipo	51
Figura 14 – Suporte de Ferramenta para Extensões KAOS	53
Figura 15 – Estrutura geral do PRAOS	61
Figura 16 – Estrutura geral do subprocesso 1	61
Figura 17 – Estrutura geral do subprocesso 2	64
Figura 18 – Estrutura geral do subprocesso 3	66
Figura 19 – Estrutura geral do subprocesso 3.5	68
Figura 20 – Estrutura geral do subprocesso 4	69
Figura 21 – Estrutura geral do subprocesso 6.	72
Figura 22 – Metamodelo da extensão proposta.	78
Figura 23 – Modelo de Objetivo - Exemplo 2.	83
Figura 24 – Modelo de Responsabilidade - Exemplo 2.	83
Figura 25 – Modelo de Operação - Exemplo 2.	84
Figura 26 – Q4: Função ocupada pelos participantes.	86
Figura 27 – Q5: Distribuição dos participantes pelos que trabalham ou não com acessibilidade	86
Figura 28 – Q6: Tempo de experiência com acessibilidade	87
Figura 29 – Q7: Conhecimento sobre a KAOS	88
Figura 30 – Respostas Q8	88

Figura 31 – Respostas Q9	89
Figura 32 – Respostas Q11	90
Figura 33 – Respostas Q12	90
Figura 34 – Respostas Q13	91
Figura 35 – Roteiro de Entrevista do Estudo Qualitativo de Avaliação do PRAOS.	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Organização das Extensões KAOS em RF ou RNF	46
Tabela 2 – Distribuição dos Artigos por Extensão Base	47
Tabela 3 – Distribuição das Publicações por Definição de Conceitos	48
Tabela 4 – Nível da Extensão	49
Tabela 5 – Tipo de Extensão	50
Tabela 6 – Distribuição dos Artigos por Suporte de Ferramenta	52

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Contexto e Motivação	14
1.2	Questões de pesquisa	15
1.3	Objetivos	16
1.4	Metodologia	16
1.5	Organização do trabalho	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	Engenharia Baseada em Modelos	19
2.2	Definição e Extensão de Linguagem de Modelagem	20
2.2.1	<i>Extensão de Linguagem de Modelagem</i>	21
2.3	KAOS	22
2.4	PRISE	27
3	TRABALHOS RELACIONADOS	30
4	ATUALIZAÇÃO DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA DAS EXTENSÕES DA KAOS	33
4.1	Protocolo da RSL	33
4.1.1	<i>Questões de pesquisa</i>	35
4.1.2	<i>Fontes e strings de busca</i>	36
4.1.3	<i>Crítérios de inclusão, exclusão e de análise da qualidade</i>	38
4.1.4	<i>Extração e síntese de dados</i>	39
4.1.5	<i>Execução</i>	40
4.2	Resultados da RSL de extensões da KAOS	42
4.2.1	<i>QP1: Quais são as áreas de aplicação das extensões da KAOS?</i>	45
4.2.2	<i>QP2 - Quais extensões da KAOS são derivadas de outras extensões?</i>	47
4.2.3	<i>QP3 – As extensões da KAOS apresentam a definição dos construtores envolvidos?</i>	47
4.2.4	<i>QP4 – Quais os níveis de sintaxe as extensões abordam (abstrata, concreta ou ambas)?</i>	48
4.2.5	<i>QP5 – Como foi proposta a extensão da sintaxe abstrata (conservativa ou não conservativa)?</i>	50

4.2.6	<i>QP6 - Como foi proposta a sintaxe concreta das extensões?</i>	50
4.2.7	<i>QP7 - Existem mecanismos de extensão definidos para a KAOS?</i>	53
4.3	Discussão da RSL das extensões da KAOS	53
4.4	Catálogo de extensões da KAOS	55
4.5	Ameaças a validade da RSL	55
5	DEFINIÇÃO DO PROCESSO PARA APOIAR A CRIAÇÃO DE EXTENSÕES DA KAOS (PRAOS)	57
5.1	Adaptação do PRISE para KAOS	57
5.2	O Processo PRAOS	60
5.2.1	<i>Subprocesso 1 - Analisar a necessidade de proposta de extensão</i>	61
5.2.2	<i>Subprocesso 2 - Descrição dos conceitos da extensão da KAOS</i>	63
5.2.3	<i>Subprocesso 3 - Desenvolvimento da extensão da KAOS</i>	65
5.2.4	<i>Subprocesso 3.5 - Apoiar a Extensão com uma Ferramenta de Modelagem</i>	68
5.2.5	<i>Subprocesso 4 - Validação e avaliação da extensão da KAOS</i>	69
5.2.6	<i>Tarefa 5. Identificar novos construtores a serem introduzidos</i>	71
5.2.7	<i>Subprocesso 6. Divulgar a extensão KAOS</i>	71
6	CRIAÇÃO DE UMA EXTENSÃO COM O APOIO DO PRAOS	73
6.1	Análise da necessidade de propor a extensão	74
6.1.1	<i>Identificação dos conceitos a serem introduzidos pela extensão</i>	75
6.1.2	<i>Modelagem de um exemplo com os conceitos identificados usando KAOS</i>	75
6.1.3	<i>Verificação da existência de extensões relacionadas à nova proposta no catálogo de extensões da KAOS</i>	76
6.2	Descrição dos conceitos da extensão	76
6.2.1	<i>Pesquisando e selecionando construtores a serem reutilizados.</i>	76
6.2.2	<i>Descrição dos conceitos da extensão</i>	76
6.2.3	<i>Análise de integração dos construtores da extensão aos da KAOS</i>	77
6.3	Desenvolvimento da extensão da KAOS	77
6.3.1	<i>Definição do metamodelo da extensão</i>	77
6.3.2	<i>Definição de regras de validação da extensão</i>	78
6.3.3	<i>Definição da sintaxe concreta da extensão</i>	78
6.3.4	<i>Verificação de completude, consistência e conflitos</i>	80
6.3.5	<i>Aplicação da extensão em uma ferramenta de modelagem</i>	81

6.4	Validação e Avaliação da extensão da KAOS	81
6.4.1	<i>Uso da proposta de extensão para modelar um sistema</i>	81
6.4.2	<i>Avaliação da extensão proposta com base no PRAOS</i>	83
6.4.2.1	<i>Método</i>	84
6.4.2.2	<i>Resultados</i>	85
6.4.2.3	<i>Ameaças à Validade</i>	92
7	ESTUDO QUALITATIVO DA AVALIAÇÃO DO PRAOS	94
7.1	Resultados e Discussão das Entrevistas com Especialistas	95
7.2	Ameaças à Validade	99
8	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	101
8.1	Respondendo às questões de pesquisa	101
8.2	Trabalhos Futuros	102
	REFERÊNCIAS	104
	APÊNDICES	107
	APÊNDICE A – Artigos Analisados	107
	ANEXOS	111

1 INTRODUÇÃO

Nesta seção é apresentada a caracterização desta pesquisa, que se concentra no apoio à criação de novas extensões da linguagem de modelagem de requisitos KAOS (Knowledge Acquisition in Automated Specification). Na Seção 1.1 são apresentados o contexto e a motivação desta dissertação. Nas seções 1.2 e 1.3, são apresentadas as questões de pesquisa e os objetivos, respectivamente. A Seção 1.4 apresenta a metodologia seguida. Por fim, na Seção 1.5 é detalhada a estrutura da dissertação, com a organização das seções restantes.

1.1 Contexto e Motivação

Linguagens de Modelagem Orientadas a Objetivos (Goal Modeling Languages), são formas de representar visualmente o sistema que será desenvolvido. Linguagens de Modelagem Orientadas a Objetivos são geralmente utilizadas em etapas iniciais do desenvolvimento, durante a elicitación e especificação dos requisitos da aplicação. Erros nas atividades de Engenharia de Requisitos (ER) podem acabar contribuindo com o fracasso do desenvolvimento de um sistema, caso tenham um direcionamento divergente do que se é esperado com a execução do projeto. Assim, as linguagens de Modelagem Orientadas a Objetivo são utilizadas para facilitar a identificação, estruturação e validação dos requisitos Matulevičius e Heymans (2007), podendo contribuir para reduzir a ocorrência de erros na ER. Ainda segundo Matulevičius e Heymans (2007), com as representações gráficas que as linguagens de modelagem utilizam para representar os requisitos, é possível direcionar um melhor entendimento do sistema entre todos os stakeholders e desenvolvedores do projeto, contribuindo então com um direcionamento mais exato para todos os envolvidos.

KAOS Dardenne *et al.* (1993) e iStar Yu (1995) são exemplos de linguagens de modelagem de requisitos orientadas a objetivos utilizadas no desenvolvimento de software.

As linguagens de modelagem podem ser classificadas como Linguagens de Modelagem de Domínio Específico (do inglês, Domain-Specific Modeling Languages (DSML)) ou como Linguagens de Modelagem de Propósito Geral (do inglês, General Purpose Modeling Languages (GPML)) Brambilla *et al.* (2017). As DSML são propostas para modelar um domínio específico e as GPML são propostas para modelar uma grande variedade de sistemas. Estender uma linguagem de modelagem é ampliar sua capacidade de representação por meio da adição de novos construtores. Tanto as DSML quanto as GPML podem ser estendidas, porém as GPML

são mais propensas a extensões do que as DSML. A linguagem de modelagem KAOS pode ser classificada como GPML pois foi proposta para a modelagem de requisitos de sistemas de um modo geral.

Diversas extensões da KAOS têm sido propostas ao longo dos anos. No entanto, essas extensões foram desenvolvidas de forma não sistemática, o que resultou em problemas como a especificação da extensão somente a nível de sintaxe concreta, inconsistência entre as sintaxes e falta de apoio de ferramentas CASE (Computer-Aided Software Engineering), uma ferramenta que oferece suporte para representar os diagramas que compõem a linguagem da KAOS.

Este trabalho se concentra em apoiar a criação de extensões da KAOS de uma forma sistemática. Uma das formas de sistematizar a realização de uma tarefa é apoiar sua execução por meio de um processo. Processos são importantes porque dão consistência e estrutura a um conjunto de atividades. Estas características são úteis quando conseguimos executar com sucesso através dos projetos existentes e queremos garantir que outros façam o mesmo na execução dos próximos projetos. Os processos também são importantes porque nos permitem reunir experiências existentes e passá-las do experiente para o novo, Pfleeger (2003).

Assim, os resultados deste trabalho são úteis para pesquisadores e engenheiros de requisitos, especialmente aqueles com pouca ou nenhuma experiência em extensões, ao propor novas extensões para a KAOS.

1.2 Questões de pesquisa

Esta pesquisa se concentra na criação de extensões da KAOS. Partindo deste tópico central, as seguintes questões de pesquisa (QP) emergem:

- QP1: Quais são as extensões da KAOS e como elas têm sido propostas?
- QP2: Como um processo pode ser proposto para apoiar a criação de extensões da KAOS?
- QP3: Como o processo para conduzir extensões da KAOS funciona ao ser utilizado para criar uma nova extensão da KAOS?
- QP4: Qual é a percepção de especialistas em extensões da KAOS sobre o processo de apoio a criação de novas extensões?

1.3 Objetivos

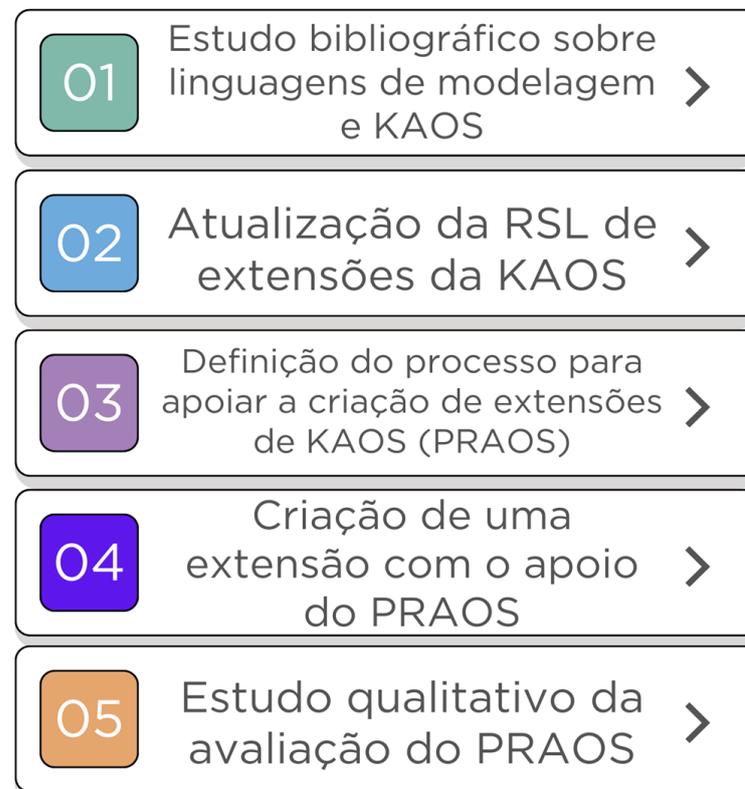
O objetivo geral desta dissertação é investigar como apoiar a criação de extensões da linguagem KAOS sistematicamente, de modo a mitigar o impacto da complexidade envolvida nesta tarefa. Este objetivo geral pode ser detalhado nos seguintes objetivos específicos:

- Identificar extensões da KAOS e analisá-las;
- Definir um processo para apoiar a criação de extensões da KAOS;
- Utilizar o processo para criar uma nova extensão da KAOS;
- Analisar a percepção dos especialistas em extensões da KAOS sobre o processo.

1.4 Metodologia

Esta seção apresenta uma visão geral das etapas seguidas no desenvolvimento deste trabalho. A Figura 1 mostra a sequência dos passos executados na realização desta pesquisa.

Figura 1 – Passos da metodologia de pesquisa



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

As etapas da metodologia serão detalhadas a seguir.

01. Estudo bibliográfico sobre linguagens de modelagem e KAOS: Inicialmente, realizamos

um estudo aprofundado sobre os fundamentos da criação e extensão de linguagens de modelagem. O objetivo foi compreender os conceitos envolvidos e trabalhos existentes. Além disso, investigamos a linguagem KAOS, incluindo seus modelos e construtores, para fornecer uma base sólida para este estudo. Os principais conceitos identificados neste estudo estão presentes na Seção 2 (Referencial Teórico).

02. **Atualização da RSL de extensões da KAOS:** De acordo com Kitchham e Charters Kitchenham e Charters (2007), uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) visa identificar, avaliar e interpretar os resultados de pesquisas relacionadas a questões específicas, áreas temáticas ou fenômenos, e reunir evidências para fundamentar conclusões.

As extensões da KAOS foram inicialmente identificadas através de uma RSL conduzida por Sousa (2019). Esta revisão abrangeu trabalhos publicados entre 1990 e 2019, com 1990 sendo o ponto de partida devido ao ano de criação da KAOS. A RSL resultou na análise de 22 trabalhos e na discussão de 6 questões de pesquisa sobre o processo de extensões da KAOS.

Para obter uma quantidade maior de trabalhos sobre o tema e trabalhos de anos mais recentes, decidimos atualizar essa RSL, por meio da análise dos artigos de extensões de KAOS incluindo o período inicial utilizado por Sousa (2019) (1990-2019), mas focando em identificar e analisar trabalhos entre 2020-2024.

03. **Definição do processo para apoiar a criação de extensões de KAOS (PRAOS):** Um processo para apoiar a criação das extensões da KAOS (PRAOS) foi proposto. Devido às semelhanças entre as linguagens iStar e KAOS, utilizamos o processo PRISE (Process to Support iStar Extensions) como ponto de partida para a criação do processo para apoiar a criação de extensões da KAOS.

04. **Criação de uma extensão com o apoio do PRAOS:** A ilustração do uso do processo PRAOS foi feita por meio da criação de uma nova extensão da KAOS. O uso do PRAOS proporcionou que a nova extensão fosse desenvolvida de maneira estruturada e adequada ao contexto da KAOS, oferecendo uma solução válida para o domínio específico escolhido.

05. **Estudo Qualitativo da Avaliação do PRAOS:** O processo proposto foi avaliado por meio de um estudo qualitativo baseado em entrevistas com especialistas em extensões de KAOS.

As descrições detalhadas destas etapas serão apresentadas nas respectivas seções que detalham cada um deles.

1.5 Organização do trabalho

As demais seções desta dissertação estão organizadas da seguinte maneira: A Seção 2 traz a fundamentação teórica dos principais temas abordados no desenvolvimento deste trabalho. De maneira complementar, os trabalhos relacionados são apresentados na Seção 3. As quatro seções seguintes apresentam os resultados atingidos, a saber: a Seção 4 apresenta a atualização da RSL da KAOS; A Seção 5 apresenta o processo proposto para apoiar as extensões da KAOS; A criação de uma extensão da KAOS utilizando como apoio o processo de apoio é apresentada na Seção 6; e a avaliação do processo proposto é apresentada na Seção 7. Por fim, na Seção 8 temos as conclusões e trabalhos futuros. .

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Engenharia Baseada em Modelos

No trabalho de France e Rumpe (2007), eles consideram a modelagem da Engenharia Baseada em Modelos (MBE) como uma abordagem muito significativa no processo de desenvolvimento de software, onde os modelos são os principais artefatos que serão utilizados em todas as fases de desenvolvimento do processo, indo desde a parte de elicitação de requisitos, passando pelo desenvolvimento e se fazendo presente durante a manutenção.

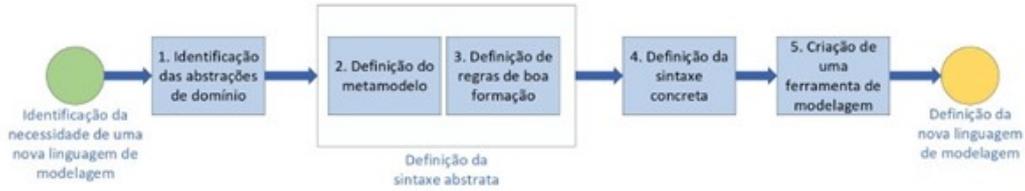
France e Rumpe (2007) apontam ainda algumas características importantes sobre a MBE, uma delas é que os modelos são vistos como documentos principais no processo de desenvolvimento, buscando a conversão de modelos de alto nível resultando em modelos ricos em detalhes e também em códigos executáveis. O uso da MBE ainda conta com forte resistência das equipes conservadoras, que temem mudanças; mas o seu uso contribui diretamente com melhores níveis de produtividade, qualidade e facilidade de manutenção de sistemas.

A Engenharia Baseada em Modelos (MBE) é um processo em que os modelos de software desempenham um papel muito importante, mesmo eles não sendo considerados como os principais artefatos do sistema por muitos profissionais da área, paradigma que vem se transformando com a crescimento da adesão do processo Brambilla *et al.* (2017). Como um exemplo do MBE, temos um software que é composto de modelos que são desenvolvidos para documentar o sistema, mas eles servem como uma base de desenvolvimento do software, e não está envolvida nenhuma geração de código executável.

Engenharia Baseada em Modelos (MBE), de acordo com Brambilla *et al.* (2017) é um paradigma da engenharia de software que tem como objetivo conseguir reduzir a complexidade accidental dos sistemas de software, a complexidade que vai surgindo com o passar do tempo e das atualizações que surgem para adaptação a novas regras de negócio, promovendo o uso de modelos que são voltados a se concentrarem na complexidade essencial dos sistemas.

Em MBE, artefatos iniciais do desenvolvimento de software são criados e uma parte significativa da aplicação é derivada de modelos. Mussbacher *et al.* (2014) indicam que as linguagens de modelagem são uma área de grande crescimento no MBE. Temos a representação das atividades necessárias para que seja definida uma nova linguagem de modelagem, que também precisa ser seguida no caso de criação de uma extensão de uma linguagem de modelagem, organizadas de acordo com os passos presentes na Figura 2.

Figura 2 – Passos de criação de uma extensão



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

No passo um, temos a **identificação das abstrações de domínio**, que consiste em identificar quais as necessidades que o domínio exige para uma representação; nas etapas 2 e 3, nós temos a **definição do metamodelo**, que significa como vai ser feita a estrutura da nova extensão, a correlação entre os construtores pertencentes a ela; no passo 4 é onde vai ser elaborado como vai ficar a **representação dos componentes** que irão fazer parte da nova extensão; e por último no passo 5 temos a **execução da criação de uma nova extensão**.

2.2 Definição e Extensão de Linguagem de Modelagem

De acordo com o que foi relatado por Mussbacher *et al.* (2014), as Linguagens de Modelagem (ML) são artefatos considerados como essenciais para a Engenharia de Software Dirigida por Modelos (MDE), pois contribuem para a criação de diversos modelos de visualizações, cada um com características distintas do sistema a ser desenvolvido e que se somam no intuito de contribuir para um desenvolvimento bem alinhado com o que se espera da aplicação.

Ainda de acordo com Mussbacher *et al.* (2014), podemos destacar como principais características das linguagens de modelagem, a abstração de requisitos complexos, transformando-os em informações mais fáceis de serem compreendidas; uma boa definição dos requisitos e as suas relações; e a possibilidade de geração mais rápida de códigos a partir dos modelos.

Sintaxe concreta e sintaxe abstrata são formas de representações diferentes quem compõem e contribuem para a descrição de uma linguagem de modelagem, de acordo com o que temos em Group (2011), sintaxe abstrata é responsável por descrever a estrutura lógica de uma linguagem de modelagem, independente de como ela é representada, se visual ou textualmente. Metamodelos compõem a sintaxe abstrata, definindo os elementos e suas relações entre eles.

Sobre sintaxe concreta, Booch *et al.* (2005), relata informações que nos mostram que esta sintaxe é responsável pela representação específica dos elementos e suas relações, independente da forma de representação escolhida, seja ela gráfica, textual ou de outro tipo.

Podemos citar UML, iStar e KAOS como exemplos de linguagens de modelagem.

Estas linguagens serão apresentadas a seguir:

- **UML:** A UML (Unified Modeling Language), de acordo com o relatado por Booch *et al.* (2005), é uma linguagem de modelagem que foi desenvolvida padronizando a forma de especificar, visualizar, construir e documentar os artefatos que virão fazer parte do sistema, sendo possível com seu uso representar tanto a sintaxe abstrata como a concreta. A sintaxe abstrata é responsável por definir os elementos e como os elementos pertencentes podem ser combinados; já a sintaxe concreta se encarrega da representação visual dos elementos da UML.
- **i* (iStar)**:** De acordo com Dalpiaz *et al.* (2016) no guia da linguagem de iStar, essa linguagem de modelagem tem uma particularidade extremamente útil para a captura de requisitos não funcionais, e de possibilitar o entendimento das relações entre os elementos que tem em conjunto o intuito de alcançar objetivos.
- **KAOS:** É uma linguagem de modelagem desenvolvida por Darimont *et al.* (1997), que tem como objetivo realizar a divisão de requisitos em objetivos, usa gráficos de objetivos e diagramas de refinamento para descrever e analisar requisitos. Inclui mecanismos para rastreamento de requisitos e validação formal.

A seguir apresentaremos alguns conceitos relacionados à extensão de linguagens de modelagem.

2.2.1 Extensão de Linguagem de Modelagem

De acordo com Booch *et al.* (1999), a modelagem eficiente é considerada um critério chave de projetos de desenvolvimento bem sucedidos. Neste contexto, a criação de extensões possibilita a adaptação e ampliação da linguagem de modelagem base para atender domínios específicos.

Brambilla *et al.* (2017) define o conceito de extensão de uma linguagem de modelagem como sendo a adição de novos construtores, modificação ou remoção de construtores existentes, baseado na necessidade do domínio no qual a extensão está sendo direcionada para aplicação. A extensão de uma linguagem de modelagem é uma ação que não necessariamente pode ser feita apenas pela organização que a desenvolveu, e ela tem como objetivo a adaptação da linguagem a um novo domínio e não a criação de uma nova versão para ser utilizada como sendo a sintaxe padrão.

E como relatado por Fowler (1980), quando uma nova extensão está em desenvol-

vimento, ela proporciona uma maior flexibilidade e a capacidade de capturar e comunicar a essência de sistemas completos. Isso facilita a compreensão do sistema por todos os envolvidos no projeto, tornando o processo de desenvolvimento mais eficaz. Criar uma extensão não é algo que pode ser feito apenas por quem a criou, a intenção é conseguir ajustar a linguagem existente a novos domínios, e não impor que ela seja utilizada como sendo a sintaxe padrão.

Complementarmente, Selic (2003) realiza análise de que as extensões de linguagens de modelagem contribuem para que arquitetos e desenvolvedores consigam definir metamodelos personalizados que consigam condizer com as necessidades específicas de cada domínio, contribuindo para uma melhor comunicação e análise dos sistemas.

Sobre as formas de se desenvolver uma extensão, de acordo com Miles e Hamilton (2006), UML é uma das linguagens de modelagem que possui mecanismos de extensão bem definidos, dividindo em uma forma de peso leve (*lightweight*) e uma de peso pesada (*heavyweight*). A de peso leve consiste em alterações com baixo impacto na sintaxe original, utilizando de marcações textuais e estereótipos. A de peso pesado, por sua vez, consiste na inclusão de novas representações gráficas e realiza alterações no metamodelo, causando impacto na linguagem de modelagem.

No trabalho de Kelly e Tolvanen (2008), é abordado que junto aos conceitos de modelagem, é de costume encontrar também várias regras de domínio, necessidades de consistência e restrições, e evidencia a importância de uma boa definição dessas regras para ser possível obter benefícios na prevenção de erros no desenvolvimento de projetos, mantendo uma consistência e um bom entendimento de todos os pontos envolvidos no processo.

2.3 KAOS

KAOS é uma abordagem da Engenharia de Requisitos Orientada a Objetivos (do inglês, Goal-Oriented Requirements Engineering (GORE)), que surgiu de uma parceria entre a University of Oregon e a University of Louvain Dardenne *et al.* (1993). Tal abordagem permite realizar a modelagem formal de requisitos funcionais e não funcionais em termos de metas, restrições, 20 premissas, objetos, eventos, ações, agentes etc.

De acordo com Fatima (2015) a modelagem usando KAOS envolve a construção do modelo de requisitos, por meio das seguintes etapas:

- **1:** Construir um Modelo de Objetivos que descreva os requisitos na forma de objetivos no gráfico;

- **2:** Construir um Modelo de Responsabilidade para atingir esses objetivos através da ajuda de agentes;
- **3:** Criar um Modelo de Objeto junto com a construção de todo o glossário consistente e completo dos termos relacionados ao problema que são usados para escrever os requisitos;
- **4:** Construir um Modelo Operacional descrevendo o comportamento dos agentes responsáveis por atingir os objetivos pelos quais são responsáveis;
- **5:** Criar o documento de requisitos com base no modelo de requisitos;
- **6:** Validar suas necessidades revisando primeiro o modelo.

Como pode ser visto pelas etapas listadas acima, KAOS usa a combinação de quatro modelos: modelo de objetivo, modelo de responsabilidade, modelo de objeto e modelo de operação Fatima (2015). Esses modelos são baseados em objetivos, requisitos, agentes, expectativas, obstáculos, propriedade do domínio, operações, entidades, eventos, relacionamentos e associações entre esses conceitos.

Modelo de Objetivo

O modelo de objetivo é considerado a base e ponto de partida de todo o método. O modelo de objetivo representa um conjunto de diagramas de objetivos inter-relacionados que são usados para lidar com um problema.

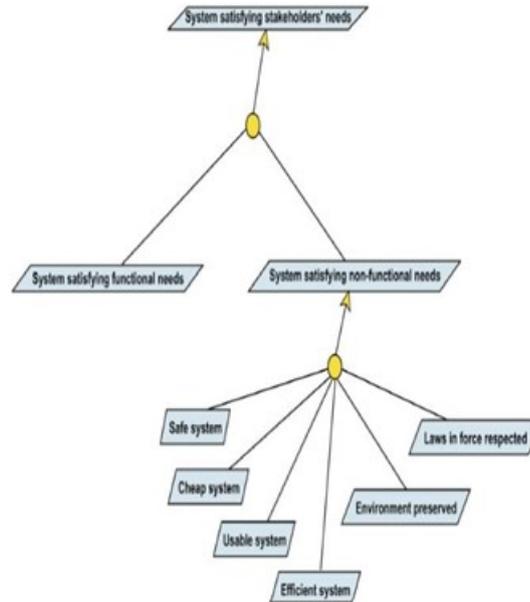
A ideia principal por trás dessa abordagem é representar os requisitos do sistema como metas e objetivos de negócios e, assim, focar em alcançar esses objetivos de negócios. Metas são tipicamente todos os requisitos funcionais e não funcionais que devem ser incorporados ao sistema que está sendo desenvolvido, muitas vezes com a assistência de alguns agentes.

No exemplo da Figura 3, cada paralelogramo na figura representa um objetivo. Os círculos amarelos representam refinamentos de um objetivo principal (apontado pela seta amarela) e uma lista de submetas.

Modelo de Responsabilidade

O modelo de responsabilidade KAOS é uma compilação de diagramas de responsabilidade derivados. Envolve entidades chamadas de agentes, que podem ser seres humanos ou componentes automatizados que se preocupam em atingir metas/requisitos. A atribuição de agentes para cumprir o objetivo específico é feita de acordo com a representação gerada no modelo de objetivo. As metas são sempre atribuídas a vários agentes. No entanto, sempre que há uma única resposta do agente ao objetivo, isso indica que não há espaço para qualquer refinamento objetivo, e essa diferença fornece ao analista um critério para deixar de refinar

Figura 3 – Exemplo de um modelo de objetivo



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

objetivos em submetas Fatima (2015). Um diagrama de responsabilidade descreve para cada agente os requisitos e expectativas pelos quais ele é responsável ou que lhe foram atribuídos.

Modelo de Objeto

Segundo Fatima (2015), o modelo de objeto está basicamente relacionado à vinculação do domínio da aplicação e ao estabelecimento de restrições no sistema. Os objetos podem ser categorizados como entidades, agentes e associações onde as entidades descrevem e traduzem o estado do objeto, mas não realizam operações; os agentes se preocupam com a execução das operações, enquanto as associações são entidades que dependem do objeto e não têm a capacidade de realizar operações.

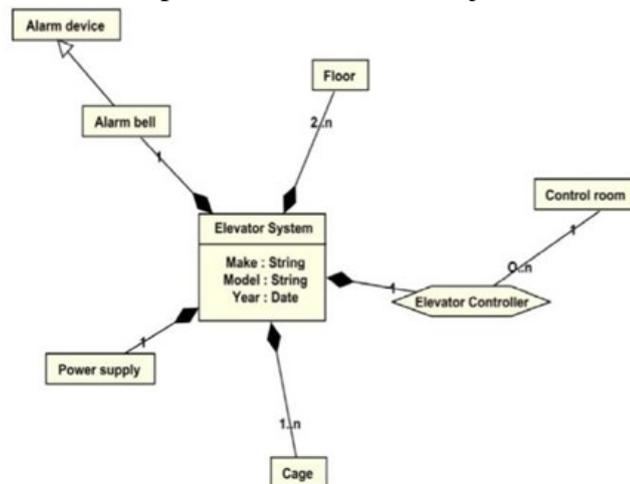
No exemplo da Figura 4, a caixa dupla na figura representa uma entidade. Cada retângulo é um objeto. As outras setas são links entre entidade-objeto, entidade-agente, objeto-objeto e agente-objeto.

Modelo de Operação

O modelo de operação representa todos os comportamentos que os agentes devem ter para atender suas necessidades. Comportamentos são basicamente operações realizadas por agentes. Essas operações são utilizadas para manipular os objetos descritos no modelo de objetos: podem criar objetos, causar transições de estado de objetos ou acionar outras operações por meio de eventos enviados e recebidos Choren *et al.* (2011).

Os construtores existentes na linguagem KAOS são listados a seguir juntamente com a definição de seus significados.

Figura 4 – Exemplo de um modelo de objeto.



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

- **Agente:** Objeto ativo que realiza operações para atingir metas. Agentes podem ser o software considerado como um todo ou partes dele. Também podem vir do ambiente do software estudado. Agentes humanos estão no ambiente;
- **Associação:** Associações são objetos passivos e dependentes. Dependente porque suas descrições referem-se a outros objetos. Objetos cuja sua definição vai depender da associação do mesmo com outros objetos, criando uma relação e assim definindo seu significado;
- **Sistema Composto:** O software em estudo e seu ambiente;
- **Conflito:** Os objetivos são conflitantes se, sob alguma condição de limite, estes objetivos não puderem ser alcançados;
- **Propriedade de Domínio:** São propriedades relevantes para o domínio da aplicação. Eles são usados em refinamentos para provar que o refinamento está completo;
- **Entidade:** Representam objetos passivos independentes. Independente significa que suas descrições não precisam se referir a outros objetos do modelo. Passivos significa que eles não podem executar operações. Objeto autônomo, isto é, a definição de qual não depende de outros objetos, terá o seu significado exato independente da ligação que ele possua;
- **Ambiente:** Parte do universo capaz de interagir com o software em estudo;
- **Evento:** Os eventos podem ser externos ou produzidos por operações (são a saída da operação). Eles podem começar (causar) ou parar operações. É um objeto instantâneo (isto é, um objeto ativo em apenas um estado) que aciona operações executadas por agentes;
- **Expectativa:** Objetivo atribuído a um agente no ambiente;
- **Modelo Formal:** Modelo em que os conceitos foram matematicamente formalizados. No *Objectiver* (ferramenta de modelagem padrão de KAOS), o modelo formal é construído

sobre um modelo semi-formal. Apenas uma parte ou todo o modelo semi-formal pode ser formalizado. O Objectiver usa lógica temporal de primeira ordem com extensões em tempo real para formalizar conceitos;

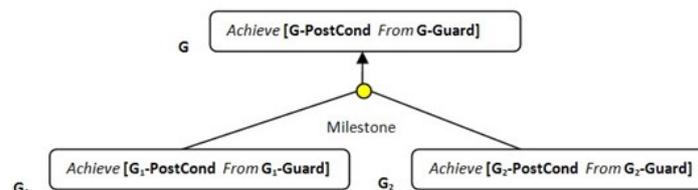
- **Objetivo:** Asserção prescritiva que captura algum objetivo a ser alcançado pela cooperação de agentes. Prescreve um conjunto de comportamentos desejados. Requisitos e expectativas são objetivos;
- **Modelo:** Representação abstrata de um sistema composto. Um modelo no Objectiver representa um sistema composto por meio de conceitos de diferentes tipos, principalmente objetos, propriedades desejadas ou indesejáveis (objetivos, obstáculos) e comportamentos (operações);
- **Objeto:** Artefato de interesse no sistema composto sendo modelado, cujas instâncias podem ser distintamente identificadas e podem evoluir de estado para estado. Agentes, eventos, entidades e associações são objetos;
- **Obstáculo:** Condição (que não seja um objetivo) cuja satisfação pode impedir que algum objetivo seja alcançado. Define um conjunto de comportamentos indesejados;
- **Operação:** Representa transições de estado de objetos, que são entradas e / ou saídas da operação. Operações são realizadas por agentes;
- **Operacionalização:** Relacionamento que vincula um requisito às operações. É requerido quando cada execução das operações (possivelmente restrita a essa intenção) implicará o requisito;
- **Refinamento:** Relacionamento que vincula um objetivo a outros objetivos que são chamados de sub-objetivos. A conjunção de todos os sub-objetivos deve ser uma condição suficiente que implique o objetivo, eles refinam objetivos. Aponta para um objetivo pai;
- **Responsabilidade:** Relacionamento que conecta um agente a um requisito pelo qual ele é responsável;
- **Modelo Semi-Formal:** Modelo no qual os conceitos não são matematicamente formalizados. No Objectiver, cada conceito no modelo recebe um nome, um tipo, uma definição textual, valores para atributos e uma representação gráfica;
- **Requisito** Objetivo atribuído a um agente do software em estudo.

KAOS foi desenvolvido com o intuito de ser utilizado em ambientes específicos, mas de acordo como vamos tendo uma maior abrangência da tecnologia em diversos setores, surge também a necessidade de poder utilizar da ferramenta em outros domínios; e a partir dessa

necessidade, vem a criação de novas extensões da linguagem, que consiste na adaptação de uma extensão existente para novos cenários, como novas representações e funcionalidades específicas para o novo domínio.

Matoussi (2011) apresenta uma extensão da KAOS para representar identificadores nos objetivos de KAOS de modo a representar meta informação dos modelos. A Figura 5 apresenta um exemplo do uso desta extensão, onde temos a representação de objetivos diferente do que consta na representação oficial da KAOS, a estrutura original pode ser acessada através do link: <https://docs.google.com/document/d/1of1R5yybwSNRrTNMmdmODftpmPUjPh7tmdt1rTZDfyA/edit?usp=sharing>. E também existe ao lado da representação de objetivo um G para representar o objetivo principal, e nas opções que partem dele, que estão caracterizados como subobjetivos, existe um G1 e G2 para cada uma das opções que parte do objetivo principal.

Figura 5 – Exemplo de uma extensão.



Fonte: Matoussi (2011)

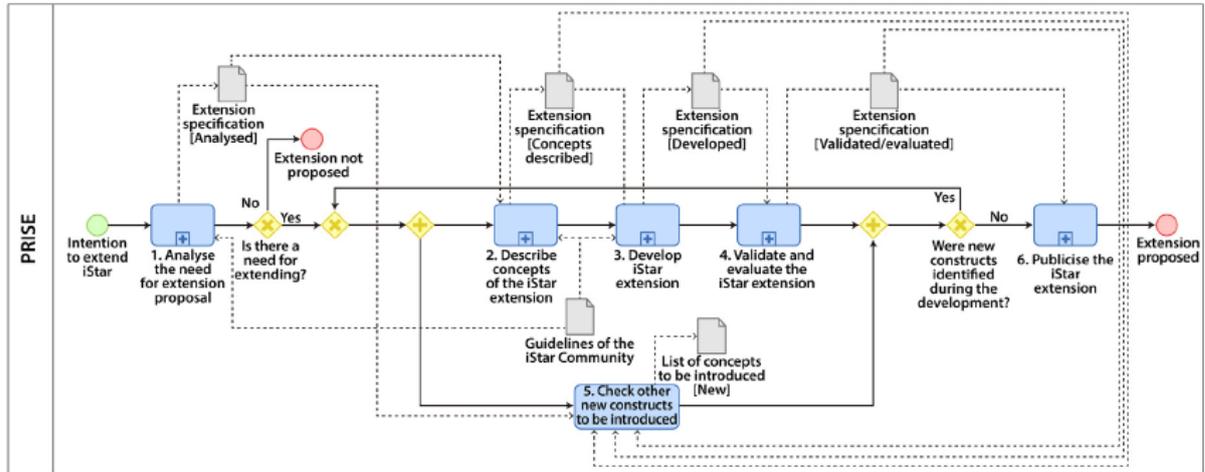
2.4 PRISE

Como relatado por Goncalves *et al.* (2020), PRISE (Process to Support iStar Extensions) é um processo que foi desenvolvido por eles, que tem como objetivo auxiliar extensores no processo de criação de novas extensões da linguagem de modelagem iStar. Orientado de forma sistemática as novas propostas de extensões, contribuindo para deixá-las completas, consistentes e com o menor número de conflitos possíveis.

PRISE é um processo constituído por 5 subprocessos, que abordaremos a seguir e que estão representados na Figura 6.

1. Análise da necessidade de extensão: subprocesso responsável pela verificação da real necessidade de criação de uma nova extensão do iStar, observando e estudando o cenário na qual ela será inserida e analisando se já existe uma extensão existente que consiga atender as especificidades requeridas pelo contexto do domínio relatado; assim como propor os conceitos que possivelmente serão introduzidos na mesma.

Figura 6 – PRISE.



Fonte: Goncalves *et al.* (2020)

2. Descrever os conceitos da extensão iStar: parte do processo onde é realizada a descrição detalhada dos conceitos que foram propostos para introdução no subprocesso 1. Verificando se existe alguma relação entre os conceitos propostos e os já existentes em outras extensões.

3. Desenvolvimento da extensão: subprocesso focado em criar a definição do metamodelo da extensão, assim como as regras de validação e a sua sintaxe concreta. Extensões sem metamodelo ou sintaxe concreta acabam ficando incompletas, o que pode ocasionar na dificuldade de utilização e conseqüentemente no acontecimento de inconsistências por quem precise utilizar.

4. Validação e avaliação da extensão iStar: responsável pela ilustração e a validação da extensão com especialistas, com o objetivo principal de realizar um refinamento da extensão que foi criada no passo anterior.

5. Verificar outros novos construtores: como o PRISE é um processo iterativo, a identificação de novos construtores pode acabar acontecendo fora do passo 1, que é quando se identifica os construtores que irão ser adicionados a extensão, desta forma, podem surgir novas necessidades na execução dos passos 2, 3 e 4, então a execução do passo 5 acaba acontecendo de forma paralela a eles, analisando a necessidade de inclusão de mais algum novo construtor.

6. Divulgar a extensão de iStar Este subprocesso tem se concentra na divulgação de novas extensões de iStar. Esta divulgação envolve a submissão destas no catálogo de extensões de iStar, bem como a extensão ser endossada por especialistas. Além disto, submissões de artigos para conferências e periódicos devem ser realizadas.

Como principal artefato gerado pelo PRISE, podemos destacar a especificação

da extensão, a qual é utilizada para agrupar os resultados da criação da extensão de modo incremental.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Gonçalves *et al.* (2019) apoiou a criação de novas extensões da linguagem de modelagem iStar. O trabalho foi executado em quatro fases. Na fase de obtenção de informações foi conduzida uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) para identificar extensões existentes de iStar e um catálogo contendo extensões e construtores de iStar foi criado. A fase de pesquisa com especialistas envolveu um estudo com os autores de extensões da iStar para entender como as extensões de iStar tinham sido desenvolvidas e o que poderia ser feito para melhorar a criação das próximas extensões da linguagem. Um conjunto de diretrizes foi definido com base no ponto de vista dos especialistas. Na fase proposicional foi proposto um processo de suporte às extensões da iStar, denominado PRISE. Além disso, foi criada uma ferramenta para apoiar a criação de extensões baseadas no PRISE. Por fim, a fase de validação e avaliação envolveu a aplicação do PRISE na criação de uma nova extensão e um estudo baseado em entrevistas para avaliar o PRISE pelos extensores experientes em extensões de iStar. Além disso, foi conduzido um estudo de caso com um extensor iniciante para avaliar a eficácia do PRISE na criação de uma extensão.

A pesquisa feita por Gonçalves *et al.* (2019) se assemelha a esta, uma vez que apoia a criação de extensões de uma linguagem de modelagem orientada à objetivos. Os passos metodológicos e resultados do trabalho de Gonçalves foram considerados como ponto de partida para a realização desta dissertação. Vale destacar que a pesquisa de Gonçalves é voltada à linguagem iStar, enquanto que esta pesquisa é voltada à linguagem KAOS.

Os trabalhos de Sousa (2019) e Carvalho Júnior (2022) tem relação com os resultados desta dissertação. O trabalho desenvolvido por Sousa (2019) foi atualizado por um dos passos desta dissertação e o trabalho de Carvalho Júnior (2022) é utilizado pelo processo proposto para apoiar as extensões da KAOS.

Sousa (2019) realizou uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) com o objetivo de identificar e analisar as extensões da linguagem de modelagem KAOS, bem como entender o contexto em que essas extensões foram desenvolvidas. A pesquisa abrangeu o período de 1990, década de criação da KAOS, até o ano de 2019, ano em que a pesquisa foi conduzida. Durante a execução da RSL, Sousa (2019) analisou 22 publicações relevantes, respondendo a um conjunto de questões de pesquisa sobre as extensões da KAOS. Os resultados foram positivos em termos de identificação das extensões existentes. No entanto, a pesquisa indicou a necessidade de ajustar a string de busca para ampliar o número de artigos encontrados e estender o período

de análise após 2019, a fim de obter uma visão mais completa e atualizada sobre as extensões da KAOS. Os resultados da pesquisa de Sousa foram ponto de partida para um dos resultados desta dissertação, uma vez que atualizamos os resultados desta RSL e demos continuidade com a proposta de novos resultados para apoiar a criação de extensões da KAOS.

Carvalho Júnior *et al.* (2022) propôs um catálogo das extensões da KAOS e seus construtores. O catálogo permite consulta às extensões e a seus construtores. No entanto, o resultado do trabalho de Carvalho Júnior (2022) por si só não é suficiente para apoiar a criação de extensões da KAOS. Assim, o catálogo proposto por Carvalho Júnior (2022) foi utilizado como base para um dos passos do processo proposto por esta dissertação.

A análise de como o apoio a criação de extensões foi proposto por outras linguagens também faz parte dos trabalhos relacionados à esta dissertação. Portanto, apresentamos abordagens que tratam de extensão no contexto da modelagem de processos de negócio e da Unified Modelling Language (UML).

Braun (2016) tratou a extensibilidade de linguagens de modelagem de negócios, em especial Business Process Model and Notation (BPMN). O estudo de Braun envolveu uma RSL para identificar as extensões de BPMN, além de um conjunto de análises sobre estas extensões. Adicionalmente, um método foi proposto para apoiar a criação de extensões de linguagens de modelagem de negócios. O trabalho de Braun se assemelha a esta dissertação uma vez que o mesmo executou uma RSL para identificar extensões de uma linguagem de modelagem e o mesmo propôs uma maneira de sistematizar a criações desta linguagem. No entanto, esta dissertação se diferencia do trabalho de Braun na linguagem alvo do trabalho, Braun teve como foco BPMN e esta dissertação envolveu KAOS. Além disto, a forma de sistematizar a criação de extensões para cada uma das linguagens seguiu níveis diferentes, uma vez que Braun propôs um método (que tende a ser mais abstrato) e esta dissertação apresentou um processo, com passos e artefatos bem detalhados.

Fowler (1980) descreve como a UML (Unified Modeling Language) apresenta mecanismos de extensão, possibilitando assim sua adequação às necessidades específicas de projetistas, como a adequação a um novo domínio. Os mecanismos de extensão de UML são perfís (profiles), valores marcados (tagged-values), estereótipos (stereotypes) e restrições (constraints). Para melhor entendimento, seguem definições destes termos.

Segundo Booch *et al.* (2005), um perfil é classificado como um conjunto de estereótipos, valores marcados e restrições que definem extensões da linguagem UML. Essas extensões

são projetadas para adaptar a linguagem a domínios específicos que podem ser diferentes dos propósitos originais da UML. Assim, os perfis permitem que a linguagem seja ajustada com a terminologia e os conceitos necessários para o novo domínio.

Como descrito pela OMG Group (2011), valores marcados podem ser consideradas pares de chave-valor que estão diretamente associados aos estereótipos. Eles fornecem descrições adicionais e permitem detalhar propriedades específicas dos estereótipos, facilitando a inclusão de informações extras e personalizadas nos modelos UML. Estereótipos são descritos pela Group (2011) como adornos textuais que são associados a construtores da linguagem para permitir a modelagem de conceitos específicos que não são diretamente suportados pela UML padrão. Já as restrições, são regras que devem ser seguidas pelos elementos estereotipados para garantir que o modelo de extensão esteja em conformidade com as regras de boa formação específicas do domínio Group (2011).

O quadro 1 apresenta uma classificação dos trabalhos relacionados apresentados neste seção. Os critérios utilizados foram: Identifica extensões, Apoia a criação de extensões, Cria nova extensão, Tem avaliação da proposta e Envolve KAOS.

Quadro 1 – Trabalhos relacionados

Trabalho	Identifica Extensões	Apoia a Criação de Extensões	Cria nova Extensão	Tem avaliação da proposta	Envolve KAOS
Goncalves <i>et al.</i> (2020)	✓	✓	✓	✓	
Sousa (2019)	✓				✓
Carvalho Júnior (2022)	✓				✓
Braun (2016)	✓	✓	✓	✓	
Group (2011)		✓			
Este trabalho	✓	✓	✓	✓	✓

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

4 ATUALIZAÇÃO DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA DAS EXTENSÕES DA KAOS

De acordo com Kitchenham e Charters (2007), uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) busca identificar, avaliar e interpretar os resultados de pesquisas relacionadas a um problema, área temática ou fenômeno, reunindo evidências para fundamentar conclusões.

Nesta seção, apresentamos os resultados obtidos com a atualização da RSL de extensões da KAOS inicialmente realizada por Sousa (2019), que analisou 22 extensões da KAOS. A atualização da RSL foi realizada seguindo o protocolo da versão inicial, com ajustes necessários.

A RSL das extensões da KAOS Sousa (2019) considerou o período até 2019 em sua busca. Uma nova busca foi realizada, considerando o intervalo de tempo até 2024 e atualizando a string de busca (a atualização da string de busca será apresentada mais a frente nesta seção) de modo a ampliar a abrangência dos artigos encontrados. Com estes ajustes, conseguimos ampliar as extensões da KAOS para um total de 50, o que representa um aumento de aproximadamente 130% no número de artigos analisados inicialmente. Vale destacar que encontramos extensões não identificadas antes, fato que se deve às modificações nas strings de busca e no período considerado.

As bases de dados selecionadas permaneceram as mesmas do trabalho anterior. As questões de pesquisa foram mantidas, e apenas as respostas foram atualizadas com base no maior número de extensões identificadas.

Na próxima seção, será apresentado o protocolo utilizado na atualização da RSL das extensões da KAOS, inicialmente realizado no trabalho de Sousa (2019) e ajustado com o objetivo de melhorar a captação de trabalhos.

4.1 Protocolo da RSL

A Figura 7 ilustra os passos seguidos durante a atualização da pesquisa. A representação visual detalha cada etapa do processo, desde a identificação da necessidade de uma atualização, ampliação do intervalo de tempo para as buscas e adaptação da string de busca. Essa figura fornece uma visão clara dos procedimentos adotados para atualizar a Revisão Sistemática da Literatura (RSL), destacando as mudanças implementadas e a metodologia aplicada para alcançar os resultados mais recentes.

- **Identificação da necessidade de uma atualização:** A RSL de Sousa (2019) foi finalizada

Figura 7 – Passos da atualização da RSL



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

em 2019, e este trabalho, iniciado em 2021, desta forma já identificamos a necessidade de atualizar a mesma, visto a necessidade de conseguir identificar o máximo possível de extensões da KAOS, buscando possíveis trabalhos que tenham sido publicados no intervalo entre a finalização da RSL inicial, com os anos de execução deste.

- **Adaptação do protocolo utilizado anteriormente:** Buscamos manter o protocolo de execução da atualização da RSL o mais próximo possível do descrito por Sousa (2019), a fim de garantir que não nos desviássemos dos resultados obtidos inicialmente. Para isso, ajustamos a string de busca com algumas melhorias que resultaram em uma captura mais eficaz, permitindo identificar trabalhos que não haviam sido encontrados na primeira versão.
- **Execução das buscas nas bibliotecas de pesquisas:** Foi realizado a busca em cada uma das mesmas bibliotecas utilizada por Sousa (2019), utilizando da string que foi adaptada. Analisando os trabalhos com a leitura do seu título e do seu abstract, observando se ele poderia vir a contribuir com o objetivo principal dessa atualização;
- **Extração de dados:** Após a seleção das novas publicações, cada uma foi lida na íntegra, permitindo a coleta completa das informações e detalhes que contribuíram para as análises apresentadas mais adiante neste trabalho;
- **Análise dos dados extraídos:** Os dados extraídos dos trabalhos selecionados, foram agrupados aos dos trabalhos identificados na revisão anterior Sousa (2019), de modo a gerar um conjunto de dados unificado a ser analisado. As análises foram realizadas com

base neste conjunto agrupado de dados e de acordo com questões de pesquisa pré-definidas;

- **Apresentação dos resultados obtidos:** Como fase final desta atualização da RSL, apresentamos todos os dados analisados, o que nos permite responder às questões de pesquisa iniciais e gerar uma discussão sobre as extensões da KAOS atualmente disponíveis.

4.1.1 *Questões de pesquisa*

KAOS é uma linguagem de modelagem amplamente reconhecida dentro da comunidade de Engenharia de Requisitos Orientada a Objetivos (Goal-Oriented Requirements Engineering - GORE). A linguagem de modelagem KAOS tem diversas extensões propostas, e este trabalho visa responder à questão principal de pesquisa: **Quais são as extensões da KAOS e como elas têm sido propostas?**

A questão principal de pesquisa tem o intuito de identificar as diversas extensões da KAOS e analisá-las do ponto de vista de critérios previamente definidos. Os resultados obtidos podem ajudar pesquisadores na criação de novas extensões da KAOS, uma vez que facilitam a identificação de extensões existentes e seus construtores.

Na apresentação geral dos resultados, a questão principal será abordada e respondida através das seguintes questões de pesquisa, que foram formuladas para aprofundar a análise. No Quadro 2 temos a organização das questões de pesquisa da RSL. Estas questões de pesquisa foram definidas em Sousa (2019). Consideramos que essas questões são pertinentes e devem ser mantidas sem alterações durante a atualização da RSL.

Quadro 2 – Questões de Pesquisa

ID	Questões de Pesquisa
QP1	Quais são as áreas de aplicação das extensões da KAOS?
QP2	Quais extensões da KAOS são derivadas de outras extensões?
QP3	As extensões da KAOS apresentam a definição dos construtores envolvidos?
QP4	Quais os níveis de sintaxe as extensões abordam (abstrata, concreta ou ambas)?
QP5	Como foi proposta a extensão da sintaxe abstrata (conservativa ou não conservativa)?
QP6	Como foi proposta a sintaxe concreta das extensões?
QP7	Existem mecanismos de extensão definidos para a KAOS?

Fonte: Sousa (2019)

4.1.2 Fontes e strings de busca

Seguindo os critérios PICOC (População, Intervenção, Comparação, Resultado, Contexto) sugeridos por Kitchenham e Charters (2007), a abordagem para a Revisão Sistemática da Literatura (RSL) foi a seguinte:

- **População:** Publicações revisadas por pares que relatam extensões da KAOS.
- **Intervenção:** O objetivo foi coletar evidências empíricas sobre como as extensões propostas da KAOS foram desenvolvidas.
- **Comparação:** Não se aplica, uma vez que a RSL não envolveu comparações diretas entre diferentes intervenções.
- **Resultados:** Foram analisadas as seguintes dimensões:
 - Áreas de aplicação das extensões;
 - Extensões que servem de base para propostas de outras extensões;
 - Definição dos conceitos das extensões;
 - Nível de sintaxe abordado (abstrata, concreta ou ambas);
 - Forma como foi proposta a sintaxe abstrata (conservativa ou não conservativa);
 - Forma como foi proposta a sintaxe concreta;
 - Mecanismos de extensão definidos para a KAOS.
- **Contexto:** Qualquer contexto em que as extensões da KAOS são propostas.

Para a execução da atualização da RSL, foi realizada uma busca automática em bases de dados eletrônicas. As bases de dados selecionadas foram escolhidas por incluir periódicos e conferências de qualidade na área de engenharia de software, e atenderam aos seguintes critérios de seleção:

1. Todas as bases de dados devem estar disponíveis para acesso integral pela Internet na Universidade Federal do Ceará;
2. Devem oferecer operadores de busca "AND" e "OR";
3. Devem ser relevantes para a ciência da computação;
4. Devem permitir a exportação de dados em formato BibTex ou CSV.

Seis bases de dados foram consideradas na busca de artigos. A lista dessas bases de dados e o número de artigos identificados em cada uma estão detalhados no Quadro 3.

O período de busca para a atualização da RSL abrange desde 1990, década de criação da KAOS Lamsweerde (1993), até 2024, o ano em que este trabalho está sendo finalizado. A busca foi realizada utilizando a seguinte combinação de termos: **(T1 AND (T2 AND T3) AND**

Quadro 3 – Bibliotecas de busca

Biblioteca	Site
ACM	< https://dl.acm.org/ >
El Compendex	< https://www.engineeringvillage.com/ >
IEEE Xplore	< https://ieeexplore.ieee.org/ >
ScienceDirect	< https://www.sciencedirect.com/ >
SCOPUS	< https://www.scopus.com/ >
Springer	< http://link.springer.com/ >

Fonte: Sousa (2019)

(**T4 OR T5**)). Nela temos:

- **T1:** Inclui termos relacionados à KAOS, tanto em sua forma abreviada quanto em sua expansão "Knowledge Acquisition in Automated Specification";
- **T2 e T3:** Referem-se a termos relacionados à intervenção, como "requisitos", "modelagem", "modelagem de metas" e "orientação a metas";
- **T4 e T5:** Estão associados a termos referentes a extensões ou perfis.

O Quadro 4 organiza os termos de busca utilizados na pesquisa. As strings de busca e as etapas detalhadas podem ser acessadas em (<https://bit.ly/3yqa3G1>).

Quadro 4 – Termos de Classificação e Relacionados

Termo de Classificação	Termos Relacionados
Termos de população	T1: "Kaos"OR "Knowledge Acquisition in Automated Specification"
Termos de intervenção	T2: "Requirements" T3: "Goal modelling"OR "Goal-oriented"OR "Goal model" T4: "Extension"OR "Extend"OR "Extended"OR "Extensibility" T5: "Pattern"OR "Profile"OR "Approach"OR "Process"OR "method"

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

As alterações realizadas nas strings de busca aplicadas no trabalho de Sousa (2019) foram as seguintes: i) acréscimo do termo "goal model" no T3; ii) alteração nos termos em T5 de "patterns" para "pattern" e em T4 de "extends" para "extend"; e iii) adição do termo T5 "OR method", complementando a string. Isto permitiu que mais as buscas retornassem mais resultados e que mais extensões fossem identificadas.

4.1.3 Critérios de inclusão, exclusão e de análise da qualidade

A lista de critérios para a seleção de estudos para responder às questões de pesquisa foi definida da seguinte forma:

Critérios de Inclusão:

1. Artigos escritos em inglês;
2. Publicações de 1990 a 2024;
3. Estudos primários, ou seja, pesquisas originais e não revisões ou análises secundárias;
4. Artigos que estendem a KAOS, ou seja, que introduzem novos conceitos com impacto em um ou mais níveis da linguagem;
5. Artigos relacionados a mecanismos de extensão, padrões e mecanismos de extensão.

Critérios de Exclusão:

1. Estudos secundários (como Revisões Sistemáticas da Literatura ou Mapeamentos Sistemáticos) não foram selecionados;
2. Estudos que não definem extensões, mecanismos de extensibilidade ou processos de extensão para a KAOS. Exemplos de exclusão incluem trabalhos que apenas aplicam a KAOS sem modificações em sua sintaxe ou que apresentam apenas estudos de caso da KAOS sem extensão;
3. Artigos duplicados foram excluídos;

Os critérios de análise da Qualidade (CAQ) utilizados para avaliar a relevância e a qualidade dos artigos selecionados estão detalhados no Quadro 5.

Quadro 5 – Critérios de análise da qualidade

ID	Critério	Possíveis Respostas
CAQ1	É um trabalho de pesquisa ou um relatório? (Dybå and Dingsøy, 2008)	SC, NS
CAQ2	Existe motivação para realizar o estudo? (Dybå and Dingsøy, 2008)	SC, NS, SP
CAQ3	Os objetivos da pesquisa estão bem definidos? (Dybå and Dingsøy, 2008)	SC, NS, SP
CAQ4	A extensão está bem definida? (Goncalves et al., 2018)	SC, NS, SP
CAQ5	O contexto está descrito? (Dybå and Dingsøy, 2008)	SC, NS, SP
CAQ6	O estudo foi testado empiricamente? (Dermeval et al., 2016)	SC, NS
CAQ7	Os resultados foram discutidos? (Dermeval et al., 2016)	SC, NS, SP
CAQ8	As limitações foram discutidas? (Ding et al., 2014)	SC, NS, SP

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Como possíveis respostas dos critérios de avaliação de qualidade listados acima, temos as seguintes possibilidades:

- **SC (Satisfaz Completamente):** É utilizado quando o critério analisado está claramente apresentado;
- **NS (Não Satisfaz):** É utilizado quando o critério analisado não está apresentado;
- **SP (Satisfaz Parcialmente):** É utilizado quando o critério analisado não está totalmente apresentado.

4.1.4 Extração e síntese de dados

Após a seleção e análise de qualidade, a extração de dados foi realizada nos artigos selecionados, seguindo as diretrizes de Kitchenham e Charters (2007). Nesta fase, os dados foram extraídos de cada um dos 50 estudos selecionados nesta RSL conforme um formulário de extração pré-definido.

O formulário de extração utilizado para coletar as informações dos estudos está apresentado no Quadro 6. Este formulário foi projetado para garantir a consistência e a abrangência na coleta de dados relevantes, de modo a responder às questões de pesquisa estabelecidas e fornecer uma análise detalhada das extensões da KAOS.

O formulário de extração de dados possibilitou o registro detalhado das informações dos artigos analisados, especificando a abordagem de cada um em relação às questões de pesquisa. Os dados extraídos dos trabalhos encontrados na atualização da RSL foram organizados e registrados em planilhas.

O objetivo da síntese de dados foi compilar evidências dos estudos selecionados. Foi feita uma síntese quantitativa para grande parte dos critérios de extração e, quando necessário, foi utilizada a síntese narrativa. Essa abordagem envolveu a organização dos dados de forma a responder às questões de pesquisa de maneira coesa e estruturada.

Assim resultados, foram apresentados por meio de gráfico de linhas, gráficos de barras, gráficos de pizza, tabelas e descrições relacionadas. Os gráficos, tabelas e descrições auxiliaram na ilustração das descobertas de maneira clara e diagramada, facilitando a compreensão dos resultados e insights extraídos dos dados.

Quadro 6 – Formulário de Extração

Dados do Estudo	Valores	Questão de Pesquisa
Identificação da publicação	ID de identificação	Visão global
Autores, ano, título, nome da conferência ou jornal	Informações das publicações	Visão global
Tipo de publicação	Livro, capítulo, conferência ou journal	Visão global
Tipo de validação	Ilustração, estudo de caso, experimento, exemplo de uso, sem avaliação	Visão global
Áreas de aplicação	Processos organizacionais/de negócio, Sistemas Adaptativos, Produtos / serviços, Segurança/Privacidade/-Vulnerabilidade, Sistemas Autônomos, Aspectos, Escalabilidade, Riscos, Continuidade de Negócios, Proteção, Serviços WEB, Sistemas de Ambiente	QP1
Extensão derivada	Nome da extensão base, Nome da extensão derivada	QP2
Definição de conceitos	Definição Presente, Definição Não Presente e Definição Parcialmente Presente	QP3
Nível da sintaxe da extensão	Abstrata, concreta ou ambas	QP4
Compleitude do metamodelo	Completo, Ausência de Nós, Ausência de Links, Ausência de Nós e Links	QP5
Tipo de construtor	Nó ou link	QP6
Definição de ferramenta	Definido ou não definido	QP6
Mecanismos de extensibilidade foram definidos na KAOS?	Sim ou não	QP7

Fonte: Adaptada de Sousa (2019)

4.1.5 Execução

A string de busca foi ajustada para cada biblioteca de dados durante a busca. Essas strings foram usadas para testar se um conjunto de extensões KAOS conhecidas anteriormente foi retornado. Os trabalhos utilizados para verificar os resultados da pesquisa foram Semmak *et al.* (2009), Moreira *et al.* (2016) e Lamddi (2017). O Quadro 7 apresenta o número de artigos identificados por biblioteca de dados.

Os resultados da busca foram exportados para uma planilha do Excel com as infor-

Quadro 7 – Quantidade de Publicações por Biblioteca

Biblioteca de Pesquisa	Quantidade de Artigos - RSL Inicial Sousa (2019)	Quantidade de Artigos - RSL Atualização
IEEE Xplore	52	61
Science Direct	39	170
Scopus	89	122
Springer	670	574
ACM	16	304
Engineering Village	89	114
Total	955	1345

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

mações importantes de cada trabalho, e o PDF do arquivo foi salvo utilizando como nome o ID de organização atribuído a cada trabalho.

Seleção dos Artigos A seleção dos artigos foi realizada em duas etapas:

- 1. Seleção (1):** Leitura dos títulos, resumos e palavras-chave.
- 2. Seleção (2):** Leitura completa dos documentos completos.

Os artigos foram inicialmente verificados e selecionados pelo autor dessa atualização da RSL. Em casos de dúvidas, o orientador deste trabalho foi consultado.

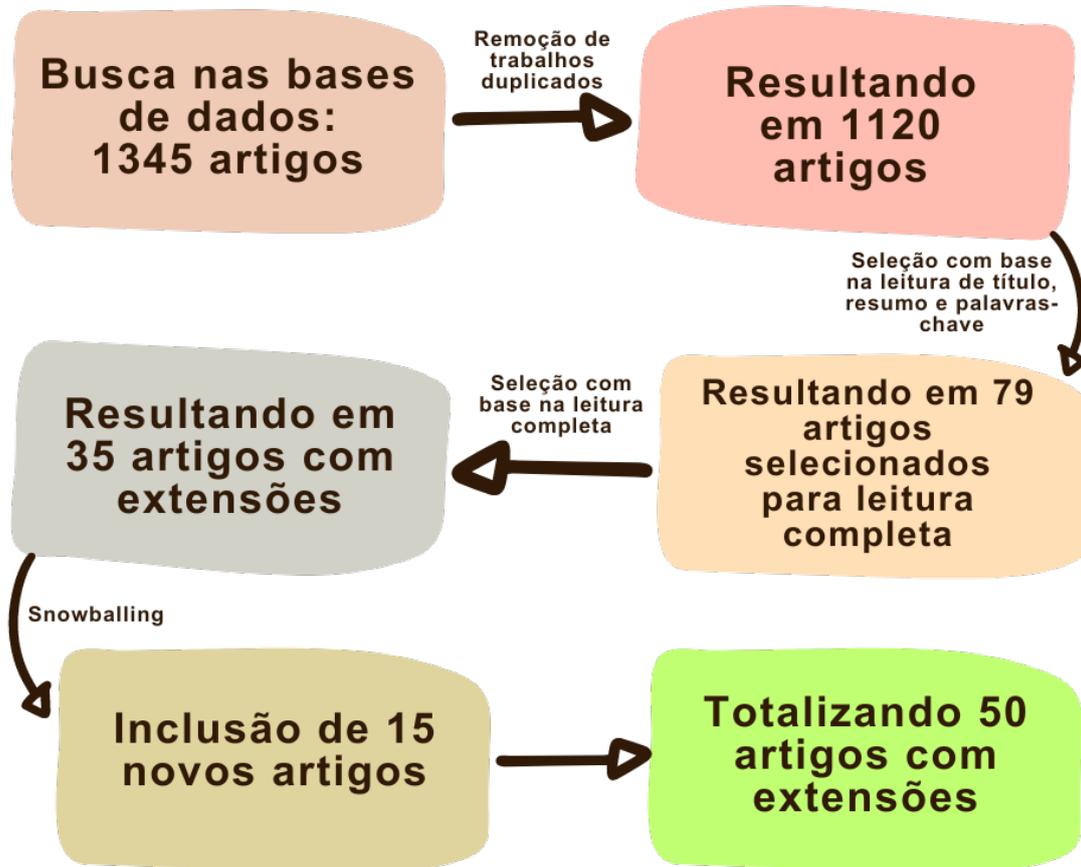
A Figura 8 ilustra a quantidade de artigos selecionados em cada etapa do processo de seleção.

Inicialmente, identificamos um total de 1345 artigos por meio da busca nas bibliotecas de dados. Destes, 225 artigos foram removidos devido à duplicação. A partir dos 1120 artigos restantes, selecionamos 79 com base na leitura de título, resumo e palavras-chave.

Em seguida, 35 artigos foram selecionados durante a leitura completa, sendo que 22 destes também haviam sido identificados em Sousa (2019) e tivemos 13 novos. Além disso, realizamos snowballing, considerando as referências dos artigos selecionados (backward snowballing) e artigos que citam os artigos selecionados (forward snowballing). De maneira complementar, fizemos uma consulta aos autores dos artigos selecionados, solicitando indicação de extensões ainda não tinham sido neste estudo.

Com isso, concluímos a fase de seleção com 50 artigos selecionados para extração. Esses artigos abrangem tanto os resultados do trabalho inicial de Sousa (2019) quanto os resultados da atualização realizada. Os resultados gerais são apresentados e discutidos nas seções seguintes.

Figura 8 – Artigos selecionados em cada etapa da RSL.



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

4.2 Resultados da RSL de extensões da KAOS

A lista de extensões da KAOS identificadas por esta RSL está detalhada no Apêndice A. As extensões foram numeradas para facilitar a referência e a classificação e são utilizadas nas tabelas desta seção.

Os resultados da avaliação da qualidade dos artigos selecionados estão apresentados no Quadro 8. Os trabalhos foram agrupados com base nas pontuações obtidas nos Critérios de Avaliação de Qualidade (CAQ). A pontuação total do CAQ é calculada pela soma dos valores numéricos atribuídos às respostas de cada critério.

Para uma análise detalhada, todas as perguntas feitas durante a avaliação de qualidade, juntamente com as possíveis respostas e a classificação atribuída a cada resposta, estão organizadas. Os dados completos e detalhados sobre os critérios de qualidade e a pontuação atribuída a cada artigo estão disponíveis em <https://bit.ly/3OMw7QA>.

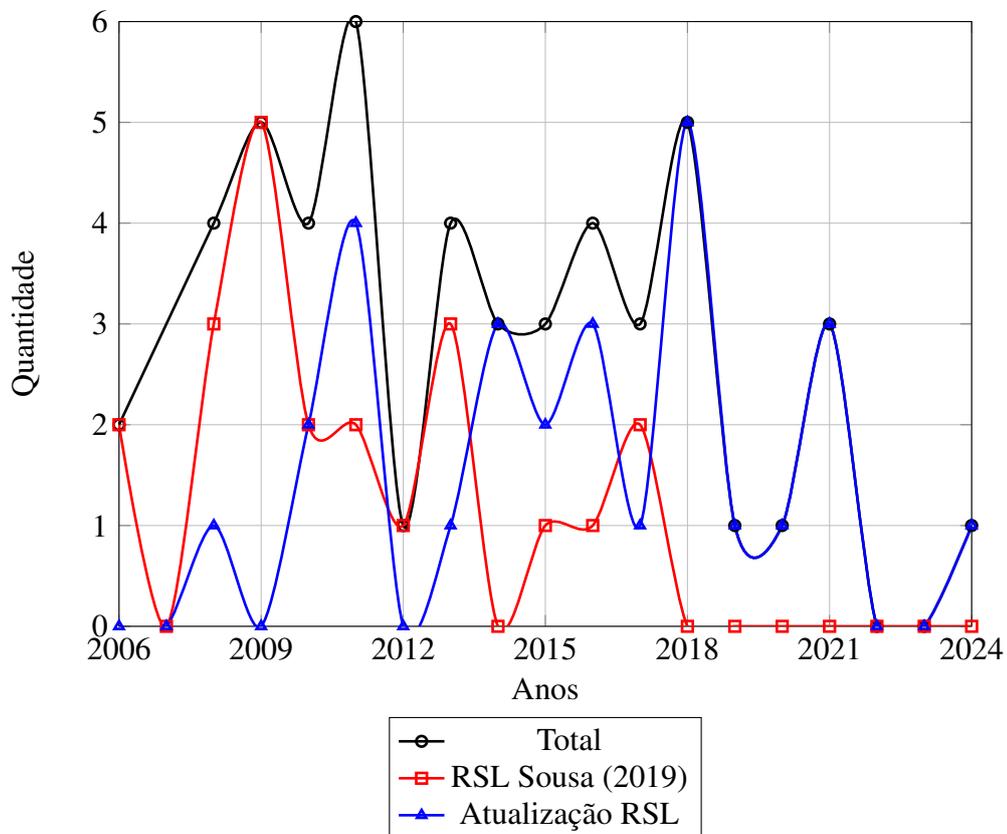
A Figura 9 ilustra a distribuição do número de trabalhos por ano, destacando a variação na quantidade de publicações ao longo do tempo.

Quadro 8 – Resultado da Análise de Qualidade

Nota Total	Percentual de Qualidade	Número de Artigos	Lista de Publicações
8	100%	7	11, 27, 29, 30, 31, 41, 48
7.5	93.75%	12	1, 4, 9, 16, 34, 35, 39, 44, 47, 47, 49, 50
7	87.5%	7	3, 7, 22, 26, 38, 40, 43, 45
6.5	81.25%	8	5, 8, 12, 21, 25, 28, 37, 42
6	75%	7	6, 17, 19, 20, 23, 32, 36
5.5	68.75%	5	2, 10, 13, 14, 24
5	62.5%	4	7, 15, 18, 33

Fonte: Elaborada pelo autor (2024)

Figura 9 – Gráfico da representação da quantidade de artigos por ano.

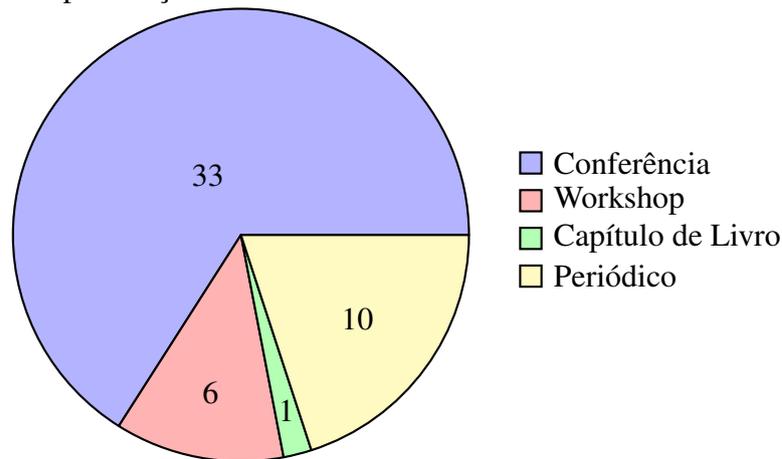


Fonte: Elaborada pelo autor.

Na Figura 9, a evolução da quantidade de extensões encontradas por ano é apresentada para a RSL inicial Sousa (2019) (representada em vermelho), para atualização executada (representada em azul) e também uma representação do total de trabalhos somando as duas execuções (em preto). Podemos observar que as primeiras extensões foram identificadas no ano de 2006. O ano de 2011 teve o maior número de extensões KAOS identificadas, com um total de 6 extensões.

Além disso, foi realizada uma análise dos autores com maior número de artigos selecionados. O Quadro 9 apresenta os principais autores, destacando aqueles que contribuíram

Figura 10 – Tipo de publicação



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

com pelo menos 3 extensões KAOS.

Quadro 9 – Ranking dos Autores

Autor	Número de Artigos
Régine Laleau	6
Christophe Gnaho	5
Farida Semmak	4
Liliana Pasquale	4
Christophe Ponsard	4
Betty H.C. Cheng	3
Luciano Baresi	3

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

A Figura 10 mostra a distribuição dos artigos selecionados por tipo de publicação. Os artigos foram classificados nas seguintes categorias: conferência, workshop, capítulo de livro e periódico.

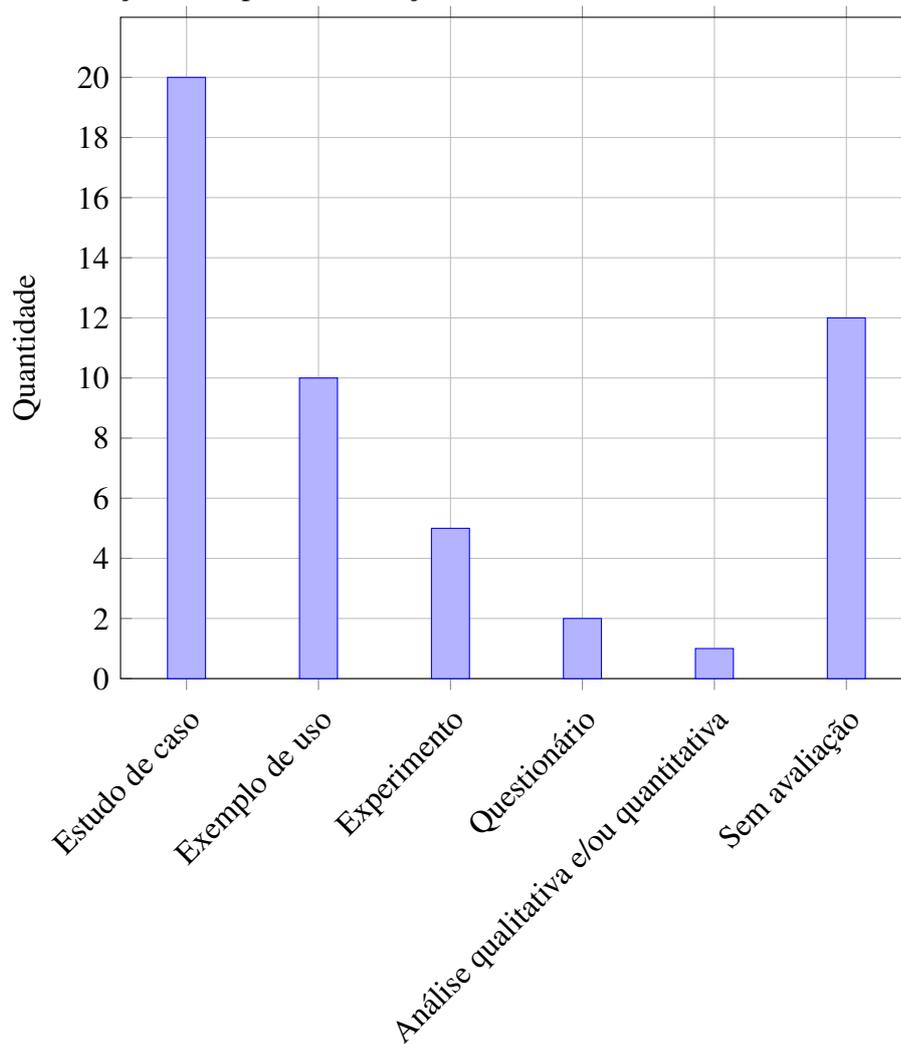
A análise revelou que a maioria dos trabalhos selecionados (33 de 50, ou seja, 66%) foi publicado em conferências. Isso indica uma forte presença de discussões sobre extensões KAOS em eventos acadêmicos voltados para a troca de conhecimento e inovação na área.

Na Figura 11, apresentamos a análise dos métodos de validação utilizados em cada extensão da KAOS. Os métodos de validação foram categorizados conforme descrito nos artigos e incluem: Estudo de Caso, Exemplo de Uso, Experimento, Questionário e Entrevista.

Dos 50 trabalhos examinados:

- Estudo de Caso foi o método mais comum, utilizado em vinte (20) dos 50 trabalhos.
- Exemplo de Uso foi a segunda abordagem mais frequente, empregada em dez (10) dos 50 trabalhos;

Figura 11 – Distribuição dos tipos de avaliações



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

- Experimento foi encontrado em quatro (5) dos 50 trabalhos;
- Questionário foi utilizado em dois (2) dos 50 trabalhos;
- Identificamos um (1) trabalho que empregou análise qualitativa/quantitativa.
- Os trabalhos que não apresentaram nenhum tipo de validação foram classificados como sem avaliação, totalizando doze (12) dos 50 trabalhos.

Nas próximas seções, serão apresentadas as respostas às questões de pesquisa utilizadas neste estudo.

4.2.1 QP1: Quais são as áreas de aplicação das extensões da KAOS?

Esta questão de pesquisa visa classificar e agrupar as extensões KAOS por área de aplicação. Esta análise oferece informações para auxiliar na identificação de tendências e lacunas

das áreas de aplicação alvo das extensões da KAOS.

Os 50 estudos analisados foram classificados em 12 diferentes áreas de aplicação. Utilizamos as áreas de aplicação apresentadas por Gonçalves *et al.* (2018) e extraímos novas áreas de acordo com as descrições fornecidas pelos trabalhos selecionados. Visando possibilitar uma melhor visualização sobre as áreas abordadas nas extensões analisadas, estruturamos a organização de acordo com requisitos funcionais e requisitos não funcionais, que tem sua organização exposta na Tabela 1.

Tabela 1 – Organização das Extensões KAOS em RF ou RNF

Área de Aplicação	Número de Artigos	Lista dos Artigos
Requisitos Funcionais	23	1, 2, 3, 8, 10, 13, 15, 16, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 32, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 44, 46, 47, 50
Requisitos Não Funcionais	27	4, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 28, 32, 39, 42, 43, 45, 48, 49

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Tivemos uma distribuição com vinte e três (23) extensões direcionadas a representação de requisitos funcionais, e vinte e sete (27) envolvendo a aplicação em requisitos não funcionais, a seguir temos descritas as áreas de aplicação dentre os requisitos.

Processos organizacionais/de negócio é a área com o maior número de extensões da KAOS, totalizando doze (12) das cinquenta (50) extensões analisadas. Sistemas Adaptativos e Segurança/Privacidade/Vulnerabilidade são outras áreas significativas, com nove (9) e sete (7) extensões, respectivamente.

Áreas como Sistemas autônômicos e aspectos também receberam uma atenção considerável, com cinco (5) extensões de cada entre o total de cinquenta (50) que foram analisadas. E setores como Escalabilidade e Riscos, tiveram quatro (4) e três (3) extensões respectivamente na classificação total dos trabalhos analisados.

Outras áreas, como Continuidade de Negócios, Proteção, Produtos/Serviços, Serviços WEB e Sistemas ambientais, contabilizaram uma (1) extensão de representatividade para cada domínio dentro do total de trabalhos verificados.

4.2.2 QP2 - Quais extensões da KAOS são derivadas de outras extensões?

Esta questão de pesquisa tem o objetivo de determinar quais as extensões da KAOS são derivadas de outras extensões anteriores. Para isso, incluímos um campo específico no formulário de extração para registrar o nome da extensão base, quando aplicável.

Identificamos duas (2) extensões KAOS que são baseadas em extensões anteriores: A Extensão de Ponsard e Touzani (2017), que se baseia na extensão proposta por Díaz *et al.* (2006). A extensão proposta por Ponsard e Touzani (2017) é uma contribuição que pode ser considerada como sendo uma continuação da extensão proposta por Díaz *et al.* (2006) ao mesmo domínio de aplicação da inicial, demonstrando a evolução e o aprimoramento das ideias originais em novas direções ou aplicações.

Além disto, a extensão de Ahmad *et al.* (2012) é baseada na extensão proposta por Cheng *et al.* (2009), indicando que suas propostas também se fundamentaram nos construtores e diretrizes estabelecidas anteriormente.

A Tabela 2 apresenta a distribuição dos artigos por extensão base:

Tabela 2 – Distribuição dos Artigos por Extensão Base

Extensão Base	Lista de Artigos
Sim	2, 21
Não	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Essas informações destacam como as extensões KAOS podem ser incrementais, sendo desenvolvidas a partir de trabalhos anteriores, e como o conhecimento na área é acumulado e aprimorado ao longo do tempo. Identificar essas extensões que se baseiam em outras é fundamental para entender a evolução da linguagem KAOS e as influências mútuas entre as extensões propostas.

4.2.3 QP3 – As extensões da KAOS apresentam a definição dos construtores envolvidos?

Esta questão de pesquisa tem como objetivo determinar se as extensões KAOS oferecem definições do significado dos novos conceitos introduzidos por seus construtores. A categorização das extensões foi realizada com base na presença ou ausência dessas definições.

Utilizamos três categorias para classificar as extensões: **Apresentam Definição:** Extensões que fornecem uma definição clara e completa para todos os conceitos novos que introduzem; **Apresentam Definição Parcialmente:** Extensões que fornecem definições para pelo menos um dos novos conceitos introduzidos, mas não para todos; e **Não Apresentam Definição:** Extensões que não fornecem definições para nenhum dos conceitos novos que introduzem.

A Tabela 3 apresenta a distribuição das extensões KAOS com base na definição dos conceitos introduzidos:

Tabela 3 – Distribuição das Publicações por Definição de Conceitos

Definição dos Conceitos	Lista de Artigos
Apresentam definição	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 31, 39, 40, 44, 47, 48, 49, 50
Apresentam definição parcialmente	5, 9, 10, 11, 15, 20, 23, 25, 26, 27, 30, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 41, 42, 43, 45, 46
Não apresentam definição	24, 28, 29, 32

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quase metade dos artigos analisados (24/50 - 48%) oferecem definições completas para todos os conceitos que introduzem. Isso é fundamental para assegurar que as extensões sejam compreendidas e aplicadas de maneira correta, promovendo uma comunicação clara e estabelecendo uma base sólida para a implementação dos conceitos.

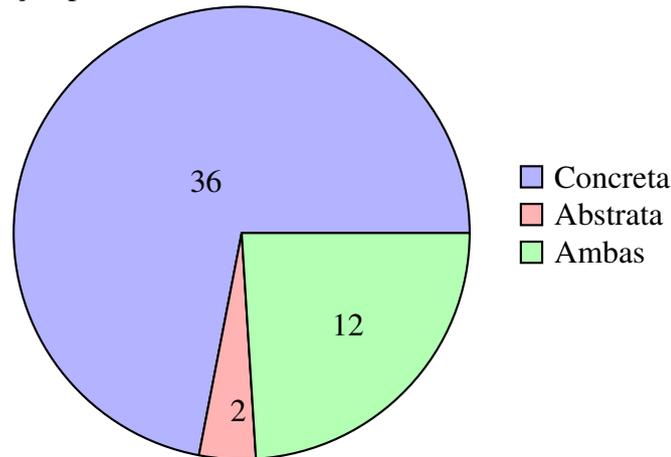
Uma porcentagem significativa de artigos (22/50 - 44%) fornece definições para alguns, mas não para todos os conceitos. Isso pode indicar uma falta de clareza em certas partes da extensão.

Um número reduzido de extensões (4/50 - 8%) não oferece definições para os conceitos introduzidos. Isso pode limitar a utilidade e a aplicabilidade da extensão, uma vez que outros pesquisadores e praticantes podem enfrentar dificuldades para compreender e utilizar os novos conceitos propostos.

4.2.4 QP4 – Quais os níveis de sintaxe as extensões abordam (abstrata, concreta ou ambas)?

Esta questão de pesquisa examina os níveis de sintaxe abordados pelas extensões da KAOS. A sintaxe abstrata define a estrutura conceitual da linguagem e suas relações. A sintaxe concreta refere-se à representação prática e visual da linguagem, que pode incluir diagramas, notações ou outros elementos visuais.

Figura 12 – Distribuição pelo nível da sintaxe



Fonte: Elaborada pelo autor. (2024).

A Figura 12 ilustra a distribuição das extensões KAOS em relação ao nível de sintaxe abordado.

A classificação dos trabalhos, organizada por nível de extensão, está representada na Tabela 4.

Tabela 4 – Nível da Extensão

Nível da Extensão	Lista de Artigos
Concreta	2, 4, 6, 7, 8, 12, 13, 16, 19, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49
Abstrata	3, 5
Ambas	1, 9, 10, 11, 14, 15, 17, 18, 20, 21, 22, 50

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

A maioria das extensões (36/50 - 72%) concentrou-se exclusivamente na sintaxe concreta. Isso sugere uma tendência significativa para adaptar e representar visualmente a linguagem, provavelmente devido à necessidade de ajustar as representações visuais da linguagem para novas aplicações ou domínios. A predominância de extensões focadas apenas na sintaxe concreta pode refletir uma maior ênfase na visualização e na aplicabilidade prática da linguagem. Muitas vezes, a sintaxe concreta é diretamente utilizada por desenvolvedores e pesquisadores na prática de modelagem, tornando-a crucial para a implementação efetiva das extensões.

Doze (12/50 - 24%) extensões abrangem tanto a sintaxe abstrata quanto a concreta. Essas extensões são mais completas, já que abordam a definição teórica dos conceitos e sua representação visual, garantindo uma integração mais completa na linguagem. As extensões que abordam tanto a sintaxe abstrata quanto a concreta tendem a fornecer uma solução mais completa,

possibilitando uma integração mais robusta e consistente da nova extensão na linguagem.

Por fim, apenas duas extensões (2/50 - 4%) propostas foram aplicadas exclusivamente na sintaxe abstrata.

Esses resultados destacam a necessidade da definição das extensões envolvendo ambos os níveis de sintaxe.

4.2.5 QP5 – Como foi proposta a extensão da sintaxe abstrata (conservativa ou não conservativa)?

Esta questão de pesquisa visa analisar como as extensões KAOS abordam a sintaxe abstrata. As extensões conservativas mantêm os construtores da sintaxe da linguagem original, adicionando novos conceitos. Já as extensões não conservativas removem construtores da sintaxe original da linguagem e adicionam novos construtores.

A classificação dos artigos analisados está presente na Tabela 5. Para esta análise, focamos em 14 artigos que representaram a sintaxe abstrata das extensões KAOS. Destes, 13 artigos abordaram extensões abstratas conservativas, enquanto 1 extensão focou exclusivamente na sintaxe abstrata não conservativa.

Tabela 5 – Tipo de Extensão

Tipo de Extensão	Lista de Artigos
Conservativa	1, 3, 9, 10, 11, 14, 15, 17, 18, 20, 21, 22, 50
Não Conservativa	5

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

4.2.6 QP6 - Como foi proposta a sintaxe concreta das extensões?

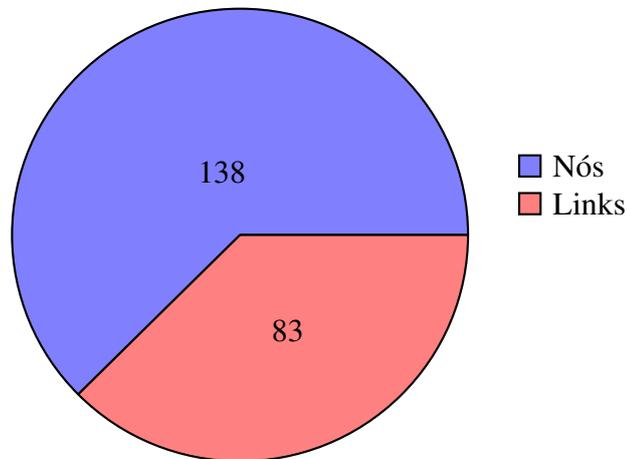
A análise dos construtores introduzidos nas extensões KAOS foi realizada. O foco foi verificar a aplicação dos novos construtores na sintaxe concreta, distinguindo entre aqueles aplicados a nós (ou entidades) e links (ou relacionamentos) nos modelos KAOS.

Foram considerados os artigos que estenderam a KAOS na sintaxe concreta ou em ambas as sintaxes, totalizando 50 artigos analisados. A lista completa dos novos construtores e detalhes adicionais podem ser encontrada em <https://bit.ly/3y3Mdyt>.

A Figura 13 apresenta a distribuição dos construtores por tipo.

Dos 221 novos construtores identificados, 138 foram aplicados a nós. Os construtores

Figura 13 – Distribuição dos Construtores por Tipo



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

podem ser acessados no link <<https://encurtador.com.br/KLxSA>>, onde temos os construtores referentes a cada um dos trabalhos analisados.

83 construtores foram introduzidos para modificar ou ampliar os links. Isso sugere um foco significativo também na representação das relações entre os nós, embora em menor proporção em comparação com os construtores aplicados a nós.

A distribuição dos construtores reflete uma tentativa de balancear o enriquecimento das entidades e a precisão dos relacionamentos. No entanto, a predominância dos construtores aplicados a nós pode apontar para um foco maior em detalhes e atributos das entidades em vez de nos aspectos das interações entre elas.

Ainda no contexto da análise da sintaxe concreta, foi feita uma análise da existência de ferramenta de apoio à modelagem das extensões da KAOS. A investigação se concentrou na verificação se as extensões introduzidas na sintaxe concreta são acompanhadas por ferramentas de suporte, facilitando seu uso.

Dos 50 artigos analisados na RSL, 2 extensões foram aplicadas exclusivamente à sintaxe abstrata e, portanto, não foram consideradas nesta análise. Assim, a avaliação foi realizada para 48 extensões, com o objetivo de determinar se elas são suportadas por ferramentas CASE (Computer-Aided Software Engineering), uma ferramenta que dê suporte para representar os diagramas que compõem a linguagem da KAOS.

Suporte de Ferramenta (35%): 17 dos 50 artigos analisados apresentam suporte para ferramentas CASE. Isso indica que uma parte considerável das extensões propostas está

acompanhada de ferramentas práticas que facilitam a aplicação das novas representações e conceitos introduzidos.

Sem Suporte de Ferramenta (65%): 31 dos 50 artigos não têm suporte para ferramentas CASE. Esta falta de suporte pode limitar a adoção e aplicação prática das extensões, pois os usuários podem encontrar dificuldades para implementar ou integrar essas extensões em sistemas reais sem ferramentas adequadas.

O suporte de ferramentas CASE é crucial para a adoção e uso efetivo das extensões KAOS. Ferramentas apropriadas não apenas facilitam a implementação das extensões, mas também garantem que elas possam ser integradas eficientemente nos processos de engenharia de software. A presença de suporte de ferramenta pode aumentar a viabilidade e a aceitação das extensões propostas.

A alta porcentagem de extensões sem suporte de ferramenta (65%) destaca uma lacuna significativa. Isso sugere que muitas das extensões propostas ainda não têm um suporte adequado que permita sua adoção prática. Para melhorar a aplicabilidade e a disseminação das extensões, é importante que futuros trabalhos considerem o desenvolvimento de ferramentas CASE ou parcerias com desenvolvedores de ferramentas.

Desenvolvedores e pesquisadores devem considerar a criação de suporte de ferramentas como parte integral do processo de extensão. Isso pode incluir a colaboração com desenvolvedores de software para garantir que as novas extensões sejam acompanhadas de ferramentas adequadas para sua implementação e uso.

A Figura 14 apresenta a classificação das extensões suportadas e não suportadas por ferramentas de modelagem.

A Tabela 6 apresenta a distribuição dos artigos por suporte da ferramenta.

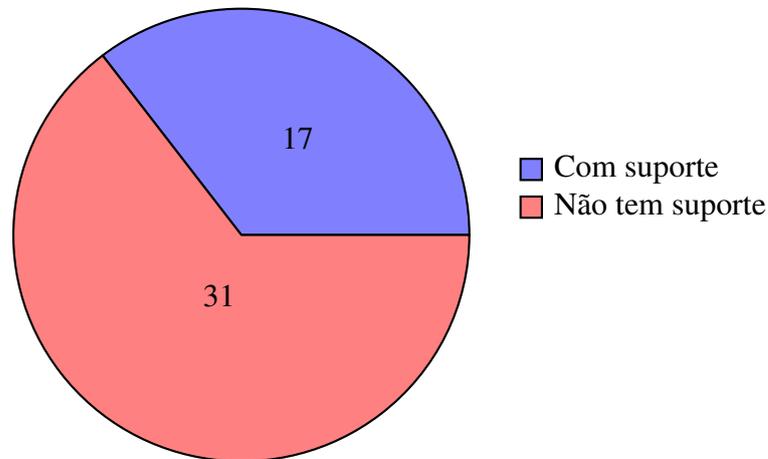
Tabela 6 – Distribuição dos Artigos por Suporte de Ferramenta

Ferramenta CASE	Lista de Artigos
Suporte de ferramenta CASE	2, 9, 15, 18, 19, 21, 23, 25, 29, 30, 33, 34, 37, 39, 41, 42
Sem suporte de ferramenta CASE	1, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 20, 22, 24, 27, 28, 31, 32, 35, 36, 38, 40, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

A análise revela que, enquanto uma parte significativa das extensões KAOS (17/48 - 34%) é apoiada por ferramentas CASE, enquanto a maioria (33/48 - 66%) não tem ferramenta de apoio. Para aumentar a adoção das extensões KAOS, é recomendável que futuros trabalhos se

Figura 14 – Suporte de Ferramenta para Extensões KAOS



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

concentrem em fornecer suporte de ferramenta e considerar as necessidades práticas dos usuários finais.

4.2.7 QP7 - *Existem mecanismos de extensão definidos para a KAOS?*

Não encontramos mecanismos de extensão da KAOS. Os trabalhos selecionados apresentam extensões da KAOS que introduzem novos construtores. Utilizam um conjunto de representações, como novas representações gráficas, novas propriedades, novos compartimentos e representações textuais. No entanto, não foi baseado em mecanismos de extensão previamente definidos.

4.3 Discussão da RSL das extensões da KAOS

Na atualização da RSL de extensões da KAOS, foram examinados 50 artigos que detalham suas extensões. Este aumento expressivo na quantidade de artigos identificados deveu-se a atualização do período e da string de busca, além da realização do snowballing.

Apresentamos uma visão geral das extensões da KAOS, com a análise dos principais autores, meios de publicação, as principais áreas de aplicação envolvidas nas extensões e tipo de validação. Identificamos um grande número de extensões da KAOS (50) e as propostas de extensões KAOS ao longo dos anos como um processo constante desde a primeira extensão em 2006 até os dias atuais (2024). Identificamos sete (7) autores com maior quantidade de

extensões propostas. Também identificamos que boa parte (33/50) as extensões da KAOS têm sido publicadas em conferências e que a grande maioria delas (38/50) apresenta sua validação.

Um conjunto de questões relacionadas à Engenharia Baseada em Modelos (MBE) foram respondidas para caracterizar as extensões nesta óptica. Essas questões analisaram as extensões sobre definição de conceitos, sintaxe abstrata e sintaxe concreta.

Identificamos que: i) aproximadamente metade das extensões da KAOS apresentam o significado de todos os seus construtores; ii) a maior parte das extensões (36/50) é aplicada somente na sintaxe concreta; iii) poucas extensões (2) foram propostas com base nas existentes; e que quase todas que propõem a sintaxe abstrata (13 /14 - 92%) são conservativas.

Classificamos as extensões como conservativas ou não conservativas por meio da análise da presença das metaclasses no metamodelo das extensões. Existem diferentes metamodelos da KAOS. Assim, a criação de um metamodelo padrão da KAOS com todas os construtores e modelos poderia contribuir para evitar essa ausência de aplicação nas propostas das extensões.

Além disto, 221 novos construtores foram identificados. Sendo que 62% (138/221) dos novos construtos são aplicados a nós e 38% (83 construtores) são sobre links. Além disso, 35% (17/50) dos trabalhos selecionados possuem suporte de ferramenta e 65% (33/50) não são apoiados por uma ferramenta case.

Finalmente, não encontramos mecanismos de extensão propostos à KAOS. Assim como em UML e MDA (Model Driven Architecture), esperamos que mecanismos de extensão padrão sejam propostos para KAOS

A ausência de abordagens de raciocínio baseado em modelos é um aspecto não abordado pelas questões de pesquisa, mas que merece ser destacado. Abordagens de raciocínio são comumente propostas para extrair metainformações dos modelos de metas. Este tipo de técnica é amplamente utilizado em iStar e NFR. No entanto, não identificamos abordagens de raciocínio relacionadas às extensões da KAOS.

Podemos destacar as extensões 1, 3, 14, 17, 18, 21 e 22, as quais possuem uma definição dos conceitos apresentados, foram definidas em ambas as sintaxes e são conservativas. Adicionalmente, além de apresentar estas mesmas características da lista anterior, as extensões 18 e 21 também apresentam uma ferramenta de apoio.

4.4 Catálogo de extensões da KAOS

Um catálogo de extensões da KAOS¹ foi desenvolvido no contexto do trabalho de Carvalho Júnior (2022). Este catálogo foi desenvolvido para agrupar e permitir buscas de extensões da KAOS e construtores relacionados.

O catálogo contém informações essenciais sobre as extensões da KAOS, e as análises realizadas pelas questões de pesquisa desta RSL. Estão disponíveis as seguintes informações das extensões: Título da Extensão, Autores, Ano de publicação da Extensão, Definição de Conceitos, Nível de Extensão, Tipo de extensão (Conservativa ou não conservativa), Classificação dos Construtores

Acreditamos que o catálogo é uma ferramenta que pode auxiliar no contexto da criação e uso das extensões da KAOS. A contínua atualização e expansão do catálogo contribuirão para uma compreensão mais profunda das extensões e facilitarão a criação de novas soluções baseadas na KAOS.

4.5 Ameaças a validade da RSL

Nesta seção, abordamos as ameaças à validade do trabalho seguindo as categorias propostas por Wohlin *et al.* (2012): Validade de Construção, Validade Interna, Validade Externa e Validade de Conclusão. Cada uma dessas categorias é importante para garantir a robustez e a credibilidade da Revisão Sistemática da Literatura (SLR).

Validade de Construção: A validade da construção refere-se à adequação dos instrumentos e métodos utilizados para medir o que se propõe medir.

Para maximizar a relevância dos resultados, a string de busca foi cuidadosamente projetada. Utilizamos termos relacionados à KAOS e suas extensões e exploramos variações e combinações desses termos. A escolha dos termos e a elaboração das combinações foram realizadas com a participação de especialistas e revisão por pares.

Os critérios foram claramente definidos e aplicados de forma consistente para garantir que apenas os estudos relevantes fossem incluídos. Qualquer ajuste na string de busca ou nos critérios foi feito com base na revisão contínua e validação com especialistas.

Validade Interna: A validade interna trata da integridade dos resultados do estudo e da possibilidade de que os resultados sejam afetados por vieses ou erros no processo de pesquisa.

¹ <https://kaos-catalogue-d9e49.web.app>

Algumas decisões na seleção dos artigos, análise de qualidade e extração de dados poderiam ser subjetivas. Para mitigar essa ameaça, adotamos um processo colaborativo onde todas as decisões foram validadas pelo orientador do estudo, discutindo e resolvendo qualquer conflito. Isso ajudou a reduzir a influência de vieses individuais e a garantir a consistência na interpretação dos dados.

Validade Externa: A validade externa se refere à generalização dos resultados para contextos fora do estudo específico. **Generalização dos Resultados:** A string de busca foi ajustada e validada para assegurar que cobre uma gama representativa de estudos relevantes. Consultamos um especialista em extensões KAOS para garantir que nossa abordagem fosse adequada e abrangente. **Cobertura e Representatividade:** Realizamos buscas em múltiplas bases de dados e verificamos referências para assegurar que nossa amostra de estudos fosse representativa do tema abordado. A análise por pares também ajudou a validar a generalização dos resultados.

Validade de Conclusão: A validade de conclusão trata da precisão com que as conclusões do estudo refletem os dados e se todos os estudos relevantes foram considerados.

Reconhecemos que pode não ser possível identificar todos os estudos relevantes. Para minimizar esse risco, o processo de seleção foi cuidadosamente estruturado e discutido entre os autores. A revisão contínua e o refinamento dos critérios de inclusão e exclusão ajudaram a reduzir a possibilidade de omitir estudos importantes.

Foram elaborados de forma a garantir a inclusão de estudos relevantes e evitar a exclusão de estudos importantes. O processo de seleção foi documentado de forma transparente para garantir a rastreabilidade e a justificativa das decisões tomadas.

Avaliamos e mitigamos as ameaças à validade em diversas etapas da RSL para garantir que nossos resultados e conclusões sejam robustos e confiáveis.

5 DEFINIÇÃO DO PROCESSO PARA APOIAR A CRIAÇÃO DE EXTENSÕES DA KAOS (PRAOS)

A proposta de um processo de apoio à criação de novas extensões da KAOS tem como ponto de partida o processo PRISE Gonçalves *et al.* (2019), uma vez que este foi proposto em um contexto semelhante. O PRISE apoia extensões na linguagem iStar, orientada a objetivos e agentes, e serviu como base para o desenvolvimento do PRAOS, um processo adaptado para a KAOS. A estrutura completa do PRAOS pode ser acessada em <<https://leandrosmonte.github.io/PRAOS-FINAL/#list>>.

A seguir, a adaptação do PRISE para KAOS é detalhada e na sequência o PRAOS é apresentado.

5.1 Adaptação do PRISE para KAOS

Nesta seção, serão descritas os passos e principais adaptações realizadas no PRISE para ajustá-lo à criação de extensões da KAOS, resultando em uma nova versão chamada PRAOS (PRocess to support kAOS extensions).

O processo de adaptação seguiu estas etapas: Primeiramente, elaboramos uma planilha contendo todos os sub-processos, tarefas, artefatos e gateways do PRISE. Cada elemento dessa planilha foi classificado como "remover", "manter" ou "manter adaptado". Quando necessário, as adaptações foram detalhadas na própria planilha. Esta análise foi supervisionada por um pesquisador com experiência em extensões e requereu cinco ciclos de revisão/correções para a conclusão da planilha, a qual está disponível em: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1s0cp5wwp6imCmlSs_bmVT0tunWCGQRnv/edit?gid=1477300884#gid=1477300884>.

Após a identificação das mudanças na planilha, essas alterações foram implementadas no projeto do PRISE do Bizagi (versão disponível em: <<https://leandrosmonte.github.io/PRAOS-FINAL/#list>>). O PRISE foi originalmente modelado em BPMN (Business Process Modelling and Notation), e decidimos manter a modelagem do PRAOS também em BPMN, dado que esta linguagem é amplamente utilizada para a modelagem de processos de negócios. Esta etapa também foi supervisionada por um pesquisador com experiência em extensões e teve cinco ciclos de revisão/correções do processo modelado.

A seguir, serão detalhadas as análises realizadas, identificadas na planilha e aplicadas à modelagem BPMN. As alterações podem ser categorizadas em duas classes: alterações mais gerais e simples, que afetam um conjunto de partes do processo (como a mudança do nome de

PRISE para PRAOS), e alterações mais específicas (como a substituição da lista de construtores de iStar pelos construtores da KAOS no checklist para verificação de completude, consistência e conflitos).

Realizamos várias alterações gerais no processo PRISE para adaptá-lo a KAOS, resultando em modificações significativas nos subprocessos. A maior parte dessas mudanças envolveu a substituição de referências ao iStar por KAOS, o que essencialmente implicou em alterar a terminologia e os conceitos associados à modelagem. Portanto, a maioria das alterações consistiu apenas na atualização dos termos e nomes relacionados à nova linguagem de modelagem.

Inicialmente, conseguimos reutilizar 34 estruturas do PRISE sem necessidade de adaptações significativas, pois essas estruturas já estavam organizadas de maneira geral, incluindo gateways, estados iniciais e finais.

Em seguida, analisamos as estruturas do PRISE que também eram compatíveis com o PRAOS, mas que necessitavam de ajustes menores, como a substituição dos termos referentes a linguagem da KAOS. Esses ajustes representaram a maioria das modificações realizadas a partir do PRISE, contabilizando 96 alterações consideradas como simples.

Finalmente, abordamos as adaptações mais específicas. A seguir, apresentamos um detalhamento dos ajustes que exigiram modificações significativas para integrar o PRAOS. Este detalhamento será organizado por subprocesso. Vale ressaltar que alguns artefatos podem estar envolvidos em múltiplos subprocessos; portanto, suas alterações serão descritas em pelo menos um subprocesso para evitar repetições desnecessárias.

Subprocesso 1: Inclusão de um modelo com as particularidades da KAOS para direcionar de uma forma melhor as observações necessárias sobre a proposta de extensão;

Adaptação do artefato com o nome dos especialistas da linguagem, incluindo os autores com números consideráveis de extensões da KAOS, para serem utilizados como suporte sobre eventuais dúvidas;

Inclusão do link do catálogo da KAOS, assim como a disponibilização de strings de busca para facilitar e direcionar buscas por novas extensões;

Adaptação do template de especificação da extensão, direcionando as informações do documento para KAOS.

Subprocesso 2: : Inserção do link do catálogo das extensões de KAOS;

Ajuste do modelo do documento para incorporar os novos construtores, adaptando

os detalhes às especificidades da linguagem KAOS;

Subprocesso 3: Na tarefa de definição do metamodelo da extensão, foi necessário adaptar o documento para incluir os termos e significados específicos da representação da KAOS. Essa adaptação visa garantir que os termos e conceitos sejam plenamente reaproveitados na criação de novas propostas de extensão. O objetivo principal é concentrar-se na criação de elementos que ainda não estejam disponíveis e que atendam às necessidades específicas, otimizando assim o processo de desenvolvimento.

Subprocesso 3.5: Durante a tarefa de elaboração de uma representação utilizando KAOS, indicamos uma ferramenta de modelagem padrão, que inclui os construtores da KAOS. Essa abordagem garante que o extensor utilize recursos já disponíveis, ajudando a validar a real necessidade de desenvolver uma nova proposta. Assim, incentivamos a exploração e o reaproveitamento das soluções existentes antes de criar algo novo.

Subprocesso 4: Foi criada uma lista de especialistas em KAOS para serem consultados em caso de dúvidas, a fim de facilitar o entendimento de pontos específicos por parte dos extensores. Essa lista foi elaborada com base nos autores de propostas de extensões encontradas em artigos científicos durante a fase inicial do PRAOS.

Subprocesso 6: Alteração efetuada na lista de especialistas em KAOS inserindo a lista dos especialistas em KAOS que tenham uma quantidade considerável de extensões criadas. Isso garantirá que a proposta seja apresentada e discutida com profissionais experientes na área.

Realizamos uma análise das diretrizes, e chegamos a decisão de utilizarmos todas as 9 diretrizes que foram citadas no PRISE, adaptando o contexto de cada uma delas para o PRAOS.

Além disso, realizamos uma avaliação das diretrizes com pesquisadores experientes em extensões da KAOS, participantes do estudo descrito na Seção 7. O contato foi feito por meio de entrevistas, previamente agendadas por solicitação via e-mail, nas quais aproveitamos a oportunidade para além de validar a criação do PRAOS, também validar os ajustes nas diretrizes propostas por Gonçalves *et al.* (2020) e adaptadas para a KAOS. A seguir, apresentamos a descrição das diretrizes adaptadas e recomendadas para a criação de uma proposta de extensão.

D1: Preservar a sintaxe original da linguagem KAOS é essencial. Recomenda-se que todos os nós e links da sintaxe original sejam mantidos na extensão. Em outras palavras, extensões que removem todos os construtores padrão, ou seja, aquelas que não são conservadoras, são geralmente desaconselhadas e consideradas exemplos a não serem seguidos.

D2: É fundamental que as extensões sejam consistentes, completas e isentas de

conflitos, seguindo um processo ou método definido para sua criação. Atualmente, a criação de extensões para KAOS tem sido realizada de forma avulsa, sem uma centralização das informações existentes sobre a linguagem de modelagem.

D3: Realizar uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de identificar todas as extensões existentes e avaliar a real necessidade de criar uma nova extensão ou aproveitar uma já existente. É importante considerar a inclusão de um especialista em KAOS no processo de desenvolvimento e modelar vários sistemas na área desejada para compreender de forma mais assertiva o domínio que requer a extensão.

D4: Descrever os conceitos da extensão de maneira clara e objetiva, buscando minimizar ao máximo a possibilidade de interpretações divergentes.

D5: Considerar propor tanto a sintaxe abstrata quanto a concreta da extensão, pois elas podem ser complementares uma à outra.

D6: Buscar manter uma reformulação clara e direta, enfatizando a importância de manter a consistência entre as duas sintaxes.

D7: Estabelecer uma relação entre os construtores inseridos na extensão e aqueles já existentes na linguagem original da KAOS.

D8: Buscar definir novas extensões com o menor número possível de construtores novos, aproveitando ao máximo os construtores já existentes e criando apenas o mínimo necessário para a adaptação ao novo domínio.

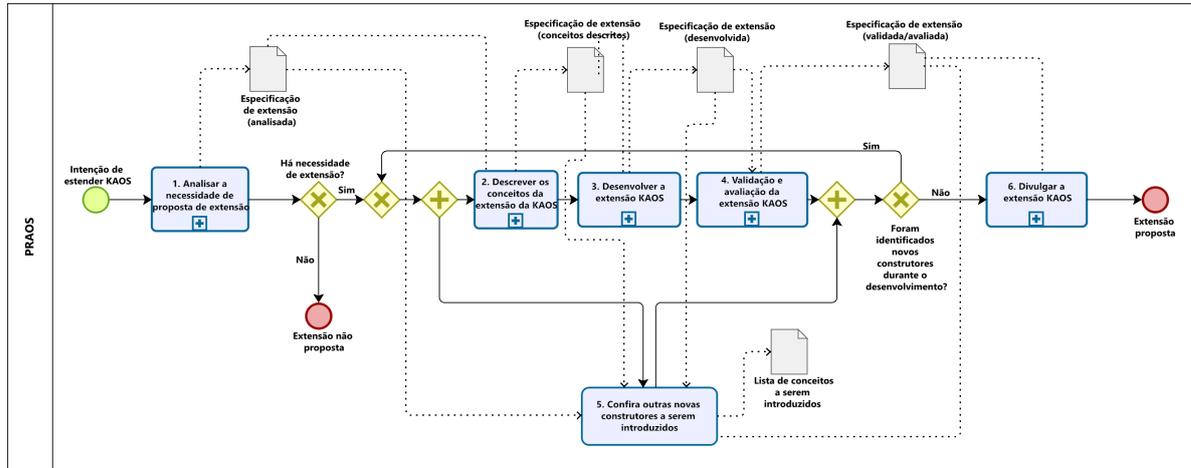
D9: Tentar criar representações simples que possam ser compreendidas sem a necessidade de ferramentas específicas, garantindo assim a facilidade de uso.

5.2 O Processo PRAOS

Ao se propor uma nova extensão para a KAOS, é essencial seguir um processo estruturado para garantir que a extensão seja proposta com qualidade. O PRAOS é composto por cinco subprocessos e uma tarefa que ocorre em paralelo a três sub-processos. A Figura 15 apresenta o processo principal do PRAOS.

O PRAOS envolve a análise da necessidade de propor a extensão, a descrição dos conceitos envolvidos, o desenvolvimento da extensão, a validação e avaliação da extensão e a divulgação da extensão proposta. Além disto, o artefato de especificação da extensão vai sendo evoluído ao longo destes sub-processos, agrupando os artefatos gerados por cada um deles. As seções a seguir apresentam em detalhes cada um destes sub-processos e artefatos relacionados.

Figura 15 – Estrutura geral do PRAOS



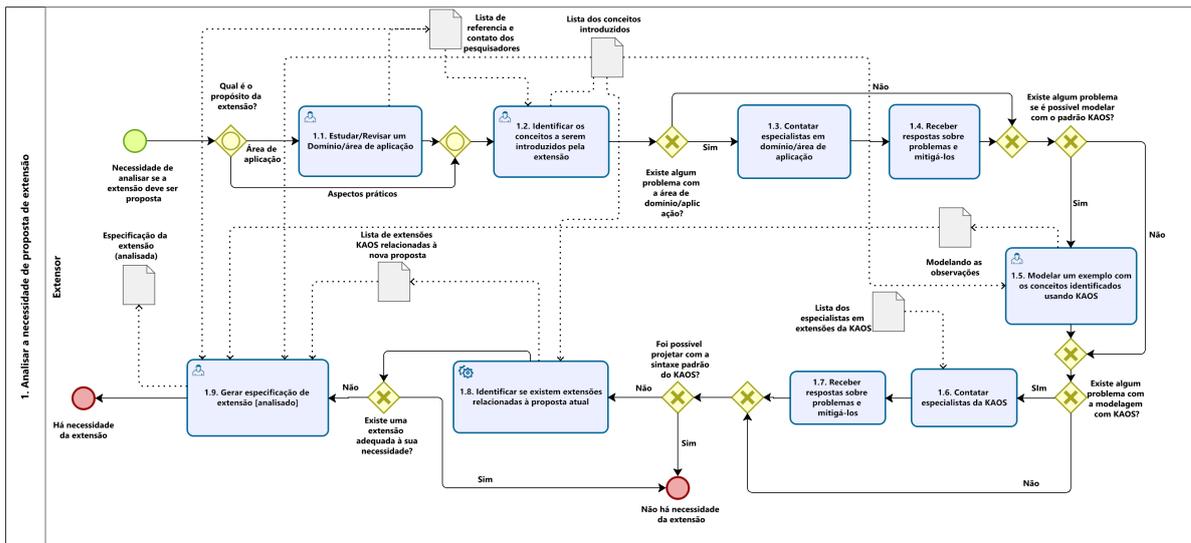
Powered by
 Modeler

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

5.2.1 Subprocesso 1 - Analisar a necessidade de proposta de extensão

Avaliar se uma nova extensão é realmente necessária evita a criação desnecessária de extensões e promove o reuso das extensões existentes. A seguir, na Figura 16 temos a visão geral do subprocesso 1.

Figura 16 – Estrutura geral do subprocesso 1



Powered by
 Modeler

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

A seguir, apresentaremos a descrição de cada uma de suas tarefas e artefatos.

Tarefa 1.1 - Estudar/Revisar um Domínio/Área de Aplicação: Uma vez que é identificada a necessidade inicial de se propor uma extensão da KAOS, o pesquisador deve realizar um estudo aprofundado sobre a área de aplicação da proposta de extensão (quando a extensão for proposta para um domínio/uma área de aplicação). Isso envolve a coleta de informações relevantes e a compreensão dos requisitos específicos do domínio. O resultado desse estudo será uma lista de referências utilizadas e de especialistas contactados.

Tarefa 1.2 - Identificar os Conceitos a Serem Introduzidos pela Extensão:

Nesta etapa, é necessário identificar os conceitos que precisam ser adicionados para adaptar a linguagem ao domínio desejado. A descrição dos conceitos introduzidos será documentada em uma lista detalhada.

Tarefa 1.3 - Contatar Especialistas em Domínio/Área de Aplicação:

Caso surjam dúvidas sobre o uso da linguagem no domínio específico, o pesquisador deve consultar especialistas da área. Esta etapa é importante para garantir que todas as dúvidas sejam esclarecidas com a ajuda de profissionais qualificados.

Tarefa 1.4 - Receber Respostas sobre Problemas e Mitigá-los:

Após entrar em contato com especialistas e receber o feedback sobre os problemas levantados, o extensor deve analisar as respostas de modo a entender e resolver suas dúvidas existentes. Quando o extensor não receber feedback, ele deve continuar a executar as demais tarefas do processo.

Tarefa 1.5 - Modelar um Exemplo com os Conceitos Identificados usando KAOS:

O pesquisador deve modelar o problema utilizando os conceitos padrão da KAOS para verificar a necessidade de uma nova extensão. Observações feitas durante essa modelagem ajudarão a justificar a necessidade de criação.

Tarefa 1.6 - Contatar Especialistas em KAOS: Para esclarecer dúvidas surgidas durante a modelagem com KAOS, o extensor deve contatar especialistas nesta linguagem. Esse contato é fundamental para garantir a precisão e a adequação da modelagem.

Tarefa 1.7 - Receber Respostas sobre Problemas e Mitigá-los:

As dúvidas e problemas identificados sobre o uso da KAOS devem ser resolvidos com as respostas fornecidas pelos especialistas consultados. Isso assegura que o modelo seja correto e aplicável. Quando o extensor não receber feedback, ele deve continuar a executar as demais tarefas do processo.

Tarefa 1.8 - Identificar se Existem Extensões Relacionadas à Proposta Atual: O

extensor deve identificar se há extensões existentes que possam estar relacionadas à proposta atual. A busca por extensões relacionadas deve ser realizada com auxílio do catálogo de extensões da KAOS Carvalho Júnior *et al.* (2022), disponível em <https://kaos-catalogue-d9e49.web.app>. Adicionalmente, o extensor também pode fazer consulta nas bases de científicas

Tarefa 1.9 - Gerar Especificação de Extensão (analisada): Se for comprovada a necessidade de uma nova extensão, a especificação dos conceitos deve ser desenvolvida. O resultado será um artefato detalhado com a especificação da extensão.

Artefatos utilizados no subprocesso 1:

- **Lista de referência e contato dos pesquisadores:** Lista gerada com o contatos dos pesquisadores da área de domínio, gerada após a realizar uma revisão na área de aplicação.
- **Lista dos conceitos introduzidos:** Geração de uma lista com os construtores que deverão ser inseridos na proposta de extensão.
- **Modelando as observações:** Consiste na aplicação do padrão da KAOS para modelar os conceitos identificados como sendo específicos do domínio.
- **Lista dos especialistas em extensões da KAOS:** Lista com os principais especialistas em KAOS, para acionar caso surja a necessidade de sanar dúvidas.
- **Lista de extensões KAOS relacionadas a nova proposta:** Lista das extensões da KAOS existentes que tenham alguma relação com a proposta que está sendo gerada.
- **Especificação da extensão analisada (analisada):** Geração de uma especificação com os detalhes que devem estar presentes na criação da nova proposta.

5.2.2 Subprocesso 2 - Descrição dos conceitos da extensão da KAOS

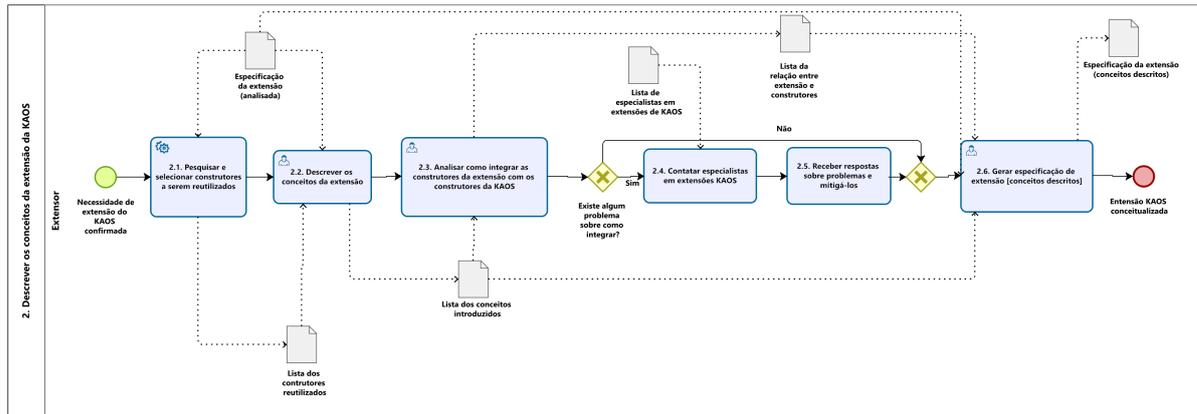
Após a análise da necessidade de uma nova extensão da KAOS, o próximo passo é avaliar a reutilização de construtores existentes, descrever os novos construtores identificados, assim como analisar a relação deles com os construtores da KAOS. Este subprocesso é necessário para garantir que a nova extensão da KAOS seja bem definida e integrada aos construtores padrão.

A Figura 17 apresenta uma visão geral do subprocesso 2 do PRAOS com suas tarefas e artefatos relacionados.

A seguir, descreveremos cada uma das tarefas e artefatos relacionados a este subprocesso.

Tarefa 2.1 - Pesquisar e Selecionar Construtores a Serem Reutilizados: O objetivo desta tarefa é analisar a possibilidade de reutilizar construtores propostos por extensões

Figura 17 – Estrutura geral do subprocesso 2



Powered by
 Modeler

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

existentes. Para tanto, é necessário realizar uma pesquisa para identificar construtores que possam ser reutilizados na nova proposta de extensão. A busca pode ser feita por meio do catálogo de extensões da KAOS ¹. O resultado dessa tarefa será uma lista dos conceitos reaproveitados. Há casos nos quais não haverá construtores a serem utilizados, logo a lista de construtores reutilizados será vazia.

Tarefa 2.2 - Descrever os Conceitos da Extensão: Esta etapa envolve a descrição do significado de cada um dos conceitos incluídos na extensão. Este detalhamento abrange tanto os conceitos reaproveitados quanto os novos conceitos. A descrição deve ser minuciosa para garantir uma compreensão clara e completa. Esta lista de construtores e seus significados é detalhada no artefato Lista dos conceitos introduzidos (com significados).

Tarefa 2.3 - Analisar Como Integrar os Construtores da Extensão com os Construtores da KAOS: Esta tarefa se concentra em identificar como os novos construtores da extensão se relacionam com os construtores existentes da KAOS. Esta análise é crucial para assegurar que a nova extensão se integre de forma coerente com a linguagem KAOS. O resultado é uma lista que descreve a relação entre os construtores da nova extensão e os construtores da KAOS.

Tarefa 2.4 - Contatar Especialistas em Extensões KAOS: Caso surjam problemas relacionados à integração dos novos construtores com a KAOS, especialistas em extensões KAOS devem ser contatados para resolver essas questões. O contato com especialistas ajudará a garantir a correta implementação e integração dos construtores.

¹ <https://kaos-catalogue-d9e49.web.app>

Tarefa 2.5 - Receber Respostas sobre Problemas e Mitigá-los: Nesta tarefa, as respostas dos especialistas são recebidas e as dúvidas são resolvidas. A solução dos problemas garantirá a integração adequada da extensão em conjunto com a KAOS.

Tarefa 2.6 - Gerar Especificação de Extensão (com conceitos descritos): Finalmente, com todos os conceitos descritos e analisados, é necessário atualizar o artefato de especificação da extensão. Neste subprocesso, este documento é atualizado com os significados dos conceitos a serem incluídos e suas relações com os construtores da KAOS, bem como os conceitos a serem reutilizados de extensões existentes.

Artefatos utilizados no subprocesso 2:

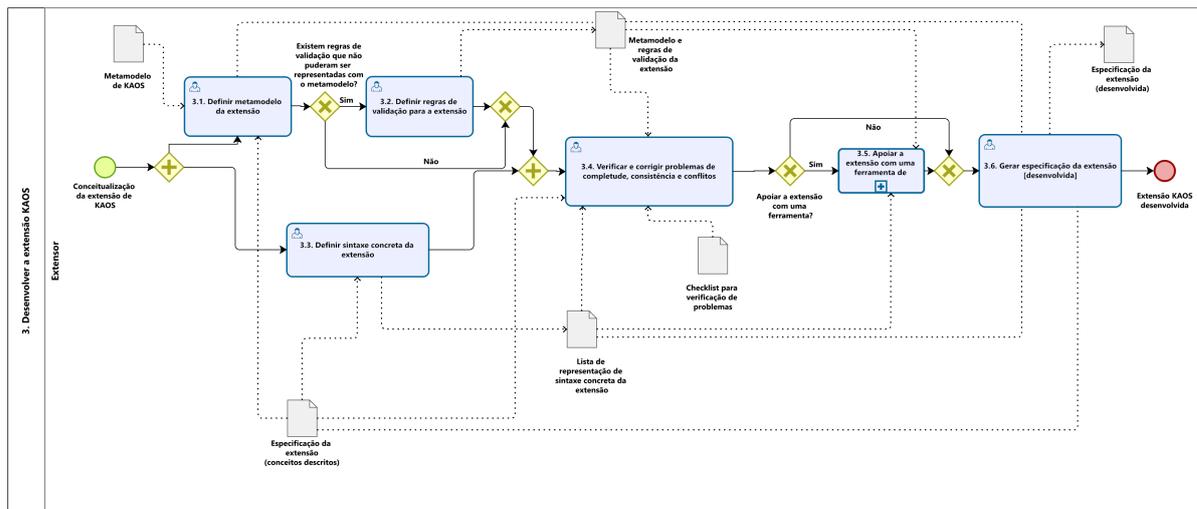
- **Especificação da extensão (conceitos descritos):** Geração de uma especificação com os detalhes que devem estar presentes na criação da nova proposta.
- **Modelando as observações:** Consiste na aplicação do padrão da KAOS para modelar os conceitos identificados como sendo específicos do domínio.
- **Lista de relação entre extensão e construtores KAOS:** Lista criada para detalhar a conexão com os construtores da KAOS e as extensões específicas às quais cada um está vinculado.
- **Lista dos conceitos introduzidos:** Geração de uma lista com os construtores que deverão ser inseridos na proposta de extensão.
- **Lista dos construtores reutilizados:** Lista dos construtores que deverão ser reaproveitados, caso seja pertinente.

5.2.3 Subprocesso 3 - Desenvolvimento da extensão da KAOS

Este subprocesso tem o objetivo de estruturar um metamodelo, definir as regras de validação (quando necessário) e propor a representação da sintaxe concreta para os construtores incluídos na extensão proposta. A Figura 18 apresenta uma visão geral do subprocesso 3.

Tarefa 3.1 - Definir Metamodelo da Extensão: A primeira etapa é estruturar o metamodelo da extensão, que envolve a definição detalhada do relacionamento entre os construtores existentes. O metamodelo serve como a base estrutural da extensão, descrevendo como os diversos elementos e suas interações são organizados e inter-relacionados. Um dos metamodelos da KAOS presentes em Lamsweerde (1993) e Matulevicius *et al.* (2007) pode ser utilizado como base para a adição dos novos elementos da extensão. O resultado desta tarefa será o metamodelo da extensão.

Figura 18 – Estrutura geral do subprocesso 3



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Tarefa 3.2 - Definir Regras de Validação para a Extensão: Quando necessário, regras de boa formação/validação são criadas. Tais regras são necessárias para representar relações de obrigatoriedade ou de proibição em formações dos modelos, quando estas não podem ser representadas somente por meio do metamodelo. Essas regras são essenciais para assegurar que os modelos criados estão bem formados. O artefato Metamodelo e Regras de Validação da Extensão reúne o metamodelo proposto na tarefa anterior e as regras de validação criadas nesta tarefa.

Tarefa 3.3 - Definir Sintaxe Concreta da Extensão: A tarefa consiste em criar a representação gráfica dos construtores da proposta e descrever como eles devem ser utilizados na prática. A sintaxe concreta deve ser proposta em conformidade com o metamodelo e as regras de boa formação. A representação dos construtores pode ser feita por meio de marcações textuais, como estereótipos, ou novos símbolos utilizados. O resultado será uma lista detalhada da sintaxe concreta da extensão. Quando a extensão envolve a criação de novos símbolos, a escolha destes pode ser feita por meio de um experimento semelhante ao realizado em Caire *et al.* (2013). O Extensor deve propor representações gráficas diferentes das extensões existentes da KAOS. O extensor pode reutilizar uma construção de uma extensão KAOS existente, quando o construtor for o mesmo proposto por ela.

A seguir, o extensor deve descrever como usar a extensão, ou seja, explicar o raciocínio sobre como a extensão deve ser usada por um projetista ou engenheiro de requisitos

Tarefa 3.4 - Verificar e Corrigir Problemas de Completude, Consistência e Conflitos: O objetivo desta tarefa é identificar e corrigir quaisquer problemas de completude, consistência e conflitos entre as representações da extensão. A completude da extensão se concentra em identificar se houve a definição dos conceitos e das sintaxes abstrata e concreta. A consistência analisa a rastreabilidade entre os construtores nas sintaxes abstrata e concreta, bem como a ausência de nós e links da sintaxe padrão da KAOS. Por fim, a análise de conflitos envolve comparação dos construtores propostos com os existentes de extensões anteriores, exceto para os construtores reutilizados. O Extensor deve considerar os conceitos listados em Especificação da extensão, Metamodelo e regras de validação da extensão e Lista de representação de sintaxe concreta.

Subprocesso 3.5 - Apoiar a Extensão com uma Ferramenta de Modelagem: O uso de ferramentas pode facilitar a adoção da extensão e melhorar a eficiência na modelagem. Assim, este subprocesso envolve a aplicação da extensão em uma ferramenta existente ou a criação de uma ferramenta nova para a extensão. Uma vez desenvolvida a ferramenta, ela deve ser testada e, quando necessário, corrigida.

Tarefa 3.6 - Gerar Especificação da Extensão (desenvolvida): A tarefa final deste subprocesso é gerar nova versão da especificação da extensão, incluindo todos os artefatos gerados durante o desenvolvimento da extensão. O resultado será a especificação da extensão (desenvolvida).

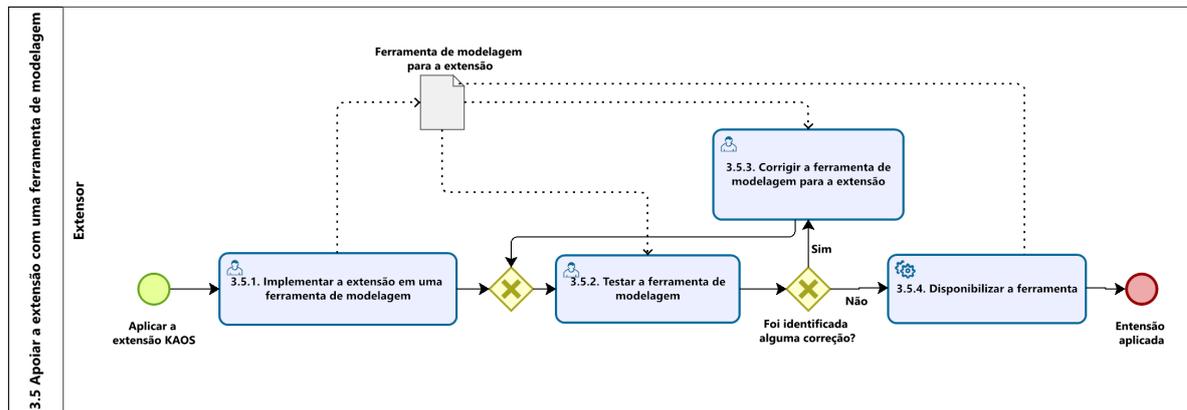
Artefatos utilizados no subprocesso 3:

- **Metamodelo da KAOS:** Documento com o metamodelo padrão da KAOS.
- **Metamodelo e regras de validação da extensão:** Consiste na criação do metamodelo da proposta de extensão, com suas regras de validação especificadas.
- **Especificação da extensão (desenvolvida):** Geração da especificação da extensão desenvolvida.
- **Checklist de verificação de problemas:** Checklist com os principais problemas, no objetivo de contribuir para que reconhecidos problemas não estejam presentes na proposta de extensão.
- **Lista de representação da sintaxe concreta da extensão:** Lista com todos os detalhes que dizem respeito a sintaxe concreta da proposta.

5.2.4 Subprocesso 3.5 - Apoiar a Extensão com uma Ferramenta de Modelagem

Uma visão geral das etapas do subprocesso 3.5 – Apoiar a Extensão com uma Ferramenta de Modelagem, é apresentado a seguir na Figura 19.

Figura 19 – Estrutura geral do subprocesso 3.5



Powered by
brazig
Modeler

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

As tarefas envolvidas serão detalhadas a seguir.

Tarefa 3.5.1 - Implementar a Extensão em uma Ferramenta de Modelagem:

Esta etapa envolve a implementação da representação da extensão na ferramenta de modelagem selecionada. Isto pode ser feito na ferramenta Objectiver, por exemplo. O objetivo é aplicar a extensão à ferramenta de forma que os novos construtores possam ser representados e utilizados na modelagem. O artefato resultante será a ferramenta de modelagem adaptada para a extensão.

Tarefa 3.5.2 - Testar a Ferramenta de Modelagem: Após a implementação, a ferramenta deve ser utilizada para representar um sistema um exemplo, a fim de avaliar seu desempenho e funcionalidade. Durante os testes, é importante documentar tanto as permissões quanto as limitações da ferramenta na representação da extensão. Isso ajudará a identificar áreas de melhoria e a ajustar a ferramenta conforme necessário.

Tarefa 3.5.3 - Corrigir a Ferramenta de Modelagem para a Extensão: Com base nos problemas identificados durante os testes, serão realizadas correções na ferramenta de modelagem para resolver quaisquer questões e aprimorar a representação da extensão. Esta etapa visa assegurar que a ferramenta funcione corretamente e apoie adequadamente todos os aspectos da extensão.

Tarefa 3.5.4 - Disponibilizar a Ferramenta: Finalmente, a ferramenta de modelagem deve ser disponibilizada para os usuários. Isso inclui divulgar a ferramenta publicamente, fornecendo acesso ao código-fonte no GitHub, indicando o site onde a ferramenta pode ser acessada ou mostrando como customizar a ferramenta existente.

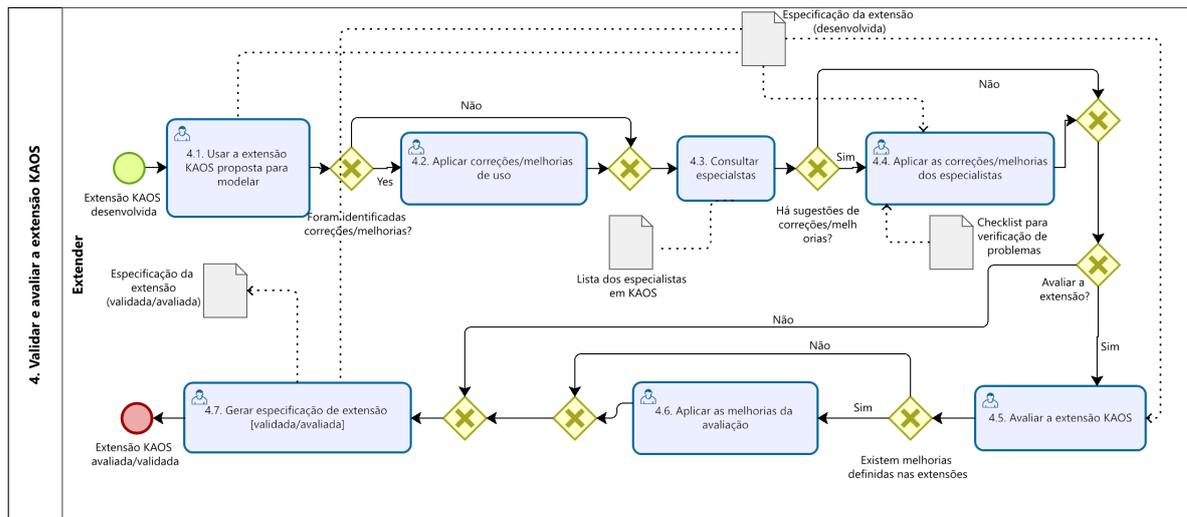
Artefatos utilizados no subprocesso 3.5:

- **Ferramenta de modelagem para a extensão:** Documento com indicação de uma ferramenta capaz de apoiar a criação de modelos com a extensão proposta.

5.2.5 Subprocesso 4 - Validação e avaliação da extensão da KAOS

Este subprocesso tem a responsabilidade de verificar a validade da extensão proposta, quando utilizada, e avaliá-la com usuários/pesquisadores. A Figura 20 apresenta uma visão geral do subprocesso 4.

Figura 20 – Estrutura geral do subprocesso 4



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

A seguir, as tarefas do subprocesso 4 serão descritas.

Tarefa 4.1 - Usar a Extensão KAOS Proposta para Modelar um exemplo: Esta tarefa envolve a aplicação prática da extensão da KAOS para modelar um exemplo (recomenda-se que seja um exemplo real). A utilização prática ajuda a revelar como a extensão funciona em condições reais e quais melhorias podem ser feitas.

Tarefa 4.2 - Aplicar Correções/Melhorias de Uso Baseado nos resultados obtidos durante a modelagem prática, esta tarefa é dedicada a ajustar e melhorar a extensão. As correções devem ser feitas para resolver quaisquer problemas identificados e para aprimorar a funcionalidade da extensão, garantindo que ela atenda de forma eficaz às necessidades do domínio.

Tarefa 4.3 - Consultar Especialistas: Neste passo, a representação ilustrada da extensão deve ser enviada para especialistas em domínio e/ou em KAOS. O objetivo é obter feedback sobre a extensão e verificar se ela atende aos requisitos e expectativas dos especialistas.

Tarefa 4.4 - Aplicar as Correções/Melhorias dos Especialistas: Com base nas sugestões e feedback dos especialistas, serão realizados ajustes na extensão. É importante garantir que essas alterações não causem inconsistências e que a extensão continue funcionando corretamente após as modificações.

Tarefa 4.5 - Avaliar a Extensão KAOS: A extensão deve ser avaliada por meio de um estudo qualitativo ou quantitativo para verificar sua eficácia e aplicabilidade. A avaliação pode incluir a análise de como a extensão se comporta em diferentes cenários e como ela contribui para a modelagem em KAOS.

Tarefa 4.6 - Aplicar as Melhorias da Avaliação: Com base na avaliação realizada, serão implementadas melhorias na extensão. Esta etapa visa aplicar as melhorias identificadas durante o processo de avaliação.

Tarefa 4.7 - Gerar a Especificação da Extensão [Validada/Avaliada]: Finalmente, deve-se atualizar o artefato de especificação da extensão, incorporando todas as validações e melhorias realizadas. A especificação deve refletir as alterações e aprimoramentos feitos, fornecendo uma descrição completa e detalhada da extensão validada e avaliada.

Artefatos utilizados no subprocesso 4:

- **Lista dos especialistas da KAOS:** Lista com os principais especialistas em KAOS, para acionar caso surja a necessidade de sanar dúvidas.
- **Especificação da extensão:** Geração da especificação da extensão.
- **Checklist de verificação de problemas:** Checklist com os principais problemas, no objetivo de contribuir para que reconhecidos problemas não estejam presentes na proposta de extensão.

5.2.6 *Tarefa 5. Identificar novos construtores a serem introduzidos*

Esta etapa oferece a oportunidade de identificar novos construtores necessários à extensão, os quais tenham sido identificados durante os subprocessos 2, 3 ou 4. Quando novos construtores forem identificados, torna-se necessário iterar mais uma vez pelos subprocessos 2,3 e 4 para aplicá-los a extensão.

5.2.7 *Subprocesso 6. Divulgar a extensão KAOS*

Este subprocesso tem como objetivo a divulgação de novas extensões, permitindo que sejam amplamente reconhecidas e empregadas por outros pesquisadores. Com isso, essas extensões poderão ser integradas em revisões sistemáticas de extensões da KAOS e estarão acessíveis para aqueles com um domínio específico que já possuem uma extensão adequada às suas necessidades

Tarefa 6.1 - Adicionar a nova extensão da KAOS ao Catálogo: Consiste na atualização do catálogo da KAOS com a nova extensão que foi desenvolvida durante o processo atual.

Tarefa 6.2 - Endossar a extensão KAOS: Se um especialista estiver envolvido no processo de desenvolvimento da nova extensão, ele poderá endossá-la, via catálogo, com base em sua experiência e capacidade para validação.

Tarefa 6.3 - Notificar os especialistas sobre a extensão: Quando não há um especialista da KAOS envolvido no desenvolvimento, os especialistas são notificados da nova proposta para proceder com a análise da proposta desenvolvida.

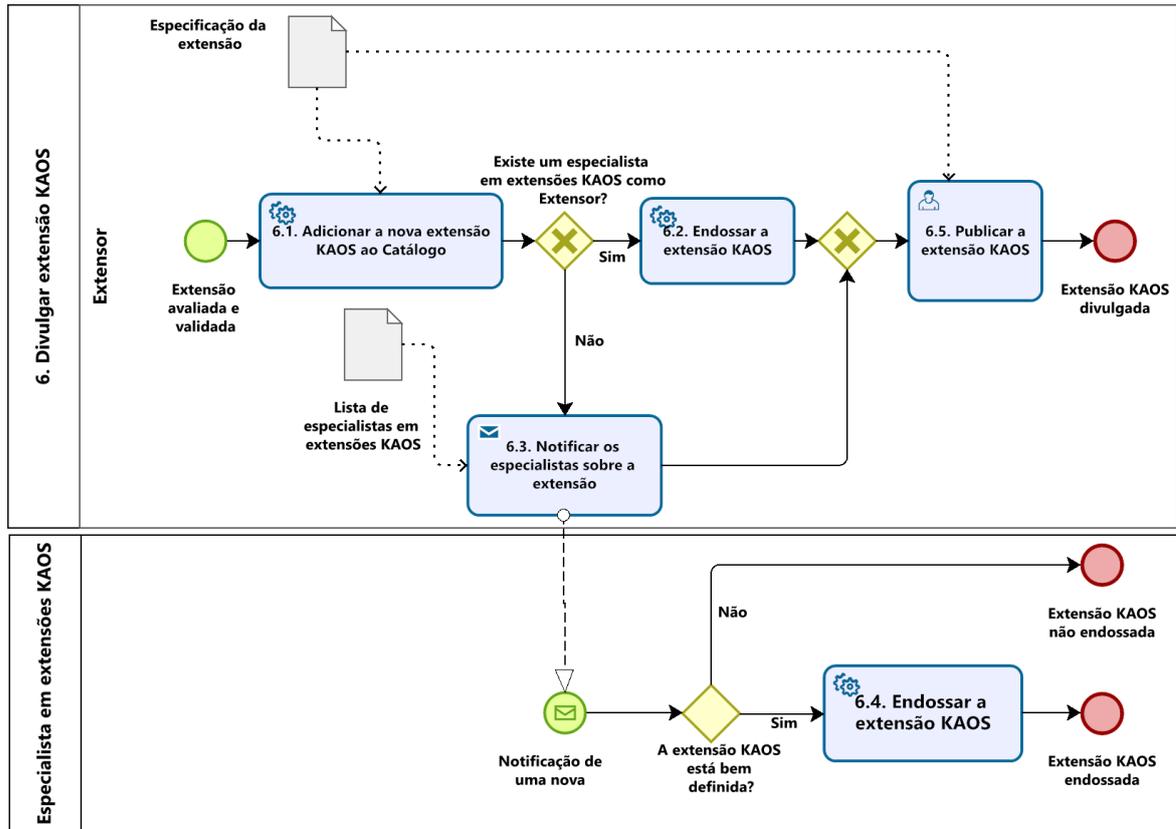
Tarefa 6.4 - Endossar a extensão da KAOS: Consiste na conclusão da revisão por parte dos especialistas, que poderão endossar ou não, via catálogo, a proposta com base nos resultados da verificação realizada.

Tarefa 6.5 - Publicar a extensão da KAOS: Consiste na publicação da extensão em veículos acadêmicos como congressos, revistas, blogs ou outros canais de disseminação de conhecimento, assegurando que o trabalho desenvolvido esteja acessível a outros pesquisadores.

Artefatos utilizados no subprocesso 6:

- **Lista dos especialistas da KAOS:** Lista com os principais especialistas em KAOS, para acionar caso surja a necessidade de sanar dúvidas.
- **Especificação da extensão (validada/avaliada):** Geração da especificação da extensão

Figura 21 – Estrutura geral do subprocesso 6.



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

validada e avaliada.

O PRAOS é um processo que possui grande potencial para ser adaptado a outras linguagens de modelagem. Sua flexibilidade permite a inclusão ou remoção de tarefas específicas conforme as necessidades de cada contexto. Por exemplo, em uma linguagem de modelagem onde não há especialistas conhecidos, a tarefa de notificar especialistas para endossar a extensão seria desnecessária e poderia ser removida sem causar prejuízos ao processo.

Assim, o PRAOS oferece uma alta aplicabilidade em diferentes linguagens e será o foco de trabalhos futuros para identificar quais aspectos se ajustam de forma mais geral e quais necessitam de uma análise mais detalhada. Esta investigação permitirá aprimorar a adaptação do PRAOS a diversas linguagens, cenários e requisitos específicos.

6 CRIAÇÃO DE UMA EXTENSÃO COM O APOIO DO PRAOS

Para o desenvolvimento de uma extensão, resolvemos tomar como base o estudo que foi realizado por Castro (2023), trabalho no qual foi executado um estudo sobre acessibilidade, na qual com esse embasamento ele desenvolveu uma extensão para a iStar, utilizando o PRISE, modelo que foi utilizado como base para o desenvolvimento do PRAOS. Realizamos a análise dos construtores adicionados por Castro (2023) para verificar a possibilidade de utilização também para a KAOS, e conseguimos adaptar 3 (três) destes como base para modelar os construtores identificados e adicionados na extensão que será detalhada nesta seção.

Para um melhor entendimento da área de domínio que foi utilizada, faremos a seguir uma breve contextualização sobre a acessibilidade pensada e utilizada na elaboração e desenvolvimento da extensão da KAOS.

De acordo com W3C Brasil (2018), a acessibilidade de sistemas tem como objetivo a criação de tecnologias, que possam ser utilizadas por todos os tipos de pessoas, independente das suas capacidades físicas, sensoriais ou cognitivas. A inclusão de práticas que garantam a acessibilidade de sistemas garante com que pessoas que possuam algum tipo de deficiências consigam acessar sites, softwares e dispositivos da mesma forma que pessoas que não possuem nenhum tipo de deficiência conseguem acessar. Garantindo uma inclusão digital e não permitindo com que pessoas com algum tipo de deficiência possam se sentir isoladas do mundo tecnológico.

A integração de acessibilidade quando presente em um projeto desde o início, é evidenciada por padrões como as Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG), que consiste em recomendações para a criação de conteúdo acessível. A utilização de acessibilidade em sistemas é uma forma de contribuir para a promoção de igualdade de acesso as tecnologias por todos.

Esta seção apresenta os resultados da criação de uma nova extensão da KAOS para a modelagem de requisitos de acessibilidade. O PRAOS foi utilizado para criar esta extensão.

Assim, os seguintes passos foram executados neste estudo, a seguir uma breve descrição do que foi executado em cada etapa, estando mais detalhado na sequência da seção:

1. Análise da necessidade de propor a extensão: Determinou-se o domínio ou área específica para a qual a extensão seria proposta, identificando as necessidades e requisitos particulares dessa área.

2. Descrição dos Conceitos da extensão: Foram definidos os conceitos e componentes que deveriam ser incorporados à nova extensão. Isso incluiu a especificação dos elementos

que a extensão adicionaria ao modelo KAOS existente.

3. Desenvolvimento da extensão: Os conceitos definidos foram representados no metamodelo da KAOS e transformados em uma sintaxe concreta, garantindo que a extensão se integrasse de forma coesa ao modelo original.

4. Validação e Avaliação da extensão da KAOS: A nova extensão foi ilustrada e avaliada para verificar sua aplicabilidade e eficácia. Esse passo incluiu o uso da extensão para modelar um sistema e a avaliação da extensão com especialistas do domínio para garantir que ela atendesse às necessidades identificadas e funcionasse conforme o esperado.

5. Divulgação da extensão da KAOS: A nova extensão foi tornada pública por meio do catálogo e também por meio desta dissertação.

Os resultados são apresentados a seguir como uma ilustração de uso do PRAOS, o qual se mostrou adequado e útil para conduzir o extensor na criação de sua extensão.

6.1 Análise da necessidade de propor a extensão

Inicialmente, partimos do trabalho realizado por Castro (2023), onde identificamos que o contexto utilizado no seu trabalho para o desenvolvimento de uma extensão da iStar, também seria válido para ser utilizado na criação de uma extensão da KAOS, que tem como ponto em comum, serem linguagens de modelagem orientadas a objetivos.

A partir dessa decisão de utilizar do domínio da acessibilidade, realizamos uma busca por uma extensão já existente e que se aplicasse ao domínio de acessibilidade, no catálogo desenvolvido por Carvalho Júnior *et al.* (2022), e não identificamos nenhuma extensão que contemplasse a utilização no domínio em questão. Assim, demos continuidade à proposta de uma nova extensão para apoiar a modelagem de sistemas acessíveis com KAOS.

O objetivo desta proposta de extensão é adaptar a KAOS para incluir conceitos e mecanismos que promovam a modelagem de conceitos de acessibilidade. A extensão visa preencher a ausência de suporte para acessibilidade em extensões anteriores e proporcionar uma abordagem sistemática para a modelagem de requisitos de sistemas acessíveis.

No Quadro 10 apresenta as referências de trabalhos envolvendo acessibilidade, que foram utilizadas neste passo da criação da extensão.

Quadro 10 – Referências utilizadas no estudo.

ID_referencia	Referência
REF01	SINGH, Harshita; KHALAJZADEH, Hourieh; PAKTINAT, Sahba; GRÄTSCHE, Ulrike M.; GRUNDY, John. Modelling human-centric aspects of end-users with iStar. <i>Journal of Computer Languages</i> , v. 68, p. 101091, 2022.
REF02	SHIROGANE, Junko. Support Method to Elicit Accessibility Requirements. In: <i>Requirements Engineering</i> . Springer, Berlin, Heidelberg, 2014. p. 210-223.
REF03	LAABIDI, Mohsen; JEMNI, Mohamed. PBAE: New UML profile based formalism to model accessibility in e-learning systems. <i>International Journal of Engineering Education</i> , v. 25, n. 4, p. 646, 2009.

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

6.1.1 Identificação dos conceitos a serem introduzidos pela extensão

Nesta seção, vamos identificar os conceitos que precisam ser adicionados para adaptar a KAOS ao domínio de acessibilidade, juntamente com a referência de onde ele foi baseado. Os mesmos estão detalhados no Quadro 11.

Quadro 11 – Lista de Conceitos e suas Referências.

ID	Nome do construtor	Referência
EXT01	Agente Acessível	REF01 e REF03
EXT02	Requisito de Acessibilidade	REF01 e REF02
EXT03	Operação Acessível	REF01
EXT04	Propriedade de Domínio Acessível	REF01, REF02 e REF03

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Não houve necessidade de entrar em contato com os especialistas no domínio da extensão, da modo que Castro (2023) em seu trabalho realizou uma consulta a um especialista de acessibilidade, e não sentimos necessidade de sanar nenhuma dúvida durante a identificação dos construtores para compor a extensão da KAOS. Assim, continuamos a execução do PRAOS com a modelagem de um exemplo.

6.1.2 Modelagem de um exemplo com os conceitos identificados usando KAOS

Esta tarefa consiste em modelar um exemplo com a sintaxe padrão da linguagem da KAOS, que foi realizado e trouxemos para representação nesse trabalho apenas a representação utilizando da aplicação da extensão com acessibilidade, que está presente na seção 6.4, e temos a seguir a descrição de cada um dos construtores que foram adicionados com a extensão aqui

proposta.

Não houve necessidade de entrar em contato com os especialistas em extensões da KAOS. Assim, continuamos a execução do PRAOS com a busca por extensões relacionadas.

6.1.3 Verificação da existência de extensões relacionadas à nova proposta no catálogo de extensões da KAOS

O catálogo de extensões da KAOS Carvalho Júnior (2022) foi acessado e foram realizadas buscas com o intuito de identificar extensões relacionadas com acessibilidade. Foram realizadas buscas por título da extensão, área de aplicação da extensão. Utilizamos os seguintes termos de busca para título da extensão: *accessibility*, *acessibilidade*, *accessible* e *acessível*. Além disso, verificamos áreas de aplicações relacionadas a acessibilidade. Nenhuma das buscas retornaram extensão relacionada, portanto consideramos que não há extensão relacionada com a nossa extensão.

6.2 Descrição dos conceitos da extensão

6.2.1 Pesquisando e selecionando construtores a serem reutilizados.

Uma vez que não encontramos extensões da KAOS para a modelagem de acessibilidade, também não foram identificados construtores a serem reutilizados.

6.2.2 Descrição dos conceitos da extensão

As definições dos construtores inseridos são apresentada no Quadro 12.

Quadro 12 – Lista de Conceitos, Definições e Referências.

ID	Nome do construtor	Definição	Referência
EXT01	Agente Acessível	Um agente acessível representa um agente que possua forma acessível de realizar determinada atividade.	REF01 e REF03
EXT02	Requisito de Acessibilidade	Representa metas esperadas de serem alcançadas, utilizando de acessibilidade.	REF01 e REF02
EXT03	Operação Acessível	Tarefa a ser executada, que terá acessibilidade atrelada a sua especificação.	REF01
EXT04	Propriedade de Domínio Acessível	Direcionamentos a cerca das restrições que devem ser seguidas com as propriedades do domínio específico do desenvolvimento da aplicação.	REF01, REF02 e REF03

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

6.2.3 Análise de integração dos construtores da extensão aos da KAOS

Na criação da representação dos conceitos para a extensão da KAOS, optamos por adotar uma abordagem que mantém a proximidade com a representação oficial da KAOS. As relações dos novos construtores com os padrões da KAOS estão organizados no Quadro 13.

Quadro 13 – Conceitos e Relações com Construtores da KAOS

ID	Nome do construtor	Relação com o construtor da KAOS
EXT01	Agente Acessível	Especializa o agente, o tornando um agente com acessibilidade.
EXT02	Requisito de Acessibilidade	Requisito especializado.
EXT03	Operação Acessível	Operação especializada.
EXT04	Propriedade de Domínio Acessível	Propriedade de Domínio especializada.

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Não houve necessidade de entrar em contato com os especialistas em extensões da KAOS. Assim, continuamos a execução do PRAOS com o desenvolvimento da extensão.

6.3 Desenvolvimento da extensão da KAOS

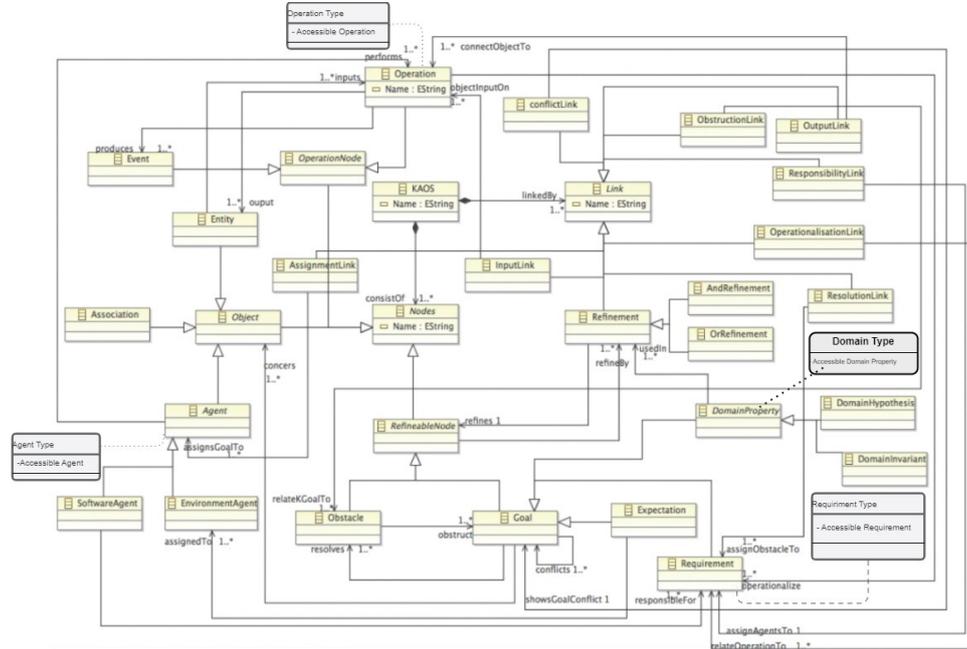
6.3.1 Definição do metamodelo da extensão

Como a extensão impactou diretamente os construtores *agent*, *operation*, *requirement* e *domain property*, ela afeta três diagramas principais: o diagrama de operações, o diagrama de responsabilidades e o diagrama de objetivos.

Os conceitos identificados na lista de conceitos foram incluídos no metamodelo conforme a Figura 22 que apresenta o metamodelo da extensão da KAOS, elaborado a partir da modelagem de um metamodelo da KAOS desenvolvido por Matulevicius *et al.* (2007). Nela podemos identificar os novos construtores na cor cinza. O construtor "Operation type", que está vinculado ao construtor original "Operation", representa uma especialização que fornece informações adicionais sobre a necessidade de acessibilidade para a execução de atividades específicas. Da mesma forma, "Requirement Type" e "Software Agent" e "Domain Type" foram introduzidos para especializar os construtores originais da KAOS e representar mais diretamente a acessibilidade nos sistemas. Essas adições garantem uma modelagem mais detalhada e específica, alinhada às novas exigências do domínio de acessibilidade. A Figura 22 foi desenvolvida pelo autor, sendo que sua construção se fundamenta no metamodelo descrito no artigo de Matulevicius

et al. (2007).

Figura 22 – Metamodelo da extensão proposta.



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

6.3.2 Definição de regras de validação da extensão

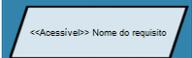
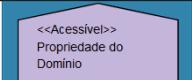
Não se aplica a criação da extensão em desenvolvimento.

6.3.3 Definição da sintaxe concreta da extensão

A lista das representações dos construtores inseridos pela extensão está presente no Quadro 14. Nesta seção, são apresentados maiores detalhes sobre cada um dos construtores adicionados.

Para representá-los de acordo com a proposta da extensão, optamos por incluir um estereótipo textual na representação padrão de KAOS. Esses estereótipos são especializados pelos novos construtores inseridos. Essa decisão foi motivada pela necessidade de manter a consistência na modelagem dos diagramas. Utilizamos a ferramenta Objectiver, que suporta a representação padrão de KAOS, e, com a inclusão dos estereótipos textuais, ela também pode ser empregada para modelar essa extensão.

Quadro 14 – Detalhes da sintaxe concreta dos Construtores da Extensão KAOS.

ID_construtor	Nome do Construtor	Representação	Explicação sobre a Representação Gráfica	Reutilizado?
EXT01	Agente Acessível		Agente acessível utiliza da forma de representação oficial de agente da KAOS, diferenciando apenas o termo “Acessível” que vem antes do nome do agente.	Não
EXT02	Requisito de acessibilidade		Requisito acessível utiliza da forma de representação oficial de requisito da KAOS, diferenciando apenas o termo “Acessível” que vem antes do nome do requisito.	Não
EXT03	Operação Acessível		Operação acessível utiliza da forma de representação oficial de operação da KAOS, diferenciando apenas o termo “Acessível” que vem antes do nome da operação.	Não
EXT04	Propriedade do Domínio Acessível		Propriedade do Domínio acessível utiliza da forma de representação oficial de domais property da KAOS, diferenciando apenas o termo “Acessível” que vem antes do nome da propriedade do domínio.	Não

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

6.3.4 Verificação de completude, consistência e conflitos

A verificação da completude, consistência e conflitos da extensão proposta foi realizada. A análise da completude é apresentada no Quadro 15. Nela podemos observar a ausência de problemas deste tipo. As regras de boa formação não são obrigatórias, portanto não há problema em não tê-las definido uma vez que não há necessidade para tal.

Quadro 15 – Verificação de Completude da Extensão da KAOS

Nível	Definição dos Conceitos	Metamodelo	Regras de Boa formação	Sintaxe Concreta
Extensão KAOS	✓	✓		✓

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Nos Quadros 16 e 17 temos organizadas as informações sobre a consistência dos construtores e sobre a ausência de nós e links da sintaxe padrão da KAOS. Também podemos identificar a ausência de problemas deste tipo.

Quadro 16 – Consistência dos Conceitos em Cada Nível

Conceito	Definição dos Conceitos	Metamodelo	Sintaxe Concreta
Agente acessível	✓	✓	✓
Requisito de acessibilidade	✓	✓	✓
Operação acessível	✓	✓	✓
Propriedade de domínio acessível	✓	✓	✓

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quadro 17 – Ausência de Nós e Links da Sintaxe Padrão da KAOS

Construtor	Metamodelo	Sintaxe Concreta
Goal	✓	✓
Requirement	✓	✓
Expectation	✓	✓
Obstacle	✓	✓
Object	✓	✓
Entity	✓	✓
Event	✓	✓
Operation	✓	✓
Software Agent	✓	✓
Domain Hypotesis	✓	✓
Domain Invariant	✓	✓
Domain Property	✓	✓

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Por fim, a análise de conflitos com construtores existentes foi feita por meio do uso

do catálogo de extensões da KAOS. No qual não identificamos construtores existentes para representar os conceitos aqui introduzidos ou estereótipos utilizados em construtores existentes. Logo, também há a ausência de conflitos.

6.3.5 *Aplicação da extensão em uma ferramenta de modelagem*

A KAOS possui uma ferramenta de modelagem chamada *Objectiver*¹, que permite a criação de diagramas usando os quatro tipos de representações que compõem a KAOS. Utilizamos o *Objectiver* para gerar essas representações.

A ferramenta *Objectiver* não suporta a adição de novas representações para criar novos tipos de diagramas. Em vez disso, adaptamos as representações existentes para incorporar as novas características necessárias, garantindo que os construtores sejam representados de forma distinta, mas dentro da sintaxe padrão da KAOS.

Para a nova extensão voltada para o desenvolvimento de sistemas acessíveis, propomos os seguintes construtores: agente acessível, requerimento de acessibilidade, propriedade do domínio acessível e operação acessível. Esses construtores são integrados em três dos quatro tipos de diagramas da KAOS: diagrama de objetivos, diagrama de responsabilidades e diagrama de operações.

6.4 Validação e Avaliação da extensão da KAOS

6.4.1 *Uso da proposta de extensão para modelar um sistema*

Sistema com acessibilidade para pessoas com deficiência visual

No exemplo a seguir, temos a representação do seguinte sistema:

Este sistema foi projetado para ser totalmente acessível e usável por todos os usuários, incluindo aqueles com deficiência visual. Para garantir essa acessibilidade, o sistema integra tecnologias assistivas, como leitores de tela, e implementa práticas recomendadas de design inclusivo.

Principais Funcionalidades:

- **Compatibilidade com Leitores de Tela:** A interface do sistema foi adaptada para funcionar perfeitamente com os leitores de tela mais populares, permitindo que usuários com deficiência visual naveguem, e acessem informações de forma independente e eficiente.

¹ <https://www.objectiver.com/index.php?id=25>

- **Audiodescrições:** Todos os elementos visuais críticos, como imagens e gráficos, são acompanhados por descrições alternativas em texto, que são convertidas em áudio pelos leitores de tela, conseguindo garantir com que as informações sejam compreensíveis mesmo sem visão.
- **Interface Otimizada:** Embora priorize a acessibilidade, o sistema também mantém uma interface intuitiva e eficiente para usuários sem deficiência, com foco em uma navegação rápida e um design claro e direto, que minimiza o esforço cognitivo e o tempo de resposta. Este sistema busca promover a inclusão digital, permitindo que todos os usuários, independentemente de suas capacidades visuais, possam participar plenamente das atividades conseguindo acessar de maneira igualitária e sem barreiras.

Diagramas da KAOS utilizados na extensão:

- **Modelo de Objetivo**

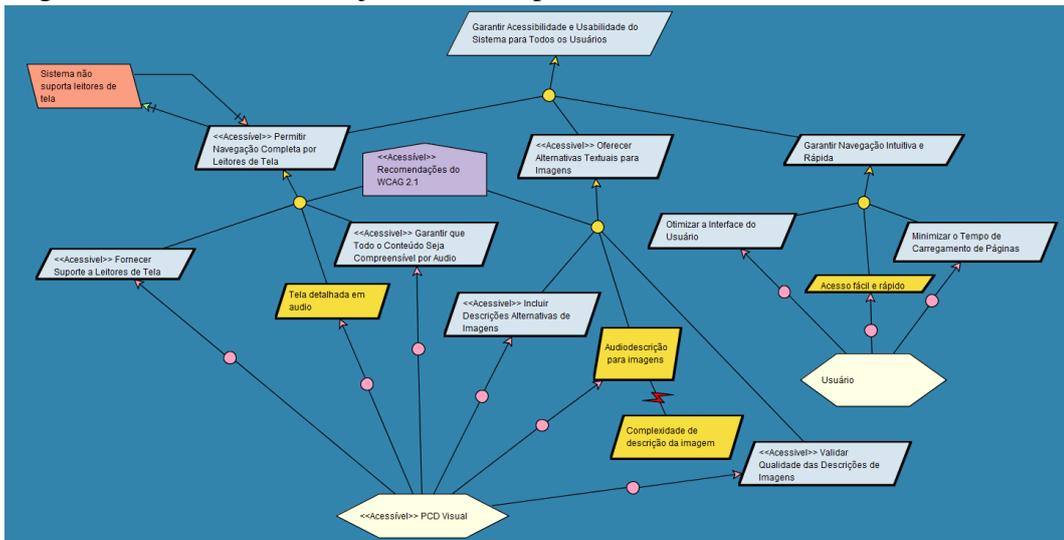
No modelo de objetivos, o objetivo principal do sistema é representado no topo do diagrama como "Garantir Acessibilidade e Usabilidade do Sistema para Todos os Usuários". Este objetivo está associado a uma estrutura de propriedades do domínio acessível, que denominamos "Recomendações da WCAG 2.1". Esta estrutura contém diretrizes que orientam a inclusão de acessibilidade nos sistemas. Após a descrição dessa estrutura, ela é dividida em requerimentos e expectativas. Os requerimentos definem as metas que os usuários devem atingir para alcançar o objetivo principal do sistema, enquanto as expectativas especificam o comportamento esperado do sistema em relação aos objetivos representados.

Na Figura 23, apresentamos o modelo de objetivos representado na modelagem usando a ferramenta Objectiver. Além disso, incluímos a representação de um obstáculo, onde o sistema pode não suportar leitores de tela, e um conflito, que ilustra a dificuldade de descrever imagens devido à complexidade das informações que necessitam de narração.

- **Modelo de Responsabilidade**

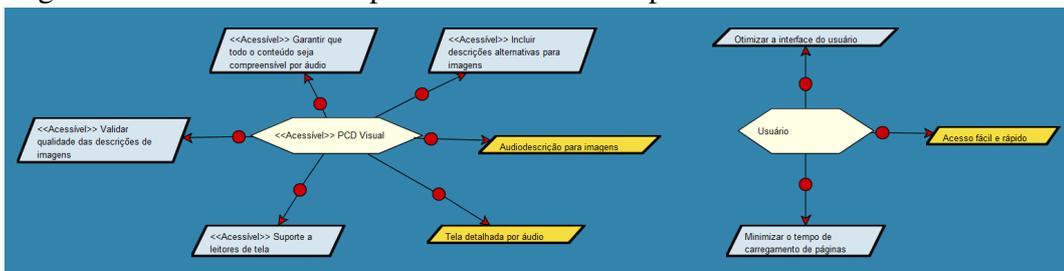
No modelo de responsabilidade, temos como objetivo principal a identificação das responsabilidades relacionadas com cada agente do sistema, no exemplo em questão temos o «<Acessível> PCD Visual », que representa o acesso ao sistema por usuários com deficiência visual, e o "Usuário" que representa no sistema o acesso por um usuário sem deficiência. Na Figura 24 temos a identificação das tarefas atribuídas a cada um desses agentes do sistema.

Figura 23 – Modelo de Objetivo - Exemplo 2.



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Figura 24 – Modelo de Responsabilidade - Exemplo 2.



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

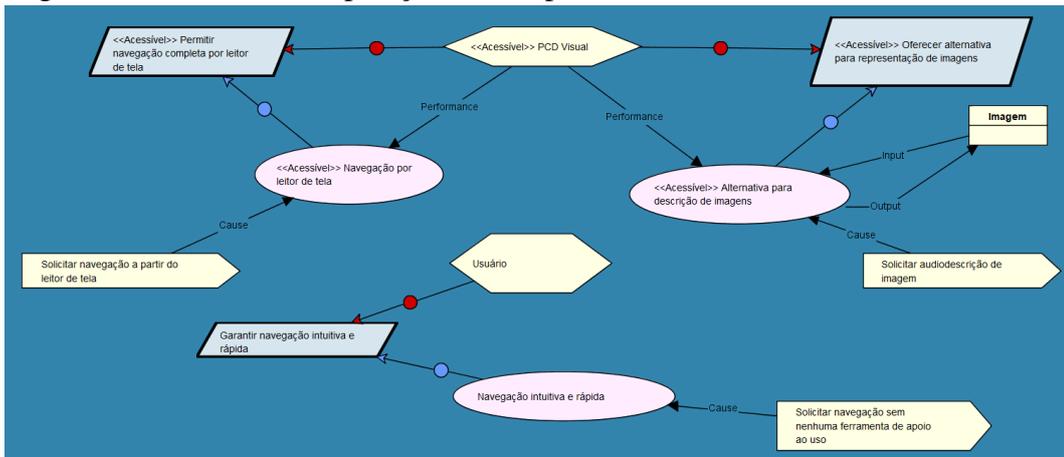
• Modelo de Operação

O modelo de operação tem como objetivo identificação de operações necessárias para que os requisitos sejam satisfeitos, no diagrama da Figura 25, temos o fluxo de operações que devem ser realizadas para atender os requisitos "Permitir Navegação Completa por Leitores de Tela", "Oferecer Alternativas Textuais para Imagens" e "Garantir Navegação Intuitiva e Rápida", envolvendo a participação dos agentes presentes no contexto de utilização do sistema.

6.4.2 Avaliação da extensão proposta com base no PRAOS

Nesta seção será apresentada a avaliação, junto aos especialistas em IHC, da extensão de acessibilidade proposta.

Figura 25 – Modelo de Operação - Exemplo 2.



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

6.4.2.1 Método

Nós seguimos os princípios de Survey apresentados por Kitcher e Am (2002). Este survey é baseado em um questionário auto-administrado via internet. O principal objetivo deste survey é analisar a extensão proposta para a modelagem de requisitos de acessibilidade com KAOS.

O questionário foi estruturado em 13 perguntas no google forms e submetido de maneira online.

Inicialmente fizemos um piloto com um aluno de graduação da Universidade Federal do Ceará. Este aluno não possui experiência em acessibilidade ou IHC. Este teste inicial ocorreu para recebermos um feedback sobre a clareza das perguntas do questionário.

Na sequência aplicamos um piloto com um participante com um aluno de mestrado da Universidade Federal do Ceará com experiência em acessibilidade. Este piloto ocorreu para obtermos insights sobre a necessidade de novas perguntas ou ajustes técnicos das perguntas existentes.

Os dados dos testes piloto foram descartados. Após os testes piloto, nós aplicamos o questionário aos participantes.

O universo da pesquisa é composto por pesquisadores ligados à área de Interação Humano Computador, visto que o domínio de acessibilidade é alvo do estudo desta área de pesquisa. Nossa amostra é baseada nos pesquisadores brasileiros da área, na qual consideramos os autores das últimas 5 edições (2019-2023) do Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais.

O questionário foi aplicado entre os meses de abril e junho de 2024. O convite para

participação da validação da extensão foi enviado para uma lista com aproximadamente 100 e-mails de pesquisadores da área de IHC e conseguimos ter uma devolutiva de 20 respostas. Detalharemos a seguir cada pergunta e a respectiva análise das respostas.

6.4.2.2 *Resultados*

Q1 – Começamos solicitando o consentimento dos participantes para participação da pesquisa, autorizando o uso das respostas informadas por eles. Tivemos o consentimento autorizado por todos.

Q2 – Perguntamos se os participantes tinham experiência com desenvolvimento de software, 2 deles nunca tiveram experiência nenhuma com a área e os 18 demais informaram que sim, já tiveram experiência seja a trabalho ou pesquisa.

Q3 – Fizemos o levantamento de quanto tempo cada participante tem de experiência na área de IHC, e todos eles informaram estão dentro da classificação que possuem menos de 10 anos de experiência na área.

Q4 – Como forma de identificar qual é função mais específica de cada um dos participantes, perguntamos quais os cargos que os mesmos ocupavam, tendo como resposta: 5 pesquisadores, 4 professores, 3 engenheiros de requisitos, 4 programadores e 4 gerentes de projeto.

Tivemos como maioria do público que contribuíram com nossa pesquisa: professores, e como esperado que fosse, todos os participantes fazem parte do nicho de participantes de da Conferência de Interação Humano Computador.

Temos na Figura 26 a representação das respostas obtidas nessa pergunta do questionário.

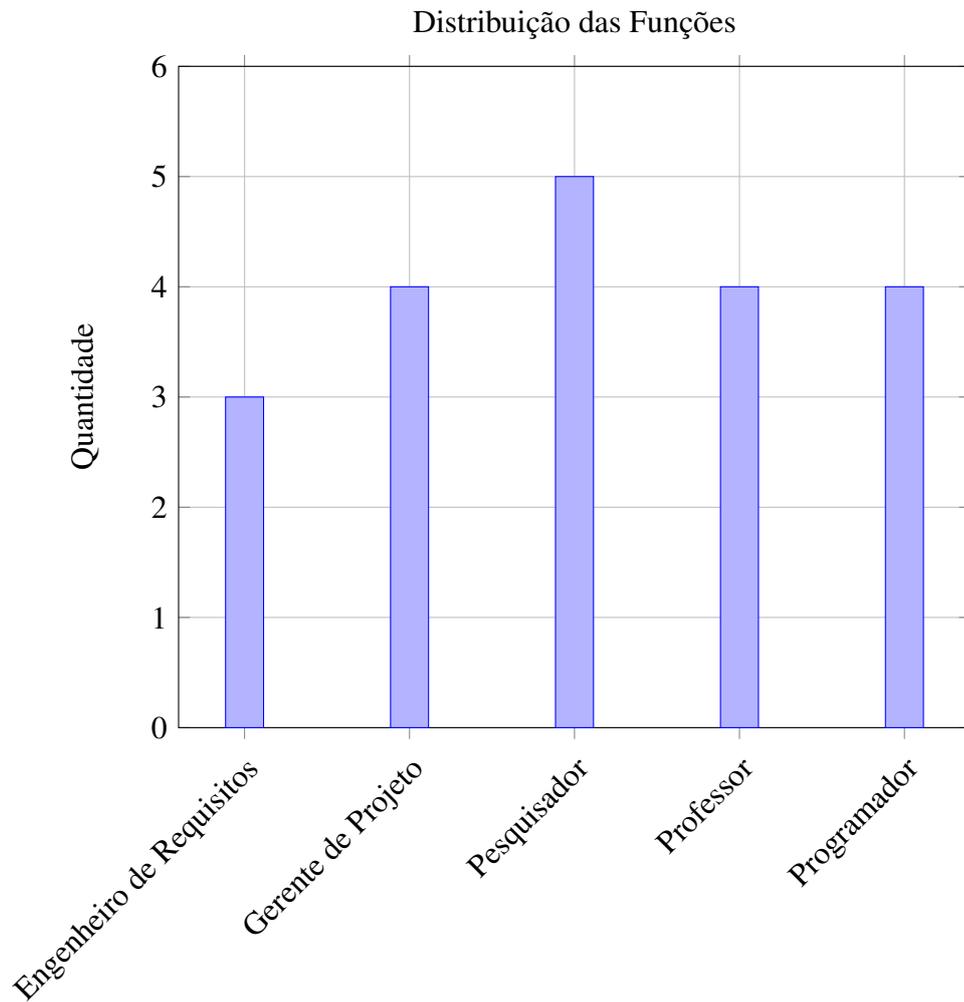
Q5 – A pergunta foi se o seu trabalho envolve acessibilidade, resultando em 8 que não envolvem acessibilidade na sua rotina de trabalho, e 12 participantes possuem a acessibilidade presente nas suas rotinas de trabalho.

Já com a pergunta mais direcionada ao uso de acessibilidade na sua rotina de trabalho atual, tivemos como maioria o grupo 12 participantes que estão diretamente ligados a assuntos que envolvem acessibilidade nas tarefas desempenhadas no seu trabalho.

Temos na Figura 27 a representação das repostas obtidas nessa pergunta da pesquisa.

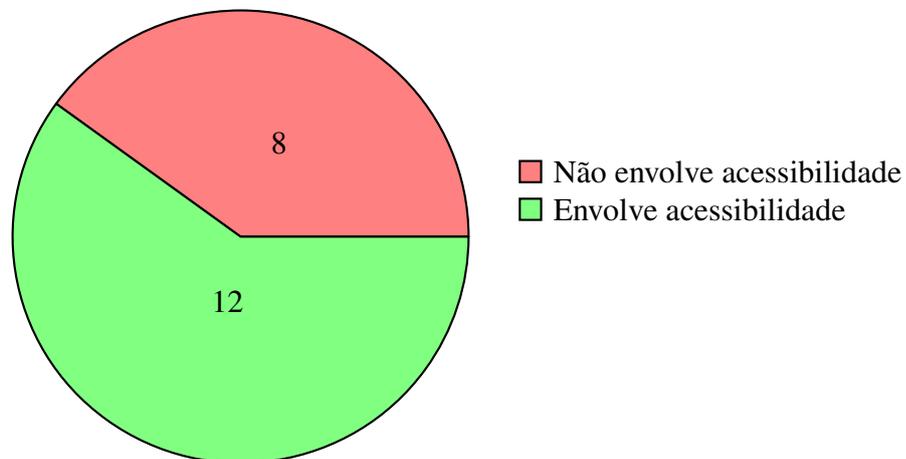
Q6 – Quando a resposta foi quanto tempo eles tinham de experiência com acessibilidade, 3 informaram não ter, e 17 informaram que possuem menos de 10 anos dentro do âmbito

Figura 26 – Q4: Função ocupada pelos participantes.



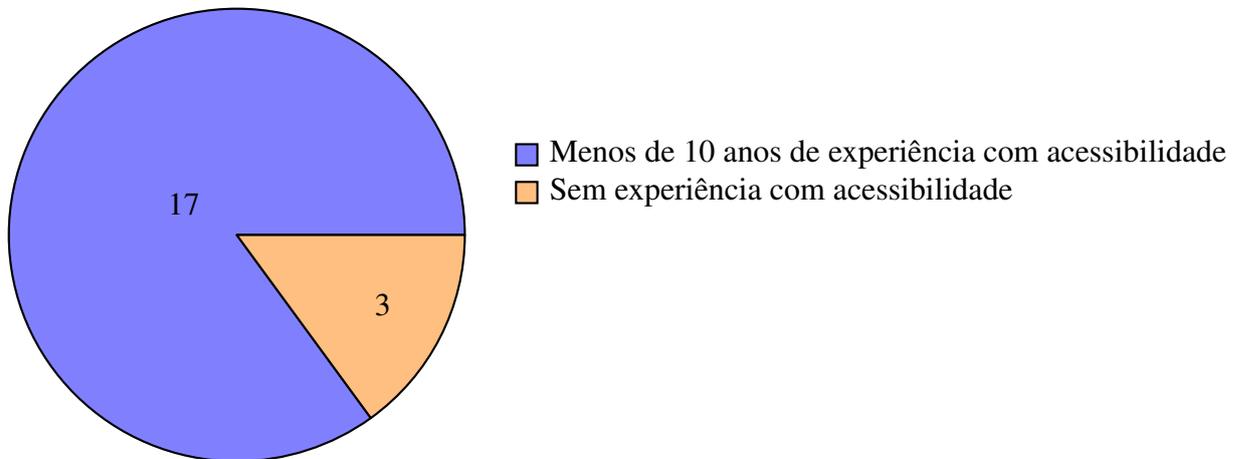
Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Figura 27 – Q5: Distribuição dos participantes pelos que trabalham ou não com acessibilidade



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Figura 28 – Q6: Tempo de experiência com acessibilidade



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

de acessibilidade.

Dos participantes, tivemos um expresso grupo que contam com uma experiência com acessibilidade, representando 17 do total de 20 participantes, e um baixo número com apenas 3 que não possuem experiência com acessibilidade.

Temos na Figura 28 a representação das repostas obtidas nessa pergunta da pesquisa.

Q7 – Procuramos saber se os participantes já conheciam ou pelo menos tinham ouvido falar sobre KAOS, e tivemos 3 participantes que já conheciam, e todos as outras 17 participantes nunca tinham ouvido falar sobre a linguagem de modelagem KAOS.

KAOS se mostrou ser uma ferramenta de linguagem de modelagem não conhecida pela maioria dos participantes envolvidos na nossa pesquisa, tendo o conhecimento prévio com apenas 3 deles, e todos os demais ainda não tinham ouvido falar da ferramenta.

Temos na Figura 29 a representação das repostas obtidas nessa pergunta da pesquisa.

Após estas questões de caracterização do perfil dos participantes, um vídeo de apresentação de KAOS e da extensão de acessibilidade foi disponibilizado ². Na sequência, as questões Q8-Q13 apresentaram questionamentos diretamente relacionados à extensão porpostas, tendo opções de resposta variando numa escala de 1 a 5, onde 1 representa discordo totalmente e 5 concordo totalmente, e a seguir temos os resultados obtidos:

Q8 - Esta extensão para modelar requisitos de acessibilidade é necessária para apoiar o desenvolvimento deste tipo de sistema?

² <https://youtu.be/xG1Xmpm4xKc>

Figura 29 – Q7: Conhecimento sobre a KAOS
Conhecimento sobre KAOS

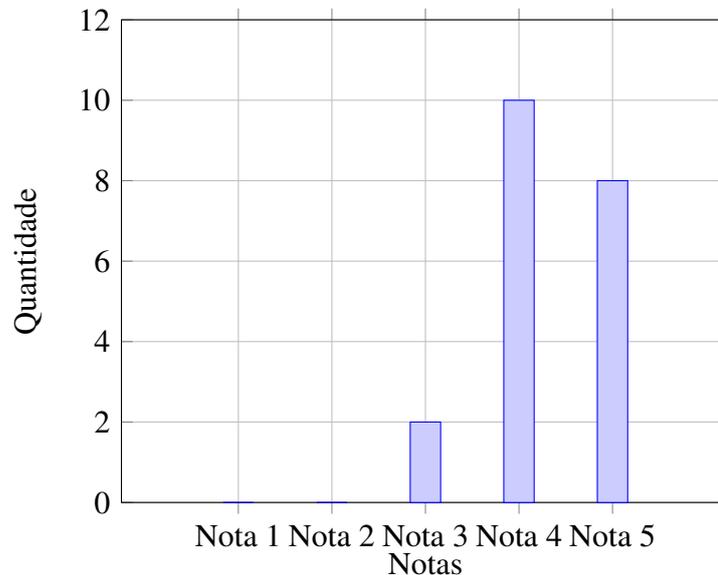


Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Tivemos uma representação boa de participantes que concordaram com o uso da extensão de KAOS que foi utilizada para desenvolver a modelagem de um sistema com acessibilidade, desta forma, concordando com a importância da mesma.

Temos na Figura 30 a representação das repostas obtidas nessa pergunta da pesquisa.

Figura 30 – Respostas Q8



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

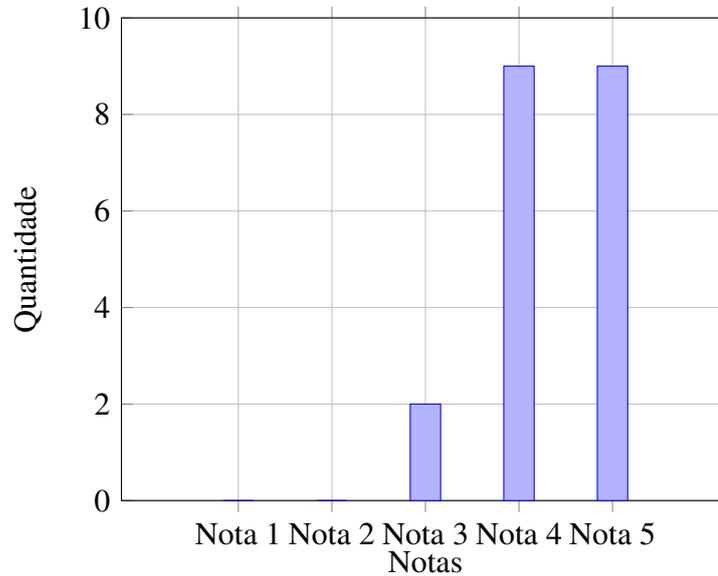
Q9 - A extensão proposta será útil para o desenvolvimento de sistemas com usabilidade?

No quesito de utilidade da extensão de KAOS proposta, obtivemos a confirmação,

mediante os participantes, que será útil e que poderá sim trazer benefícios para a modelagem e desenvolvimento de sistemas.

Temos na Figura 31 a representação das repostas obtidas nessa pergunta da pesquisa.

Figura 31 – Respostas Q9



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Q10 - O uso da extensão é viável para representar requisitos de acessibilidade nos modelos.

A extensão proposta conta com a representação de requisitos com acessibilidade com um destaque, visto a importância de ter presente características específicas, e conseguimos comprovar a viabilidade de tal objetivo.

Q11 - A representação dos construtores de acessibilidade está adequada (Agente Acessível, Requisito Acessível, Operação Acessível)?

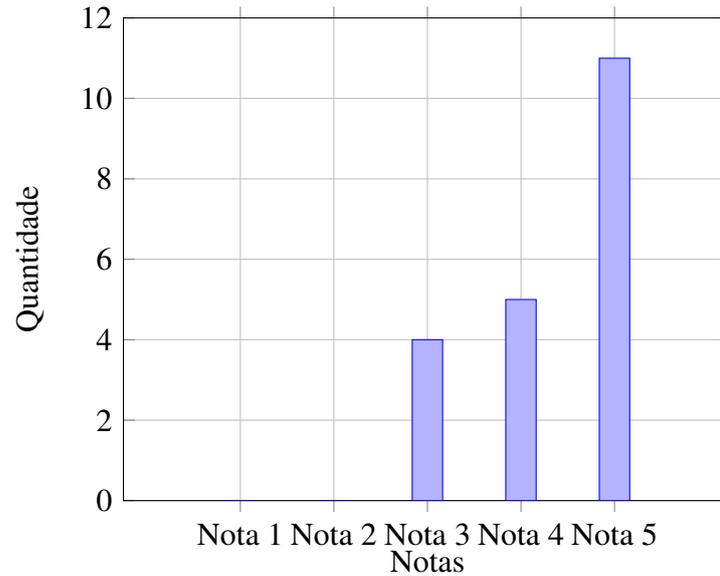
Observamos que a representação dos novos construtores da extensão atende ao propósito inicial, alinhando-se com as expectativas estabelecidas. A representação é clara e objetiva, o que permite que o novo modelo de acessibilidade se integre de forma eficaz à linguagem KAOS, proporcionando uma visualização precisa e funcional dos conceitos introduzidos.

Temos na Figura 32 a representação das repostas obtidas nessa pergunta da pesquisa.

Q12 - A comunidade de acessibilidade poderá se beneficiar com a proposta desta extensão de alguma forma?

A comunidade de acessibilidade pode se beneficiar significativamente da extensão proposta. A maioria dos especialistas concorda que a introdução dessa ferramenta adicional

Figura 32 – Respostas Q11

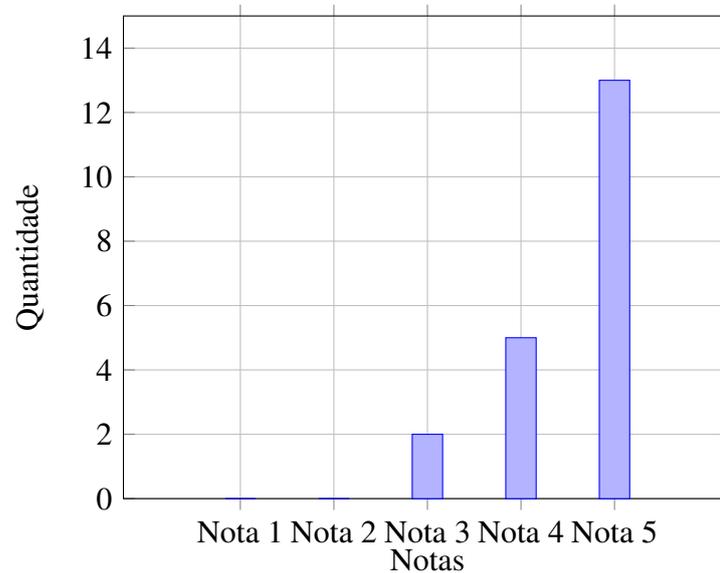


Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

facilitará o desenvolvimento de software acessível, ajudando a atender de forma mais eficaz todas as expectativas e necessidades do projeto.

Temos na Figura 33 a representação das repostas obtidas nessa pergunta da pesquisa.

Figura 33 – Respostas Q12



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

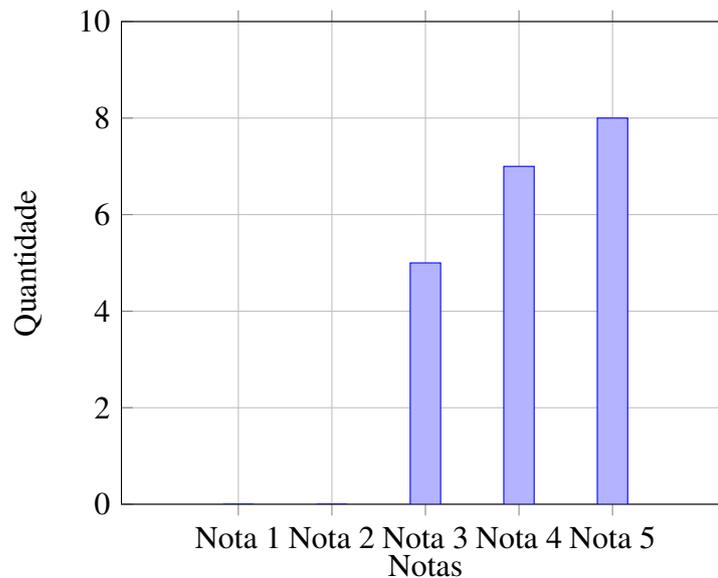
Q13 - Recomendarei o uso desta extensão nos próximos projetos de desenvolvimento de software acessível que eu participar.

Finalmente, apresentamos a recomendação para a adoção da proposta de extensão de KAOS na modelagem de futuros desenvolvimentos de aplicações voltadas para acessibilidade. A

maioria dos especialistas avaliou positivamente essa proposta, sugerindo que sua implementação pode trazer benefícios significativos e ajudar a garantir que as aplicações atendam melhor às necessidades de acessibilidade.

Temos na Figura 34 a representação das repostas obtidas nessa pergunta da pesquisa.

Figura 34 – Respostas Q13



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Com a realização da avaliação sobre a proposta de extensão da KAOS desenvolvida neste trabalho, destacamos os seguintes pontos principais:

1. Reconhecimento Limitado de KAOS: Observamos que KAOS ainda não é tão amplamente conhecido ou utilizado pela comunidade de IHC.

2. Utilidade da Extensão para Acessibilidade: A extensão proposta para o contexto de acessibilidade se mostrou útil. Ela permite destacar e integrar características específicas essenciais para o desenvolvimento de aplicações de software que atendam adequadamente às necessidades de acessibilidade.

3. Potencial para Aplicações Futuras: A extensão tem o potencial de ser recomendada e utilizada em projetos futuros para modelar requisitos de acessibilidade. Isso não apenas facilita a inclusão de requisitos de acessibilidade em projetos, mas também contribui para a disseminação do conhecimento sobre a ferramenta KAOS, que, embora menos conhecida, é eficaz e relevante para a modelagem de requisitos.

Em suma, nossa pesquisa destaca a importância e a aplicabilidade da extensão KAOS para acessibilidade e também sugere sua adoção dela como uma forma de especificar requisitos

deste tipo de sistemas em projetos futuros.

6.4.2.3 *Ameaças à Validade*

A análise das ameaças à validade deste estudo foi feita com base nos critérios definidos por Kitcher e Am (2002). Assim, consideramos ameaças a validade de Critério, Construção, Face e Conteúdo.

- **Validade de Critério:** A validade de critério refere-se a como os resultados do nosso estudo se relacionam com estudos semelhantes. No contexto do nosso estudo, uma possível ameaça a essa validade reside na ausência de uma métrica externa padrão para comparar a eficácia da extensão proposta para KAOS na modelagem de requisitos de acessibilidade. Sem um benchmark reconhecido na comunidade, torna-se desafiador avaliar objetivamente a eficácia da nossa extensão em relação a outras existentes. Além disto, boa parte das extensões da KAOS não apresenta uma avaliação da proposta.
- **Validade de Construção:** A validade de construção diz respeito à adequação dos construtos utilizados no estudo. Uma ameaça significativa de construção é a familiaridade limitada dos participantes com a linguagem KAOS. Conforme identificado no survey, 17 dos 20 participantes nunca tinham ouvido falar de KAOS antes deste estudo. Assim, o entendimento superficial ou limitado da linguagem pode ter influenciado as respostas, especialmente nas questões mais técnicas ou específicas. Buscamos mitigar esta ameaça por meio da inclusão de conceitos de KAOS no vídeo de apresentação.
- **Validade de Face:** A validade de face avalia se o estudo parece válido para pessoas que não são especialistas no tema. Antes da aplicação ampla do questionário, realizamos piloto com um aluno de graduação sem experiência no tema. Além disto, fizemos também um piloto com um aluno de mestrado com experiência. Esses pilotos ajudaram a refinar as perguntas. Reconhecemos a limitação na quantidade de participantes dos pilotos realizados. Assim, é possível que, apesar desses esforços, algumas questões ainda possam ter sido interpretadas de maneira ambígua ou não tenham capturado plenamente as nuances necessárias para avaliar a eficácia da extensão.
- **Validade de Conteúdo:** A validade de conteúdo refere-se à abrangência e representatividade dos conteúdos abordados pelo estudo. Nosso questionário, composto por 13 perguntas, buscou abordar diversos aspectos relacionados à extensão proposta, desde a experiência dos participantes até a avaliação direta da extensão. No entanto, considerando a

complexidade inerente à modelagem de requisitos de acessibilidade e à própria linguagem KAOS, é possível que o questionário não tenha capturado todos os elementos necessários.

7 ESTUDO QUALITATIVO DA AVALIAÇÃO DO PRAOS

O objetivo deste estudo é identificar o ponto de vista dos pesquisadores que propuseram extensões da KAOS sobre o PRAOS. Para tanto, foi realizado um estudo qualitativo baseado em entrevistas semiestruturadas para analisar, o qual reuniu insights valiosos sobre o PRAOS.

Um roteiro de entrevista contendo perguntas abertas foi elaborado para este estudo. O roteiro de entrevista foi validado por um pesquisador experiente em linguagens de modelagem orientadas a objetivos e extensões. Ele foi previamente testado com dois estudantes de graduação em computação da Universidade Federal do Ceará, sem conhecimento no PRAOS ou KAOS. Nós também realizamos um piloto com um estudante de mestrado em computação com conhecimento nas extensões de KAOS. Estas análises prévias do roteiro ajudaram a aprimorá-lo antes do estudo. Os dados do piloto não foram considerados na análise deste estudo. A versão final do roteiro de entrevista está disponível na Figura 35.

O universo desta pesquisa (população) é composto por autores de extensões da KAOS. Assim, nosso universo (população) é de 113 autores de extensões da KAOS. Selecionamos uma amostra de pesquisadores 13 pesquisadores com mais experiência em extensões da KAOS, com base nas análises apresentadas na RSL de extensões da KAOS (Seção 4). Obtivemos confirmação de participação de 5 membros da amostra, sendo estes nossos participantes.

Os participantes estão distribuídos geograficamente da seguinte forma: 1 do Brasil, 2 da Itália, 1 de Portugal e 1 da França. Os cinco participantes possuem doutorado, sendo que quatro deles são professores e um deles é diretor de tecnologia em uma empresa e professor. Cada participante está vinculado a uma universidade diferente em seu país de origem.

Fornecemos aos participantes termos de esclarecimento e consentimento antes de cada sessão de entrevista. Os participantes assistiram a um vídeo¹ sobre o PRAOS após a pergunta 3 (Vide script de entrevista). Cada participante recebeu o vídeo de apresentação do PRAOS em português, em inglês e ou francês.

As entrevistas foram realizadas via Google Meet individualmente com cada participante. Cada entrevista foi gravada com o consentimento dos participantes. Cada entrevista teve um tempo médio de duração de 30 minutos.

Os dados qualitativos das entrevistas foram então analisados utilizando procedimentos da pesquisa qualitativa básica de Merriam (2009), na qual analisamos as respostas das questões e apresentamos os principais destaques encontrados.

¹ <https://www.youtube.com/watch?v=SiatkZK0OII>

Figura 35 – Roteiro de Entrevista do Estudo Qualitativo de Avaliação do PRAOS.

Perguntas do Roteiro de Entrevista:

1. Quantos anos de experiência você tem usando a KAOS?
2. Quantas extensões da KAOS você propôs?
3. Qual é a sua posição atual (Professor/desenvolvedor)?
4. Você trabalha na academia, na indústria ou em ambos?
5. O que está faltando para que os pesquisadores criem extensões da KAOS de forma mais sistemática? O que poderia ter ajudado quando você propôs sua extensão?
6. O que você e outros pesquisadores fazem para desenvolver extensões de forma mais sistemática?
7. Você conhece algum processo para criar extensões da KAOS? Quais?
8. Qual é a sua opinião sobre o PRAOS?
9. Quais são os pontos fortes do PRAOS?
10. Quais são as fraquezas do PRAOS?
11. O que você acha das diretrizes, catálogo e da verificação de completude, consistência e conflitos propostos no PRAOS?
12. Qual é o nível de esforço/dificuldade para entender o PRAOS? Quais são as partes mais difíceis e mais fáceis do PRAOS?
13. Você considera o PRAOS necessário/útil? Por quê?
14. O PRAOS é adequado/importante para apoiar a proposta de extensões da KAOS pela comunidade KAOS? Por quê? Para quem (iniciantes, especialistas ou ambos)?
15. Em uma escala de 0 a 10, qual é a possibilidade de você usar o PRAOS (ou parte dele) para propor outra extensão no futuro? Por quê?
16. Se você conhecesse alguém interessado em propor uma nova extensão da KAOS, o que você diria a ele/ela sobre o PRAOS?
17. Como você acha que o processo seria usado para criar extensões? Conforme proposto ou com mudanças/parte dele?
18. Você tem alguma sugestão/observação relacionada ao PRAOS?
19. O PRAOS (ou parte dele) poderia ser usado/ajustado para apoiar extensões de outras linguagens de modelagem? Quais linguagens de modelagem?
20. Há algo sobre o PRAOS que não mencionamos na entrevista e que você gostaria de comentar?

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

7.1 Resultados e Discussão das Entrevistas com Especialistas

Sobre o tempo de experiência com KAOS, um dos participantes utilizou KAOS em sua tese de doutorado por 8 anos, outro dos participantes comentou que ensinou KAOS por 8 anos e utiliza há 15 anos. Outro deles mencionou que estudou por mais de 9 anos. Já dois deles comentaram que a experiência foi pontual, para modelar conceitos de um domínio específico.

Em relação à quantidade de extensões que cada participante produziu, apenas o P2 propôs duas extensões, enquanto os demais produziram apenas 1. Sobre o atual cargo dos participantes (Pergunta 4), todos trabalham na academia como professores, sendo que um deles mencionou também ser diretor de tecnologia em uma empresa.

Quando os participantes foram questionados sobre o que eles e outros pesquisadores fazem para desenvolver a extensão de forma mais sistemática, P3 respondeu que mudava a sintaxe da linguagem de modelagem, ele adicionava a própria semântica. No entanto, P1 comentou que para criar uma extensão é necessário entender que dentro da linguagem de modelagem há uma estrutura que não pode ser desfeita. P4 comenta que as ferramentas gráficas podem ajudar, como Sirius, para o desenvolvimento de extensões mais formalmente. Além disso, P2 também faz uma analogia para afirmar que cada linguagem de modelagem tem uma sintaxe e semântica básica, e ao extensor, adicionamos elementos novos que antes não estavam representados pela linguagem original: P2: “Eu não sei, você pega um carro e este é o modelo básico, e depois você vai adicionando os diferentes modelos que deseja, certo? Como você atualiza seus pneus ou faz um upgrade. E eu acho que isso seria muito benéfico, especialmente agora que milhões de extensões foram criadas.”

Outro ponto comentado por P2 foi que ele gostaria de que as extensões criadas estivessem disponíveis em um lugar só, é por isso que o último subprocesso do PRAOS é importante, pois cobre a questão da divulgação da extensão para outros pesquisadores ou interessados.

Outros participantes discorreram sobre alguns passos que se assemelham aos primeiros passos da proposta do PRAOS, por exemplo, nas seguintes falas: P1: “primeiro passo é entender esses domínios e como ele se relaciona. Segundo, vai entender como é que as extensões que já existem na linguagem, eles podem ser mapeados de para e aquilo a diferença que eu tenho, se eu realmente preciso criar opção e esse elemento bom. E o que eu agrego junto com a linguagem pra ser pra ser somado a mim mesmo aqui naquele contexto”. P2: “o que você precisa modelar que não era possível modelar antes, mas também, quem são seus stakeholders, quem são as pessoas para as quais você está desenvolvendo isso?” Na fala de P1, na parte que ele comenta sobre entender quais extensões existem, há um subprocesso do PRAOS que aborda essa etapa. que é o subprocesso 1. Já na fala do participante 2, ele aborda a questão dos stakeholders, isto é, quem está envolvido no processo da extensão, não apenas quem vai usá-la, mas quem vai ser mesmo que indiretamente impactada. No PRAOS não há uma etapa que descreve tais personas, no entanto há perguntas que ajudam o extensor a criar a extensão no subprocesso 1 que abordam essa questão comentada pelo participante 2, isto é, para quem está sendo desenvolvida essa extensão.

Além disso, P1 também comentou da possibilidade de existir critérios para substituir

a consulta aos experts. É possível encontrar na literatura alguns critérios que podem ser usados para avaliar questões como a efetividade da notação da extensão, como a Física das Notações (do inglês, Physics of Notation) Moody (2009). Apesar dos critérios para a construção de notações efetivas, não há uma sistematização desses critérios.

É possível observar a fala de P1 ao sugerir critérios para analisar a qualidade das extensões como uma possibilidade em substituição à consulta aos especialistas: "(...) *avaliar qualidade de extensões... Então uma vez que a gente tem os critérios definidos que aquilo tem qualidade, um grau de qualidade, simplesmente se a gente tiver o olhar sobre a perspectiva desses critérios, a gente poderia dizer se a extensão tem ou não qualidade ou não.*(...) "[P1]

Nenhum participante comentou conhecer algum outro método para estender KAOS, e quando questionado sobre o PRAOS, P5 comentou: "*O PRAOS cobre todos os passos necessários para fazer uma extensão de forma sistemática e para produzir depois resultado consistente de qualidade. O processo também é bastante completo*".

Sobre o nível de esforço e dificuldade para entender o processo, os participantes afirmaram ser fácil de entender. No entanto P3 não conseguiu entender os benefícios de seguir um método sistemático como o PRAOS, ele achou que o método abordava muitas atividades de alto nível, como é possível observar na sua fala: "*Absolutamente, é fácil. mas o que estou dizendo é que, se eu quisesse expandir a KAOS, não vejo o valor, não vejo os benefícios. Por que eu deveria seguir isso? São apenas um monte de atividades de alto nível. Enquanto estou mais interessado nos resultados concretos.*".

P1 comentou sobre a necessidade de automatizar os passos de alguma forma de modo o processo mais fluído: "*Como é que a gente poderia automatizar isso de alguma forma e tornar esse processo mais fluído? Eu acho que essa é a grande chave para adoção. (...) Tudo aquilo que o extensor consegue fazer de uma forma mais fluída, ele vai ser adotar*".

Todos os participantes comentaram que utilizariam o processo com alterações. As principais alterações mencionadas foram não consultar experts e pular alguns passos, como é possível perceber no comentário de P2: "*acho que é possível remover totalmente o especialista do grupo*". Apesar de alguns participantes comentarem sobre a dificuldade de conseguir contactar experts, um dos participantes destacou o valor dessa etapa.

O valor observado no uso do PRAOS não se dá apenas pela metodologia rigorosa, segundo alguns participantes, e sim porque há certos domínios em que essa rigorosidade é essencial, como na segurança.

A análise final da entrevista realizada com pesquisadores experientes em extensões da KAOS sobre o processo de apoio à criação de novas extensões revela uma série de insights valiosos. Os feedbacks foram predominantemente positivos, com várias sugestões e observações importantes que podem contribuir significativamente para o aprimoramento do processo. Aqui estão os principais pontos destacados:

Aprovação Geral do Processo: Os pesquisadores expressaram satisfação com o processo desenvolvido para a criação de novas extensões KAOS. Eles consideraram o processo bem estruturado e abrangente, com uma abordagem clara para a definição e implementação de novos construtores.

Relevância das Diretrizes Adaptadas do iStar: Foi amplamente reconhecido que a adaptação das diretrizes do iStar para KAOS é uma adição valiosa. Os pesquisadores acreditam que essas diretrizes ajudam a criar uma base sólida para o desenvolvimento de extensões, alinhando o processo com práticas estabelecidas e conhecidas em modelagem orientada a objetivos.

Utilidade das Diretrizes e Estrutura: A estrutura do PRAOS e as diretrizes incluídas foram consideradas apropriadas e úteis. Os pesquisadores apreciaram a organização do processo em subprocessos claros e as etapas detalhadas para garantir a eficácia da criação de extensões.

Ajustes na Aplicabilidade das Diretrizes: Alguns pesquisadores sugeriram ajustes nas diretrizes adaptadas para melhor refletir as particularidades da KAOS. Embora a adaptação das diretrizes do iStar tenha sido bem recebida, houve uma recomendação para afinar as diretrizes para que se ajustem ainda mais ao contexto e às necessidades específicas da KAOS.

Inclusão de Exemplos Práticos: Foi sugerido que a inclusão de mais exemplos práticos no processo poderia ser benéfica. Exemplos concretos de como os novos construtores foram aplicados em casos reais ajudariam a esclarecer a aplicação prática das diretrizes e a facilitar a compreensão.

Apoio e Colaboração dos Especialistas: Os pesquisadores se mostraram dispostos a colaborar e contribuir com a pesquisa. Eles destacaram a importância da colaboração contínua com especialistas e sugeriram a criação de um fórum ou grupo de discussão para promover a troca de conhecimentos e experiências entre os desenvolvedores de extensões KAOS.

Documentação e Acompanhamento das Extensões: Alguns entrevistados apontaram a necessidade de uma documentação mais detalhada e atualizada das extensões existentes.

Eles sugeriram que o processo deveria incluir uma fase dedicada ao acompanhamento e atualização contínua das extensões para garantir que novas contribuições sejam incorporadas de forma eficaz.

Apoio e Disponibilidade: Os pesquisadores expressaram disposição para contribuir com a pesquisa e ajudar na melhoria contínua do processo PRAOS. Eles se ofereceram para revisar e fornecer feedback sobre novas extensões e auxiliar no desenvolvimento de diretrizes adicionais.

A análise dos feedbacks demonstra que o PRAOS é bem recebido pela comunidade de pesquisadores da KAOS, com aprovação pela estrutura e abordagem geral do processo. As sugestões e pontos de atenção oferecidos pelos pesquisadores são valiosos para o aprimoramento contínuo do processo. A integração das diretrizes do iStar, a inclusão de exemplos práticos e a colaboração contínua com especialistas são aspectos fundamentais a serem considerados para fortalecer ainda mais o processo de criação de novas extensões KAOS.

Essa colaboração e feedback são cruciais para assegurar que o PRAOS atenda às necessidades da comunidade e continue a evoluir de maneira a proporcionar um suporte robusto para a criação de extensões KAOS.

7.2 Ameaças à Validade

Nesta seção, descrevemos as ameaças à validade de acordo com Kitcher e Am (2002). Assim, consideramos ameaças a validade de Critério, Construção, Face e Conteúdo.

Validade de Critério: Identificamos um estudo qualitativo anterior, sendo de Gonçalves *et al.* (2020) com objetivo semelhante. Isso pode ser considerado uma ameaça à Validade por Critério. No entanto o estudo de Gonçalves *et al.* (2020) tem como objetivo a análise de um processo proposto para apoiar extensões de iStar, enquanto este analisa um processo proposto para apoiar as extensões da KAOS. Assim, os instrumentos desses trabalhos apresentam semelhanças e obtiveram resultados satisfatórios para cada uma das finalidades específicas.

Validade de Construção: Gravamos o áudio durante as entrevistas para viabilizar sua transcrição e análise, então pedimos permissão no início da entrevista. Esta informação poderia inibir as respostas dos participantes. Mitigamos esta ameaça informando os participantes que os arquivos de áudio e transcrições seriam mantidos privados e seriam anônimos. Também apresentamos um termo de confidencialidade e privacidade.

Validade de Face: o roteiro de entrevista foi testado com dois estudantes de gradu-

ação em computação da Universidade Federal do Ceará, os quais não tem experiência em KAOS, em suas extensões e no PRAOS. Os estudantes forneceram um feedback valioso sobre o roteiro, o que nos levou a fazer correções para um melhor entendimento. Posteriormente, recebemos comentários adicionais de várias fontes, o que nos levou a fazer as correções necessárias no roteiro de entrevista.

Validade de Conteúdo: O conteúdo do roteiro foi testado por meio de um piloto com somente um participante. Reconhecemos esta limitação e tentamos mitigá-la com a avaliação do roteiro por um pesquisador experiente em linguagens de modelagem orientadas a objetivos e extensões

Também podemos mencionar como ameaça à validade de conteúdo o fato do PRAOS ainda não ter sido publicado, resultando em um desconhecimento sobre ele entre os pesquisadores. Tentamos mitigar esta limitação por meio do vídeo de apresentação do PRAOS. Esperamos que após a publicação de um artigo/dissertação sobre o PRAOS, mais pesquisadores se familiarizem com ele, permitindo-nos replicar essa análise com uma base de participantes mais ampla.

8 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A modelagem de requisitos orientada a objetivos (GORE) tem sido amplamente utilizada para a especificar requisitos de modo gráfico. A linguagem de modelagem KAOS tem sido amplamente utilizada e estendida desde sua criação nos anos 90. Porém, essas extensões foram desenvolvidas de forma não sistemática, o que resultou em problemas como a especificação da extensão somente a nível de sintaxe concreta, inconsistência entre as sintaxes e falta de apoio de ferramentas CASE.

Assim, esta pesquisa envolveu um conjunto de estudos que contribuem significativamente para apoiar a criação de novas extensões da KAOS. Inicialmente, realizamos uma atualização de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) de extensões da KAOS. Esse levantamento foi essencial para entender melhor as extensões existentes da KAOS.

O processo para apoiar a criação de extensões da KAOS foi proposto, tomando como base um processo existente para outra linguagem de requisitos orientada a objetivo, o processo PRISE. Com as adaptações prontas, o novo processo, chamado de PRAOS, contempla as principais características da criação de extensões da KAOS.

Prosseguimos então para a validação do PRAOS. Para tanto, uma nova extensão da KAOS foi criada utilizando o PRAOS como base. O resultado foi uma extensão voltada para apoiar a modelagem de requisitos de acessibilidade.

Com a extensão concluída, avançamos para a etapa final da pesquisa, que consistiu em um estudo qualitativo com pesquisadores experientes em extensões da KAOS. O PRAOS pode facilitar a adaptação da KAOS a mais domínios, expandindo seu uso entre profissionais de desenvolvimento de sistemas e pesquisadores.

A seguir serão apresentadas respostas às questões de pesquisa e possibilidades de trabalhos futuros.

8.1 Respondendo às questões de pesquisa

Esta subseção apresenta respostas às questões de pesquisa apresentadas na Seção 1.4.

QP1: Quais são as extensões da KAOS e como elas têm sido propostas? A atualização da Revisão Sistemática Literatura (RSL) das extensões da KAOS, apresentada na Seção 4 responde a essa questão. Identificamos 50 extensões da KAOS ao todo. A análise

dessas extensões identificou as principais áreas de aplicação, os principais autores dos artigos (especialistas) e a evolução das propostas. Além disto, analisamos se a extensão abrangeu a sintaxe abstrata e/ou concreta, se foi conservativa ou não, a completude dos metamodelos, como a sintaxe concreta foi proposta e apoio de ferramenta CASE. Portanto, a análise apresentada responde a esta questão de pesquisa.

QP2: Como um processo pode ser proposto para apoiar a criação de extensões da KAOS? O PRAOS, um processo para apoiar as extensões da KAOS, foi proposto e apresentado na Seção 5. Esse processo foi modelado de maneira detalhada, apresentando a descrição de cada tarefa e artefato a ser utilizado para orientar a proposta de extensões da KAOS.

QP3: Como o processo para conduzir extensões da KAOS funciona ao ser utilizado para criar uma nova extensão da KAOS? O PRAOS foi utilizado para propor uma nova extensão da KAOS para modelar requisitos de acessibilidade (Seção 6). O PRAOS pode ser considerado válido para apoiar novas extensões da KAOS. O PRAOS funcionou como um apoio na criação da nova extensão e foi útil na condução e como forma de ter uma extensão de qualidade.

QP4: Qual é a percepção de especialistas em extensões da KAOS sobre o processo de apoio a criação de novas extensões? Este processo foi avaliado por usuários experientes e foi considerado útil para apoiar a proposta de extensões da KAOS. Os principais resultados foram apresentados na Seção 7.

8.2 Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros temos a criação de duas ferramentas, uma delas para apoiar o uso do PRAOS e outra para facilitar a aplicação e modelagem dos novos construtores propostos pela extensão em uma ferramenta de modelagem.

A primeira delas é uma ferramenta para apoiar o uso do PRAOS, a qual dará suporte ao controle da execução das tarefas de preenchimento dos artefatos do PRAOS na criação de novas extensões.

A segunda, se concentra no apoio da aplicação da extensão em uma ferramenta de modelagem. Este é um trabalho que vem sendo desenvolvido no contexto de um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de Graduação em Engenharia de Software da Universidade Federal do Ceará (UFC). Esta ferramenta será bastante útil ao PRAOS uma vez que uma das suas tarefas envolve a aplicação da extensão em uma ferramenta, onde a execução de cada subprocesso

poderá ser orientada com o preenchimento de uma forma mais prática e eficiente durante o processo.

Esperamos que o PRAOS seja utilizado como base para criação de novas extensões da KAOS. Assim, no futuro será necessário analisar a percepção de seus futuros extensores, de modo a promover sua evolução.

Observamos durante a criação do PRAOS que um subconjunto de suas tarefas e artefatos poderiam ser generalizadas e aplicáveis a qualquer linguagem de modelagem. Portanto, uma possibilidade de trabalho futuro nesta direção, é o desenvolvimento de um processo genérico que possa ser adaptado para apoiar qualquer linguagem de modelagem na criação de novas extensões. O objetivo deste trabalho futuro é criar um processo, que ofereça facilidade de uso e resulte em uma alta aceitação por parte de pesquisadores e equipes de desenvolvimento.

Esse processo genérico poderia ser projetado para ser adaptado às diversas linguagens de modelagem, permitindo que as extensões fossem criadas e adaptadas de forma eficiente, independentemente do contexto ou da linguagem utilizada.

A criação de novas extensões pode se beneficiar significativamente do uso de inteligência artificial, como o ChatGPT, para otimizar e acelerar o processo. O ChatGPT pode desempenhar um papel crucial ao oferecer suporte em várias etapas do desenvolvimento, permitindo uma abordagem mais direcionada e eficiente.

Aqui estão algumas formas específicas de como o ChatGPT pode ser importante nesse contexto: Pesquisa Acelerada, Direcionamento Tecnológico, Eficiência na Coleta de Dados, Suporte na Definição de Requisitos, Geração de Documentação e Modelos, Apoio à Inovação, são alguns pontos onde a inteligência artificial conseguiria contribuir bastante, apoiando novos desenvolvimentos. Em resumo, o ChatGPT pode transformar o processo de desenvolvimento de extensões ao oferecer insights rápidos e precisos, recomendar tecnologias apropriadas, e apoiar a definição de requisitos e a criação de documentação. Sua integração no processo não apenas pode melhorar a eficiência, mas também amplia as possibilidades de inovação e sucesso na criação de novas extensões. E é um ponto a ser analisado como trabalhos futuros.

Como publicações subsequentes a este trabalho, planejamos divulgar os resultados da revisão sistemática realizada e também publicar um artigo detalhando o processo do PRAOS. Essas publicações visam disseminar o conhecimento desenvolvido e discutido neste estudo.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, M.; BRUEL, J.-M.; LALEAU, R.; GNAHO, C. Using relax, sysml and kaos for ambient systems requirements modeling. **Procedia Computer Science**, Elsevier, v. 10, p. 474–481, 2012.
- BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. **The unified modeling language reference manual**. Addison-Wesley Reading, 1999.
- BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. **Unified modeling language user guide,(the 2nd edition)**. [S.l.]: Addison-Wesley Professional, 2005.
- BRAMBILLA, M.; CABOT, J.; WIMMER, M. **Model-driven software engineering in practice**. [S.l.]: Morgan & Claypool Publishers, 2017.
- BRAUN, R. **Extensibility of Enterprise Modelling Languages**. Tese (Doutorado) — Dissertation, Dresden, Technische Universität Dresden, 2016.
- CAIRE, P.; GENON, N.; HEYMANS, P.; MOODY, D. L. Visual notation design 2.0: Towards user comprehensible requirements engineering notations. In: **IEEE. 2013 21st IEEE International Requirements Engineering Conference (RE)**. [S.l.], 2013. p. 115–124.
- CARVALHO JÚNIOR, P. R. Trabalho de Conclusão de Curso, **Um catálogo de extensões da linguagem de modelagem KAOS**. Quixadá: [s.n.], 2022. 80 p. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/65410>. Acesso em: 5 maio 2022.
- CARVALHO JÚNIOR, P. R.; GONÇALVES, E.; CARVALHO, R. M.; OLIVEIRA, M. A. de. A catalogue of kaos extensions. In: **25 Workshop on Requirements Engineering**. [S.l.: s.n.], 2022.
- CASTRO, G. A. d. **Uma extensão de iStar para modelagem de requisitos de acessibilidade**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência da Computação), Universidade Federal do Ceará, Curso de Engenharia de Software, Quixadá, Ceará, Brasil.
- CHENG, B. H.; SAWYER, P.; BENCOMO, N.; WHITTLE, J. A goal-based modeling approach to develop requirements of an adaptive system with environmental uncertainty. In: **SPRINGER. International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems**. [S.l.], 2009. p. 468–483.
- CHOREN, R.; GARCIA, A.; LUCENA, C.; ROMANOVSKY, A. **Software engineering for multi-agent systems III: research issues and practical applications**. Springer, 2011.
- DALPIAZ, F.; FRANCH, X.; HORKOFF, J. istar 2.0 language guide. **arXiv preprint arXiv:1605.07767**, 2016.
- DARDENNE, A.; LAMSWEERDE, A. V.; FICKAS, S. Goal-directed requirements acquisition. **Science of computer programming**, Elsevier, v. 20, n. 1-2, p. 3–50, 1993.
- DARIMONT, R.; DELOR, E.; MASSONET, P.; LAMSWEERDE, A. van. Grail/kaos: an environment for goal-driven requirements engineering. In: **Proceedings of the 19th international conference on Software engineering**. [S.l.: s.n.], 1997. p. 612–613.

DÍAZ, G.; CAMBRONERO, M.-E.; TOBARRA, M. L.; VALERO, V.; CUARTERO, F. Analysis and verification of time requirements applied to the web services composition. In: SPRINGER. **Web Services and Formal Methods: Third International Workshop, WS-FM 2006 Vienna, Austria, September 8-9, 2006 Proceedings 3**. [S.l.], 2006. p. 178–192.

FATIMA, M. Kaos: a goal oriented requirement engineering approach. **Int. J. Innov. Res. Sci. Technol**, v. 1, n. 10, p. 133–135, 2015.

FOWLER, M. **UML Distilled: a brief guide to the standard object modeling language**. México, Addison-Wesley, 1980.

FRANCE, R.; RUMPE, B. Model-driven development of complex software: A research roadmap. In: IEEE. **Future of Software Engineering (FOSE'07)**. [S.l.], 2007. p. 37–54.

GONCALVES, E.; ARAUJO, J.; CASTRO, J. Prise: A process to support istar extensions. **Journal of Systems and Software**, Elsevier, v. 168, p. 110649, 2020.

GONÇALVES, E.; CASTRO, J.; ARAÚJO, J.; HEINECK, T. A systematic literature review of istar extensions. **Journal of Systems and Software**, Elsevier, v. 137, p. 1–33, 2018.

GONÇALVES, E. J. T.; HEINECK, T.; OLIVEIRA, L. de; ARAÚJO, J.; CASTRO, J. The prise tool to support istar extensions. In: **WER**. [S.l.: s.n.], 2019.

GROUP, O. M. **Unified Modelling Language Specification**. [S.l.], 2011. Disponível em: <https://www.omg.org/spec/UML/>. Acesso em: 10 de ago. de 2024.

KELLY, S.; TOLVANEN, J.-P. **Domain-specific modeling: enabling full code generation**. John Wiley & Sons, 2008.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. **Guidelines for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering**. [S.l.], 2007. Joint Report.

KITCHER, P.; AM, C. Threats to the scientific and technological aspects of human development. **Journal of Scientific and Technological Studies**, Science Publishing Group, v. 15, n. 4, p. 123–145, 2002.

LAMDDI, M. A. Developing dependability requirements engineering for secure and safe information systems with knowledge acquisition for automated specification. **Journal of Software Engineering and Applications**, Scientific Research Publishing, v. 10, n. 2, p. 211–244, 2017.

LAMSWEERDE, A. van. **The KAOS Meta-model: ten years after**. 1993.

MATOUSSI, A. **Construction de spécifications formelles abstraites dirigée par les buts**. Tese (Doutorado) — Université Paris-Est, 2011.

MATULEVIČIUS, R.; HEYMANS, P. Visually effective goal models using kaos. In: SPRINGER. **Advances in Conceptual Modeling—Foundations and Applications: ER 2007 Workshops CMLSA, FP-UML, ONISW, QoIS, RIGiM, SeCoGIS, Auckland, New Zealand, November 5-9, 2007. Proceedings 26**. [S.l.], 2007. p. 265–275.

MATULEVICIUS, R.; HEYMANS, P.; OPDAHL, A. L. Ontological analysis of kaos using separation of references. In: **Contemporary Issues in Database Design and Information Systems Development**. [S.l.]: IGI Global, 2007. p. 37–54.

MERRIAM, S. **Qualitative research: a guide to design and implementation** san francisco: John willey & sons inc. 2009.

MILES, R.; HAMILTON, K. **Learning UML 2.0**. [S.l.]: "O'Reilly Media, Inc.", 2006.

MOODY, T. **Designing Web Usability: the practice of simplicity**. Prentice Hall, New York, 2009.

MOREIRA, A.; AMARAL, V.; FAVERI, C. D. Goal-driven deception tactics design. In: IEEE. **2016 IEEE 27th International Symposium on Software Reliability Engineering (ISSRE)**. [S.l.], 2016. p. 264–275.

MUSSBACHER, G.; AMYOT, D.; BREU, R.; BRUEL, J.-M.; CHENG, B. H.; COLLET, P.; COMBEMALE, B.; FRANCE, R. B.; HELDAL, R.; HILL, J. *et al.* The relevance of model-driven engineering thirty years from now. In: SPRINGER. **Model-Driven Engineering Languages and Systems: 17th International Conference, MODELS 2014, Valencia, Spain, September 28–October 3, 2014. Proceedings 17**. [S.l.], 2014. p. 183–200.

PFLEEGER, S. **Software Engineering: theory and practice**. Pearson, 2003.

PONSARD, C.; TOUZANI, M. Extending land administration domain models with a goal perspective. In: **GISTAM**. [S.l.: s.n.], 2017. p. 244–249.

SELIC, B. The pragmatics of model-driven development. **IEEE software**, IEEE, v. 20, n. 5, p. 19–25, 2003.

SEMMAK, F.; LALEAU, R.; GNAHO, C. Supporting variability in goal-based requirements. In: IEEE. **2009 Third International Conference on Research Challenges in Information Science**. [S.l.], 2009. p. 237–246.

SOUSA, S. C. d. **Uma revisão sistemática de literatura das extensões da KAOS (Knowledge Acquisition in Automated Specification)**. Quixadá, p. 68, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/49756>. Acesso em: 5 maio 2021.

W3C Brasil. **O que é acessibilidade**. 2018. Disponível em: <https://www.w3c.br/pub/Materiais/PublicacoesW3C/cartilha-w3cbr-acessibilidade-web-fasciculo-I.html>; Acesso em: 10 ago. 2024.

WOHLIN, C.; RUNESON, P.; HÖST, M.; OHLSSON, M.; REGNELL, B.; WESSLÉN, A. **Experimentation in Software Engineering**. Berlin: Springer, 2012. ISBN 978-3642292004.

YU, E. Modeling organizations for information systems requirements engineering. **Requirements Engineering**, Springer, v. 1, n. 1, p. 42–55, 1995.

APÊNDICE A – ARTIGOS ANALISADOS

Apresentamos a lista de extensões KAOS identificadas pela atualização da RSL. Estão identificadas com as numerações de acordo com a classificação das publicações pelas questões de pesquisa.

1. Cheng, B. H.; Sawyer, P., Bencomo, N., Whittle, J. (2009) A goal-based modeling approach to develop requirements of an adaptive system with environmental uncertainty. In: SPRINGER. International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems.

2. Diaz, G.; Cambroner, M. E.; Tobarra, M. L.; Valero, V.; Cuartero, F. (2006) Analysis and verification of time requirements applied to the web services composition. International Workshop on Web Services and Formal Methods.

3. Gil, A.; Araujo, J. (2009) Aspectkaos: integrating early-aspects into kaos. ACM Electronic Library. Early Aspects. [S.l.]: ACM Electronic Library.

4. Cailliau, A.; Lamsweerde, A. (2013) Assessing requirements-related risks through probabilistic goals and obstacles. Requirements Engineering, Springer.

5. Lamddi, M. A. (2017) Developing dependability requirements engineering for secure and safe information systems with knowledge acquisition for automated specification. Journal of Software Engineering and Applications, Scientific Research Publishing,.

6. Semmak, F.; Gnaho, C.; Laleau. (2010) R. Extended kaos method to model variability in requirements. Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering.

7. Semmak, F.; Gnaho, C.; Laleau, R. (2008) Extended kaos to support variability for goal oriented requirements reuse. MoDISE-EUS. [S.l.: s.n.], p. 22–33.

8. Ponsard, C., Touzani, M. (2017) Extending Land Administration Domain Models with a Goal Perspective, 3rd International Conference on Geographical Information Systems Theory, Applications and Management.

9. Ledru, Y., Richier, J.-L.; Idani, A.; Labiadh, M. (2011) A. From kaos to rbac: a case study in designing access control rules from a requirements analysis. 2011 Conference on Network and Information Systems Security, SAR-SSI 2011, Proceedings, 05 2011.

10. Baresi, L.; Pasquele, L.; Spoletini, P. (2010) Fuzzy goals for requirementsdriven adaptation. IEEE. 2010 18th IEEE International Requirements Engineering Conference.

11. Faveri, C. D.; Moreira, A.; Amaral, V. (2016) Goal-driven deception tactics design. IEEE. 2016 IEEE 27th International Symposium on Software Reliability Engineering (ISSRE).

12. Arenas, A. E.; Massonet, P.; Ponsard, C.; Aziz, B. (2015) Goal-oriented requirement engineering support for business continuity planning. *Advances in Conceptual Modeling*. Cham: Springer International Publishing.
13. Brown, G.; Cheng, B. H.; Goldsby, H.; Zhang, J. (2006) Goal-oriented specification of adaptation requirements engineering in adaptive systems. *ACM. Proceedings of the 2006 international workshop on Self-adaptation and selfmanaging systems*.
14. Hassan, R., Bohner, S., El-Kassas, S., Eltoweissy, M. (2008) Goal-oriented, bbased formal derivation of security design specifications from security requirements. *IEEE. 2008 Third International Conference on Availability, Reliability and Security*.
15. Nagel, B.; Gerth, C.; Post, J.; Engels, G. (2013) Kaos4soa - extending kaos models with temporal and logical dependencies. *CAiSE Forum*.
16. Sutcliffe, A.; Sawyer, P. (2013) Modeling personalized adaptive systems. *SPRINGER. International Conference on Advanced Information Systems Engineering*.
17. Huang, C.; Sun, J.; Wang, X.; Si, Y. (2009) Role engineering with skaos for systems employing rbac. *Networking and Digital Society, International Conference*.
18. Semmak, F.; Laleau, R.; Gnaho, C. (2009) Supporting variability in goal-based requirements. *IEEE Third International Conference on Research Challenges in Information Science*.
19. Dias, A.; Amaral, V.; Araujo, J. (2009) Towards a domain specific language for a goal-oriented approach based on kaos. *IEEE. 2009 Third International Conference on Research Challenges in Information Science*.
20. Islam, S., Houmb, S. H. (2011) Towards a framework for offshore outsource software development risk management model. *Journal of Software*.
21. Ahmad, M.; Bruel, J.-M.; Laleau, R.; Gnaho, C. (2012) Using relax, sysml and kaos for ambient systems requirements modeling. *Procedia Computer Science, Elsevier*.
22. Brunet, J.; Semmak, F.; Laleau, R.; Gnaho, C. (2008) Using variants in kaos goal modelling. *International Conference on Enterprise Information Systems*.
23. Fredericks, E.M., DeVries, B., Cheng, B. H. C., (2014). Auto-RELAX: automatically RELAXing a goal model to address uncertainty. *Empirical Software Engineering* 19:1466–1501.
24. Baresi, L., Pasquale, L., (2011) Adaptation Goals for Adaptive Service-Oriented Architectures. *Relating Software Requirements and Architectures*.

- 25.** Sabetzadeh, M., Falessi, D., Briand, L., Di Alesio, S., McGeorge, D., Ahjem, V., Borg, J., (2011) 13th International Symposium on High-Assurance Systems Engineering.
- 26.** Souza, E., Moreira, E., (2018) Deriving Services from KAOS Models. SAC '18: Proceedings of the 33rd Annual ACM Symposium on Applied Computing.
- 27.** Yu, Y., Lapouchnian, A., Liaskos, S., Mylopoulos, J., Leite, J. C. S. P., (2008) Foundations of Intelligent Systems, 17th International Symposium, International Symposium on Methodologies for Intelligent Systems.
- 28.** Islam, S., Houmb, S. H., (2010) Integrating Risk Management Activities into Requirements Engineering. 2010 Fourth International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS).
- 29.** Nakagawa, H., Yoshioka, N., Ohsuga, A., Honiden, S., (2011) IMPULSE: a Design Framework for Multi-Agent Systems Based on Model Transformation. Proceedings of the 2011 ACM Symposium on Applied Computing.
- 30.** Baresi, L., Pasquale, L., (2010) Live Goals for Adaptive Service Compositions. Proceedings - International Conference on Software Engineering.
- 31.** Ahmada, M., Belloira, N., Bruel, J., (2015) Modelling and verification of Functional and Non-Functional Requirements of ambient Self-Adaptive Systems. The Journal of Systems and Software.
- 32.** Matoussi, A., Gervais, F., Laleau, R., (2011) A Goal-Based Approach to Guide the Design of an Abstract Event-B Specification. 16th IEEE International Conference on Engineering of Complex Computer Systems.
- 33.** Ulfat-Bunyadi, N., Mohammadi, N. G., Heisel, M., (2018) Supporting the Systematic Goal Refinement in KAOS using the Six-Variable Model. In 13th International Conference on Software Technologies.
- 34.** Mihret, B. Z., Jee, E., Baek, Y., Bae, D., (2018) A collaboration policy model for system of systems. In 13th Annual Conference on System of Systems Engineering (SoSE).
- 35.** Kaiya, H., Yoshioka, N., Washizaki, H., Okubo, T., Hazeyama, A., Ogata, S., Tanaka, T., (2018) Eliciting requirements for improving users behavior using transparency. In Requirements Engineering for Internet of Things.
- 36.** Darimont, R., Ponsard, C., Lemoine, M., (2018) Goal-driven elaboration of OCL enriched UML class diagrams. 18th International Workshop in OCL and Textual Modelling a the 21st MODELS conference.

- 37.** Woldeamlak, S., Diabat, A., Svetinovic, D., (2016) Goal-Oriented Requirements Engineering for Research-Intensive Complex Systems: A Case Study. *Systems Engineering*.
- 38.** Casagrande, E., Woldeamlak, S., Woon, W. L., Zeineldin, H. H., Svetinovic, D., (2014). NLP-KAOS for Systems Goal Elicitation: Smart Metering System Case Study. *IEEE Transactions On Software Engineering*.
- 39.** Pasquale, L., Spoletini, P., Salehie, M., Cavallaro, L., Nuseibeh, B., (2016). Automating trade-off analysis of security requirements. In *Requirements Eng.*
- 40.** Traichaiyaporn, K., Aoki, T., (2013). Refinement Tree and Its Patterns: a Graphical Approach for Event-B Modelling. In *Second International Workshop on Formal Techniques for Safety-Critical Systems (FTSCS 2013)*.
- 41.** Wirasta, W., Soemitro, H. L., Hendradjaya, B., (2016). Utilization of AHP method in elicitation process for Goal Oriented implementation using KAOS modelling. In *International Conference on Data and Software Engineering (ICoDSE)*.
- 42.** Blackwell, C., Islam, S., Aziz, B., (2013). Implementation of digital forensics investigations using a goal-driven approach for a questioned contract. In *Computer Science*.
- 43.** Krishnapriya, B, Devi, S., Biswal, D. (2016) Formal Requirements for Microgrid Using Kaos and Reference Architecture. *Internacional Journal of Research in Engineering and Science*.
- 44.** Ulfat-Bunyadi, N., Mohammadi, N. G., Heisel, M. (2018) Supporting the Systematic Goal Refinement in KAOS using the Six-Variable Model. *Proceedings of the 13yh International Conference on Software Technologies (ICSOFT 2018)*.
- 45.** Postigo, M. A. O., Mertinez, J., Silva, J. R. (2019) Formal Requirements for Microgrid Using KAOS and Reference Architecture 14^o Simpósio Brasileiro de Automação Industrial.
- 46.** Nakagawa, H., Shimada, H., Tsuchiya, T. (2020) Interactive Goal Model Construction Baser on a Flow of Questions. *Special Section on KnowledgeBased Software Engineering*.
- 47.** Orellana, M. A., Silva, J. R., Pellini, E. L. (2021) A Model-Based and GoalOriented Approach for the Conceptual Design of Smart Grid Services. *Machines*.
- 48.** Ponsard, C., Ramon, V., Deprez, J.-C. (2021) Goal and Threat Modelling for Driving Automotive Cybersecurity Risk Analysis Conforming to ISO/SAE 21434. *Proceedings of the 18th International Conference and Cryptography (SECRYPT)*.

49. Yin, K., Du, Q. (2021) On Representing Resilience Requirements of Micro-service Architecture Systems. *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*.

50. Wang, H., Mitake, Y., Tsutsui, Y., Alfarisi, S., Shimomura, Y. An upgradable product-service system design method based on kaos and time-axis. *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, v. 18, n. 2, p. JAMDSM0022-JAMDSM0022, 2024.