

## UMA ONTOLOGIA PARA APOIAR O ENSINO DE MATEMÁTICA BÁSICA COM USO DE ROBÓTICA EDUCACIONAL

D. D. N. PASSOS<sup>1</sup>, S. R. F. DE ARAÚJO<sup>2</sup>, S. D. SILVA<sup>3</sup>, P. G. G. QUEIROZ<sup>4</sup>

Universidade Federal Rural do Semi Árido<sup>1,2,4</sup>, Universidade Federal de Campina Grande<sup>3</sup>

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7443-5515><sup>1</sup>

[daniel.deyson@dcx.ufpb.br](mailto:daniel.deyson@dcx.ufpb.br)<sup>1</sup>

Submetido 04/06/2020 - Aceito 01/12/2023

DOI: 10.15628/holos.2023.10328

### RESUMO

O ensino de conteúdos de matemática na educação básica apresenta alguns desafios. Muitos desses vêm sendo superados com a utilização de tecnologias da informação e comunicação. Nesse contexto, a robótica educacional vem ganhando espaço, estando cada vez mais presente em ambientes escolares. Porém, há escassez de materiais que auxiliem os professores no uso dessa tecnologia em sala de aula. Para começar a suplantando esse problema, neste artigo, apresenta-se o desenvolvimento de uma ontologia capaz de auxiliar o

ensino e aprendizagem da disciplina de matemática utilizando robótica educacional. A ontologia denominada Ontologia de Conteúdo de Matemática Combinada com Robótica Educacional (Onto-ENSINARE) foi construída com base na metodologia Ontology Development 101 e validado com relação aos aspectos de completude, consistência e concisão. Para validar a ontologia, foram utilizadas consultas SPARQL para obtenção de respostas úteis aos professores de matemática da educação básica.

. **PALAVRAS-CHAVE:** Robótica Educacional, Ontologia, Ensino de Matemática.

## AN ONTOLOGY TO SUPPORT THE TEACHING OF BASIC MATHEMATICS USING EDUCATIONAL ROBOTICS

### ABSTRACT

Teaching mathematics content in basic education presents some challenges. Many of these challenges have been tackled with the use of information and communication technologies. In this context, educational robotics is gaining space, being increasingly present in school environments. However, there is a shortage of materials to assist teachers in the use of this technology in the classroom. To begin to overcome this problem, this article presents the development of an ontology capable

of assisting the teaching and learning of basic mathematics using educational robotics. The ontology called Ontology of Mathematical Content Combined with Educational Robotics (Onto-ENSINARE) was built based on the methodology Ontology Development 101 with the aspects of completeness, consistency, and conciseness. To validate the ontology, SPARQL queries were used to obtain useful answers to basic math teachers.

**KEYWORDS:** Educational Robotics, Ontology, Mathematics Teaching.



## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as Tecnologia da Informação e Comunicação (TICs) têm sido utilizadas no ambiente escolar para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem, em diversas áreas, como em ciência, tecnologia, engenharia e matemática (STEM, do inglês, *Science, Technology, Engineering and Mathematics*) (Earle, 2006; Farias et al., 2021; Lopes et al., 2023).

Apesar das escolas utilizarem diversos recursos didáticos, é notável a dificuldade que alguns alunos têm para assimilar conteúdos, tais como aqueles da disciplina de matemática (Santos, 2018). A robótica educacional (RE) é uma ferramenta que pode ser usada para construir o ensino e aprendizagem utilizando as tecnologias em sala de aula (Santos, 2017). A utilização de robótica como recurso de ensino é conhecida como robótica educacional ou robótica pedagógica. A RE é uma plataforma que possibilita ao estudante desenvolver e programar robôs com auxílio de um conjunto de materiais específicos e um *software* desenvolvido para tal função (Reis et al. 2017).

A revisão sistemática apresentada por Ribeiro et al. (2023) ratifica que a robótica educacional promove habilidades ligadas ao pensamento computacional, a resolução de problemas, a criatividade e a colaboração, mesmo no âmbito de educação informal, no qual os autores concentraram sua pesquisa. Adicionalmente, ela também é capaz de aumentar a motivação, a autoeficácia e apresentar novas possibilidades profissionais para os alunos (Queiroz et al., 2023).

O processo de aprendizagem vinculado à robótica educacional acontece mediante o uso de atividades para desenvolver a aplicação prática de conteúdos teóricos. A RE é um recurso que viabiliza a assimilação de conteúdos de maneira mais eficaz e pode ser utilizada em diversas disciplinas (Silva, 2017). No entanto, sua utilização em sala de aula requer um maior estudo e dedicação por parte dos professores.

A partir da revisão bibliográfica realizada sobre a robótica educacional, percebeu-se que existem trabalhos utilizando a robótica educacional em atividades práticas, principalmente para as disciplinas de matemática e física. Entretanto, tais trabalhos partem da premissa de que os professores possuem algum conhecimento prévio sobre robótica, seja em engenharia para a montagem física dos robôs ou em programação. Foram encontrados poucos trabalhos voltados para a formação dos professores, em relação a propor atividades de robótica para auxiliar o ensino de matemática.

Para que a robótica possa ser plenamente utilizada em sala de aula, além de cursos de formação, é importante fornecer ferramentas para auxiliar os professores. Com esse intuito, os autores deste trabalho propõem a criação de uma ferramenta capaz de gerar, automaticamente, planos de aulas completos que auxiliem o ensino de matemática com uso de robótica educacional. O diferencial desta ferramenta consiste nas informações contidas no plano de aula, principalmente na inclusão dos detalhes da programação e montagem dos robôs. Dessa forma, mesmo professores sem conhecimento em robótica, são capazes de se beneficiar das vantagens de sua utilização em sala de aula.

Para construir essa ferramenta, propõe-se a utilização de ontologias (Dietz & Hoogervorst, 2006), que são definidas como uma especificação explícita de uma descrição, também uma

formalização dos conceitos e relacionamentos em um domínio específico. Portanto, o foco deste trabalho consiste em apresentar o desenvolvimento da ontologia capaz de servir de base, para a construção de uma ferramenta de *software*, que auxilie os professores de matemática na utilização de robótica como recurso educacional.

A ontologia proposta é utilizada para recomendar, aos professores, formas de utilizar a robótica educacional em aulas de matemática do ensino fundamental. A utilização de RE indicada pela ontologia consiste em um plano de aula, que inclui um guia completo de montagem e programação do robô, assim como o conjunto de passos a ser seguido para realizar a atividade formativa. Para construir a ontologia foi utilizada a metodologia *Ontology Development 101* (Noy & McGuinness, 2001). A validação da ontologia levou em conta aspectos como consistência, completude e concisão, conforme sugerido por Gómez-Pérez (2004).

O artigo está organizado da seguinte forma: na Seção 2 são apresentados os procedimentos e métodos. Na Seção 3, são apresentados os trabalhos relacionados. Na Seção 4, apresenta-se a construção da ontologia proposta. Na Seção 5, detalha-se o modelo de avaliação da ontologia e os resultados obtidos. Por fim, na Seção 6, são apresentadas as considerações finais e trabalhos futuros.

## 2 PROCEDIMENTOS E MÉTODOS

A especificação da ontologia foi realizada a partir da *Web Ontology Language* (OWL-DL) (Bechhofer et al., 2004) com o suporte do editor de ontologias de código aberto Protégé (Musen, 2015). Para guiar o desenvolvimento da ontologia, utilizou-se a metodologia *Ontology Development 101*, que consiste em um processo iterativo de execução simples para o desenvolvimento de ontologias, dividido em sete fases que consistem em:

1. determinar o domínio e o escopo da ontologia ao responder questões relativas à “como?”, “para quê?”, e “onde?” a ontologia será empregada;
2. considerar o reuso de ontologias existentes desde que tenham relação com a ontologia a ser desenvolvida;
3. enumerar termos importantes da ontologia com o objetivo de identificar um conjunto de termos frequentes utilizados em um domínio de conhecimento;
4. definir as classes e a hierarquia de modo a dar sentido aos relacionamentos entre as classes;
5. definir as propriedades das classes para dar sentido aos relacionamentos entre as classes;
6. definir as restrições das propriedades das classes;
7. criar instâncias, ou seja, criar indivíduos na ontologia a partir da hierarquia das classes em concordância com suas propriedades.

O domínio definido pela ontologia proposta neste trabalho, Onto-ENSINARE, deve englobar conteúdos de matemática do ensino básico, fazendo uso da robótica educacional como recurso

educacional, com objetivo de auxiliar os professores no processo de ensino. Após a construção da ontologia, seguindo as fases apresentadas anteriormente, a ontologia passa por duas validações importantes: a primeira, consiste em uma avaliação da ontologia por dois pesquisadores experientes e ocorre sempre que são propostas mudanças na ontologia; a segunda validação da ontologia é feita por meio de ferramentas automatizadas e consiste em verificar a sua consistência, corretude e completude. Esses conceitos são definidos por Gómez-Pérez (2004), conforme apresenta-se a seguir:

1. **consistência:** verifica se as delimitações da ontologia são semanticamente concisas;
2. **corretude:** verifica se a ontologia apresenta definições desnecessárias ou inúteis. Além disso, verifica se não existem redundâncias entre as definições dos termos que não podem ser inferidas a partir de outros axiomas.
3. **completude:** verifica se tudo que é suposto ter na ontologia é explicitamente indicado na mesma, ou pode ser inferida. Portanto, verifica se cada definição está completa.

Neste trabalho foram empregados os critérios de verificação e validação propostos por Gómez-Pérez (2004). Para verificar a consistência e classificar a hierarquia de classe inferida foi utilizado o *Reasoner Pellet* (Sirin et al., 2007). A corretude e completude foram verificadas por meio de questões de competência, utilizando consultas SPARQL (*Protocol and RDF Query Language*) sendo orientada a dados, ou seja, não existe inferência na própria linguagem (Antoniou, 2004).

### 3 TRABALHOS RELACIONADOS

Na literatura não foram encontrados trabalhos com objetivos idênticos aos nossos, de propor uma ontologia voltada para o uso de robótica educacional no ensino de matemática. Dessa forma, nesta seção são apresentados alguns trabalhos que utilizam a robótica como ferramenta pedagógica, além de trabalhos que utilizam ontologia relacionada à robótica ou ao ensino de matemática.

Almeida Neto, (2014) apresenta uma ferramenta pedagógica para auxiliar aulas de matemática. Ele aplica robótica educativa para transmitir conteúdos de matemática fazendo uso de práticas, montagens e programação dos robôs. No trabalho, a robótica educativa foi utilizada como um instrumento de aprendizagem com os alunos. Destaca-se que o trabalho não aborda a diferenciação entre as peças do robô pelo formato, nem o raciocínio lógico relacionado a montagem, o qual é indispensável na programação do robô.

Rodrigues (2015), apresenta exercícios matemáticos utilizando robótica, tendo como foco os números racionais. Seu objetivo é elaborar, implementar e analisar uma sequência didática envolvendo robótica e matemática. No trabalho, foram aplicadas quatro atividades e foram descritas sua introdução, objetivo e desenvolvimento. Observou-se que durante as atividades não há clareza sobre como o professor deve guiar os alunos na programação do robô. Além disso, esse trabalho disponibiliza poucas atividades para o professor.

Dos Santos et al. (2013), apresenta atividades utilizando a robótica educacional aplicadas no ensino básico, em disciplinas de ciências exatas. Os autores utilizaram o *software Modelix*

*System*, que possibilita dois modos: o modo de programação, no qual o usuário cria o código e a visualização dos erros; e, o modo de simulação que cria uma rotina de programação e simula em um ambiente real. Entretanto, o trabalho não disponibiliza, ao professor, o manual de montagem do robô e a programação.

O trabalho de Araújo (2016) foi desenvolvido no nosso grupo de pesquisa com o objetivo de apresentar aulas de matemática utilizando a robótica, no ensino fundamental II. A autora utiliza robótica educacional para transmitir os conhecimentos de matemática fazendo o uso de práticas, montagens e programação dos robôs. O objetivo do trabalho é fazer planos de aulas para motivar os professores, facilitando o processo de ensino aprendizagem na disciplina de matemática. Entretanto, o trabalho disponibiliza poucas aulas de matemática, além disso, não apresenta nenhuma ferramenta automatizada para auxiliar na escolha da aula.

Entre os trabalhos que utilizam ontologia, destaca-se o trabalho de Lim et al. (2023) que propôs um sistema de recomendação de robôs domésticos baseado nas emoções dos usuários, para serviços motivacionais para educação. Entre os usuários, também são considerados estudantes. É importante destacar que este trabalho não teve o ensino e aprendizagem como foco.

No trabalho de Lmati et al. (2015), os autores apresentam a construção de um modelo baseado em duas ontologias de domínio. O objetivo desse modelo é orientar estudantes marroquinos em exercícios de matemática adequados a partir do seu perfil, habilidades, preferências e motivação. Em seus resultados perceberam que o alinhamento das ontologias melhora o resultado mas o alinhamento manual ainda continua sendo um passo importante para minimizar problemas de ambiguidade sintática.

Em Tzoumpa et al. (2016) são utilizados conceitos de ontologia e web semântica para um problema de geometria, de modo que os autores medem o valor agregado ao processo de ensino em comparação às técnicas de ensino tradicionais. Eles também apresentam um cenário mais amplo de aplicação do método proposto dentro dos procedimentos educacionais. Os autores afirmam que o processo de aprendizado e interesse dos alunos é aumentado significativamente com meios de representações visuais e suas relações.

Os principais trabalhos encontrados na literatura propõem a utilização da robótica educacional para auxiliar os professores da rede básica. O propósito é auxiliar na ministração de alguns conteúdos da matemática. Apesar de tratarem da robótica educacional, os trabalhos relacionados não permitem a aplicação de conteúdos amplos para todas as séries do ensino de matemática da educação básica, nem oferecem um guia detalhado da montagem e programação dos robôs. Adicionalmente, também foram encontrados trabalhos que utilizam ontologias tanto na área de robótica educacional quanto na área de ensino. Entretanto, nenhum trabalho encontrado propõe uma ontologia voltada para o uso de robótica educacional no ensino de matemática.

Dessa forma, destaca-se que a principal contribuição e diferencial do trabalho apresentado neste artigo, consiste em apresentar os fundamentos para a criação de uma ferramenta capaz de facilitar a utilização da robótica educacional. Tal ferramenta deve apoiar o ensino de matemática e ser de fácil adoção por professores, com diferentes níveis de conhecimento em robótica. Este

trabalho alcança seu objetivo por meio da produção automática de um plano de aula completo, incluindo atividades de robótica e um manual detalhado de montagem e programação dos robôs. O manual deve indicar a quantidade e forma de utilização das peças, para que os alunos consigam montar o robô e os passos de programação para que eles consigam programar o robô para realizar as atividades propostas, usando conhecimentos de matemática explorados pelo professor, em sala de aula. Observa-se que o plano de aulas é gerado automaticamente a partir de uma ontologia proposta e apresentada na próxima seção.

#### 4 ONTO - ENSINARE: ONTOLOGIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE ROBÓTICA EDUCACIONAL

Sob o ponto de vista computacional, Gruber apud Morais & Ambrósio (2007) definem ontologia como a classificação de uma conceitualização compartilhada que engloba uma apresentação de determinados conceitos e relacionamentos que existem entre esses conceitos. A estrutura básica de uma ontologia está relacionada às classes, relações, funções, axiomas e instâncias, conforme explica-se a seguir:

- as classes são organizadas em taxonomias e possuem relações entre si (herança, equivalentes e disjuntos);
- as relações representam o tipo de interação entre os componentes de um domínio (classes);
- as funções estão representadas por meio de atributos e conceitos;
- os axiomas são formas de auxiliar a modelagem de sentenças que sempre são verdadeiras;
- e, as instâncias são utilizadas para representar elementos ou indivíduos de uma ontologia.

Uma das maneiras de determinar o escopo da ontologia é esboçar uma lista de questões de competências. Essas questões servem como guia para identificar se a ontologia cumpre o seu objetivo (Gruninger, 1995). As questões de competências que a ontologia Onto- ENSINARE deve responder são:

QC1 – Qual tipo de robô pode ser utilizado em uma determinada atividade da matemática? Nesta questão, dada uma determinada atividade, a ontologia deve ser capaz de indicar um robô (montagem e programação) que auxilie na execução da atividade.

QC2 – Que atividades de matemática podem ser realizadas com o apoio de robótica para auxiliar o ensino? Esta questão é mais genérica que as anteriores, pois a ontologia deve retornar uma lista de atividades que podem ser realizadas com apoio da robótica.

QC3 – Que conteúdo da matemática pode ser ensinado utilizando robótica? Esta questão também é abrangente, visto que a ontologia deve retornar os conteúdos de matemática para os quais existem atividades (com uso de robótica) cadastradas.

QC4 - Uma determinada atividade pertence a qual conteúdo? Esta questão indica a capacidade da ontologia em identificar os conteúdos relacionados a uma determinada atividade.

QC5 – Quais peças utilizar na montagem de um robô para realizar uma certa atividade? Ao responder esta questão, a ontologia mostra-se capaz de retornar as peças utilizadas para montar um robô específico para uma dada atividade.

QC6 - Para um conteúdo de matemática e um determinado modelo de robô, que programações são possíveis para realização de uma atividade? Na última questão, busca-se que a ontologia seja capaz de mapear diversas programações aplicadas a um dado modelo de robô para auxiliar na execução de uma dada atividade.

Essas questões de competência originaram-se de entrevistas realizadas com 9 professores de matemática básica da cidade de Mossoró-RN. As entrevistas foram realizadas no mês de outubro de 2019. A ontologia proposta deve ser capaz de responder às questões de competência. Para mostrar a importância das questões em relação aos conteúdos de matemática, utilizou-se o exemplo do plano cartesiano, mas observa-se que outros conteúdos poderiam ser tomados como exemplo.

Os termos que serviram de base para a construção da ontologia também foram identificados por meio da entrevista mencionada anteriormente. Além do resultado da entrevista, foram utilizados conteúdos fornecidos pela Base Nacional Comum Curriculares (BNCC). Os termos identificados são: peças, robôs, programação, conteúdos, atividades, séries e subtarefas.

Em seguida foram definidas as hierarquias de classes da ontologia. A hierarquia de classes é representada por classes organizadas em taxonomia (classes – subclasses), na qual se aplicou o mecanismo de herança (Gómez-Pérez, 2004). Na Figura 01 é apresentada a hierarquia de classes da ontologia. As classes derivadas da classe nativa owl:Thing são: *Aula*, *BlocoProgramação*, *SubTarefas*, *Atividade*, *Pecas*, *Robos* e *ComponentesCurriculares*. Ao todo foram definidas 7 (sete) classes primitivas e 377 (trezentos e setenta e sete) subclasses.

Observa-se, na Figura 01, que as classes da ontologia representam os conteúdos de matemática com a estratégia de ensiná-los utilizando a robótica educacional. Ela é denominada Onto-ENSINARE e possui em sua estrutura as classes descritas a seguir. A classe *Aula* representa as informações das aulas de matemática. A classe *BlocoProgramacao* representa os blocos de programação do EV3, linguagem oferecida pelo o Kit de robótica da *Lego* (Lego Mindstorms EV3, 2020). A classe *SubTarefas* representa as informações de tarefas que o robô pode executar usando os blocos de programação. A classe *Atividade* representa as informações das atividades dos conteúdos de matemática utilizando a robótica. A classe *Pecas* representa as peças para a montagem do robô. A classe *Robos* representa os robôs que podem ser montados nesta ontologia, por meio das peças. A Classe *ComponentesCurriculares* representa os conteúdos de matemática mapeados nesta ontologia.

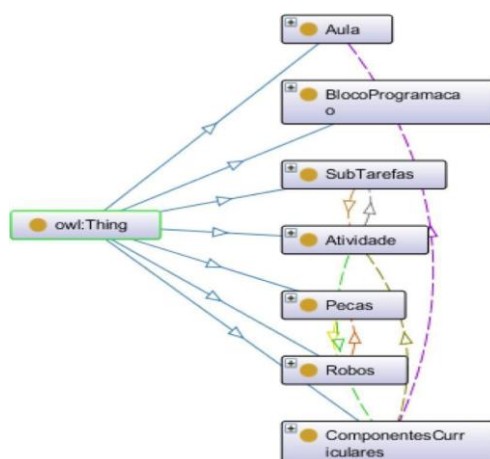


Figura 01 – Estrutura da ontologia

O próximo passo consiste em definir as propriedades de dados (*Data Property*) da ontologia. Ao todo, foram definidas 11 propriedades. Também foi definido o domínio da imagem que se refere ao tipo de dado que será instanciado (ex: *string*, *boolean*, *int*, entre outros). A estrutura final da ontologia após a definição das suas classes e propriedades é apresentada na Figura 02. Observa-se que, para cada *data property*, foi definido o domínio e tipo de dado relacionado. As propriedades *PertenceDisciplina*, *TemHistoria* e *TemSerie* que tem como domínio a classe *ComponentesCurriculares* são do tipo de dado *string*. As propriedades *TemDescricao* e *TemNome* que tem como domínio as classes *Atividade* e *ComponentesCurriculares* também são do tipo de dado *string*. As propriedades *TemDuracao*, *TemObjetivo*, *TemRecursoDidatico* e *TemReferencia*, tem como domínio a classe *Aula* e são do tipo de dado *string*. A propriedade *TemMontagem* relaciona-se com domínio da classe *Pecas* e se associa ao tipo de dado *string*. A propriedade *TemQuantidade* está relacionado ao domínio das classes *Programacao* e *Pecas* e se liga ao tipo de dado *integer*.

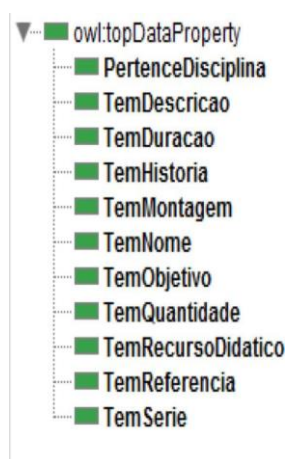


Figura – 02 Hierarquia de *Data Property*

Na etapa de construção da ontologia foram definidos os *object property* que contêm as informações especificadas para unir as classes ao domínio e a imagem. Em relação aos *object properties*, é possível notar que a propriedade “*TemAtividade*” une a classe “*CompementesCurriculares*” com a classe “*Atividade*”. A propriedade “*EAtividadeDe*” por sua vez



possibilita a união inversa da classe “Atividade” à classe “ComponentesCurriculares”. No Quadro 01, são apresentadas as propriedades, o domínio, a imagem e a sua descrição.

**Quadro 01 – Object property da ontologia ONTO-ENSINARE**

Propriedade	Domínio	Imagem	Descrição
<i>TemAtividade</i>	ComponentesCurriculares	<i>Atividade</i>	Indica que atividade está relacionada a um componente curricular.
<i>TemBlocoProgramacao</i>	<i>BlocoProgramacao, Pecas, Robos e SubTarefas</i>	<i>BlocoProgramacao</i>	Permite relacionar um bloco de programação a (peças, robôs, sub tarefas, entre outros).
<i>TemComponenteCurricular</i>	<i>Aula</i>	<i>ComponentesCurriculares</i>	Indica que um componente curricular está relacionado a uma aula.
<i>TemPeca</i>	<i>Robos</i>	<i>Pecas</i>	Indica que uma peça está relacionada a um robô.
<i>TemSubtarefa</i>	<i>Atividades</i>	<i>SubTarefas</i>	Indica que uma sub tarefa está relacionada a uma atividade.
<i>Utiliza</i>	<i>Atividade, SubTarefas</i>	<i>Robos, SubTarefas</i>	Permite relacionar um robô e uma sub tarefas a uma atividade e uma subtarefa.
<i>EAtividadeDe</i>	<i>Atividade</i>	<i>ComponentesCurriculares</i>	Inversa a propriedade <i>TemAtividade</i> indicando que atividade pertence a um componente curricular.
<i>EBlocoProgramaDE</i>	<i>BlocoProgramacao</i>	<i>BlocoProgramacao, Pecas, Robos e SubTarefas</i>	Inversa à propriedade <i>TemBlocoProgramacao</i> .
<i>ECompoenteCurricular</i>	<i>ComponentesCurriculares</i>	<i>Aula</i>	Inversa a propriedade <i>TemComponenteCurricular</i> indicando que componentes curriculares pertence a aula.
<i>EPecaDe</i>	<i>Pecas</i>	<i>Robos</i>	Inversa a propriedade <i>TemPeca</i> . Indica que peças pertencem a um robô.
<i>ESubTarefaDe</i>	<i>SubTarefas</i>	<i>Atividade</i>	Inversa a propriedade <i>TemSubtarefa</i> . Indica que subtarefas pertencem a uma atividade.
<i>EUtilizado</i>	<i>Robos, SubTarefas</i>	<i>Atividade e SubTarefas</i>	Esta propriedade é inversa à propriedade <i>Utiliza</i> .

## 5 VALIDAÇÃO DA ONTOLOGIA

A validação é uma atribuição de mensurar a qualidade de uma ontologia (Vrandečić, 2009). Para avaliar a ontologia proposta, foram aplicados os critérios de verificação, validação e avaliação propostos por Gómez-Pérez (2004). A primeira etapa do critério de verificação foi realizada por meio do *Reasoner Pellet*, suportado pela ferramenta Protegé<sup>1</sup> como um plugin adicional.

Ao executar este *reasoner*, verificou-se que a hierarquia de classe inferida ficou equivalente a classe definida. Isso indica que as classes da ontologia são consistentes e não há erro em suas definições que possa ocasionar comportamento diferente. Na Figura 03, apresenta-se a hierarquia de classes definida e inferida.

A segunda etapa consiste na verificação dos *object properties*, como as *data properties* que permaneceram com sua hierarquia definida igual a inferida. Ao executar o *reasoner* pode-se verificar a consistência dessas propriedades, não havendo classificação incerta desses elementos. Na Figura 04, ilustra-se a hierarquia dos *object properties* e *data properties* definida e inferida.

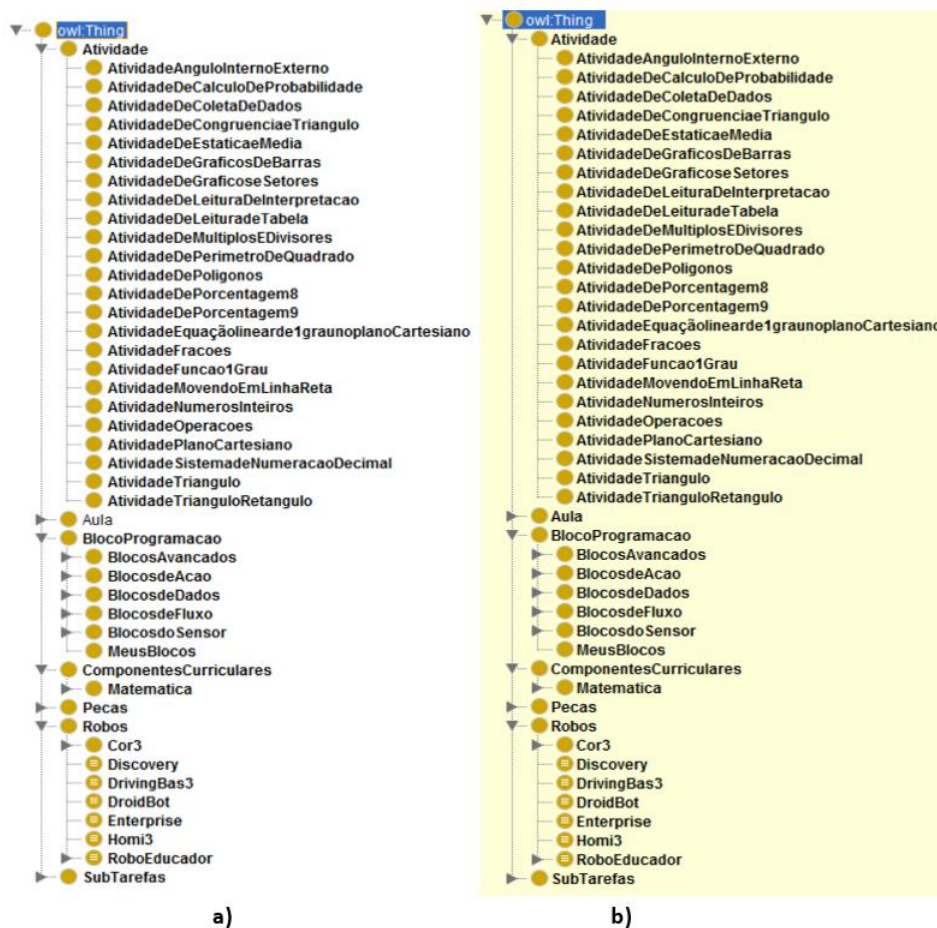


Figura 03 – (a) Hierarquia de classes definida; (b) Hierarquia de classes inferida

A terceira etapa do processo de avaliação de ontologias propõe uma verificação guiada pelas questões de competências (Grüniger, 1995). Por meio delas, é possível avaliar a correteza e completude da ontologia. Nesta etapa, as questões de competências definidas devem ser

<sup>1</sup> <https://protege.stanford.edu>

formalizadas em uma linguagem de consulta e usadas na ontologia. As questões de competência são respondidas aplicando a linguagem SPARQL conforme apresenta-se a seguir.



Figura 04 – a) Modelo definido das *object properties*; b) Modelo inferido das *object properties*; c) Modelo definido das *data properties*; d) Modelo inferido das *data properties*

A primeira consulta corresponde à questão “Qual tipo de robô pode ser utilizado em uma determinada atividade da matemática?”. Na Figura 05, apresenta-se a primeira consulta SPARQL, na qual buscou-se obter as classes de robôs que têm relação com as classes de atividade. No código apresentado entre as linhas 8 e 10 visou-se obter as classes que representam os conteúdos que são componentes curriculares da matemática. Na segunda parte, no código presente entre as linhas 11 e 13, buscou-se quais atividades têm relação com os conteúdos trazidos na primeira parte da consulta, associadas à classe robôs. Por fim, no código escrito nas linhas 14 e 15 as classes obtidas na consulta anterior são de fato confirmadas como robôs, pois elas têm que ser filhas da classe robô educador (modelo padrão do kit *Lego Mindstorms EV3*).

```

1. PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
2. PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
3. PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
4. PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
5. PREFIX ont: <http://www.semanticweb.org/les-10/ontologies/2019/8/untitled-ontology-12#>
6. SELECT ?conteudo ?Assuntos ?Disciplina ?AtividadeEspecificica ?Robos
7. WHERE {
8.   ?conteudo rdfs:subClassOf ?Assuntos.
9.   ?Assuntos rdfs:subClassOf ?Disciplina.
10.  ?Disciplina rdfs:subClassOf ont:ComponentesCurriculares.
11.  ?conteudo rdfs:subClassOf ?atividade.
12.  ?atividade owl:someValuesFrom ?AtividadeEspecificica.
13.  ?AtividadeEspecificica rdfs:subClassOf ?robo.
14.  ?robo owl:someValuesFrom ?Robos.}
15.  ?Robos rdfs:subClassOf ont:Robos
16. }
```

Figura 05: Consulta SPARQL para a resolução da primeira questão de competência.

Na Figura 6 é possível observar as respostas obtidas, com destaque para o conteúdo, assunto, disciplina, atividade e os robôs que podem ser utilizados com eles. Ressalta-se que na versão inicial da ontologia, foi modelado apenas o robô educador. Entretanto, esse robô é capaz de auxiliar na execução de diversas atividades de matemática básica. Além disso, ele é de fácil montagem, por isso pode ser amplamente utilizado em sala de aula como recurso educacional.

conteudo	Assuntos	Disciplina	AtividadeEspecific	Robos
GraficosDeBarras	ProbabilidadeeEstatistica	Matematica	AtividadeDeGraficosDeBarras	RoboEducador
LeituraeInterpretacao9	ProbabilidadeeEstatistica	Matematica	AtividadeDeLeituraDeInterpretacao	RoboEducador
PlantasBaixas	GrandezaseMedidas	Matematica	AtividadeDePlantaBaixa	RoboEducador
EquacaoLinear1grau	Algebra	Matematica	AtividadeEquaçãolinearde1graunoplanoCa	RoboEducador
Angulos6	GrandezaseMedidas	Matematica	AtividadeDeAngulos	RoboEducador
ColetadeDados6	ProbabilidadeeEstatistica	Matematica	AtividadeDeColetaDeDados	RoboEducador
Poligonos	Geometria	Matematica	AtividadeDePoligonos	RoboEducador
CalculoProbabilidade6	ProbabilidadeeEstatistica	Matematica	AtividadeDeCalculoDeProbabilidade	RoboEducador
CongruenciaDeTriangulo	Geometria	Matematica	AtividadeDeCongruenciaeTriangulo	RoboEducador
PerimetrodeUmQuadrado6	GrandezaseMedidas	Matematica	AtividadeDePerimetroDeQuadrado	RoboEducador
Triangulo	Geometria	Matematica	AtividadeTriangulo	RoboEducador
RelacaoMetricasnoTrianguloRetangulo9	Geometria	Matematica	AtividadeTrianguloRetangulo	RoboEducador
EstatisticaMedia7	ProbabilidadeeEstatistica	Matematica	AtividadeDeEstadisticaeMedia	RoboEducador
AnguloInternoExterno	Geometria	Matematica	AtividadeAnguloInternoExterno	RoboEducador

**Figura 06: Resultado da consulta SPARQL para a resolução da primeira questão de competência**

A segunda consulta corresponde à questão “Que atividades de matemática podem ser realizadas com o apoio de robótica para auxiliar o ensino?”. Na Figura 07, apresenta-se a segunda consulta SPARQL, na qual buscou-se obter as classes de atividades com relação às classes de robôs. No código das linhas 8 e 9, buscou-se obter as classes que representam as atividades e que têm ligação com robôs. No código escrito nas linhas 10 e 11, visou-se obter as classes que são de fatos robôs, pois têm relação com a classe robô educador. Na parte inferior da Figura 07 são apresentadas as respostas obtidas, correspondentes às atividades e ao respectivo robô.

```

1. PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
2. PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
3. PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
4. PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
5. PREFIX ont: <http://www.semanticweb.org/les-10/ontologies/2019/8/untitled-ontology-12#>
6. SELECT ?AtividadeEspecific ?Robos
7. WHERE {
8.     ?atividade owl:someValuesFrom ?AtividadeEspecific.
9.     ?AtividadeEspecific rdfs:subClassOf ?robo.
10.    ?robo owl:someValuesFrom ?Robos.
11.    ?Robos rdfs:subClassOf ont:Robos
12. }

```

AtividadeEspecific	Robos
AtividadeDeGraficosDeBarras	RoboEducador
AtividadeDeLeituraDeInterpretacao	RoboEducador
AtividadeDePlantaBaixa	RoboEducador
AtividadeEquaçãolinearde1graunoplanoCartesiano	RoboEducador
AtividadeDeAngulos	RoboEducador
AtividadeDeColetaDeDados	RoboEducador
AtividadeDePoligonos	RoboEducador
AtividadeDeCalculoDeProbabilidade	RoboEducador
AtividadeDeCongruenciaeTriangulo	RoboEducador
AtividadeDePerimetroDeQuadrado	RoboEducador
AtividadeTriangulo	RoboEducador
AtividadeTrianguloRetangulo	RoboEducador
AtividadeDeEstadisticaeMedia	RoboEducador
AtividadeAnguloInternoExterno	RoboEducador

**Figura 07: Consulta SPARQL para a resolução da segunda questão de competência**

A terceira consulta corresponde à questão “Que conteúdo da matemática pode ser ensinado utilizando robótica?”. Na Figura 08 é apresentada a terceira consulta SPARQL, na qual buscou-se encontrar as classes da disciplina que tem relação com a classe conteúdo. No código das linhas 8 a 10 são obtidas as classes que representam conteúdos que são componentes curriculares da matemática. No código das linhas 10 e 11 visou-se obter as classes que são de fato robôs, pois tem relação com a classe robô educador. Na parte inferior da Figura 8 são apresentadas as respostas dadas, com destaque para a apresentação da disciplina, do conteúdo e o robô que pode ser utilizado para auxiliar o ensino desse conteúdo.

```

1. PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
2. PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
3. PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
4. PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
5. PREFIX ont: <http://www.semanticweb.org/les-10/ontologies/2019/8/untitled-ontology-12#>
6. SELECT ?Disciplina ?conteudo ?Robos
7. WHERE {
8.     ?conteudo rdfs:subClassOf ?Disciplina.
9.     ?Disciplina rdfs:subClassOf ont:ComponentesCurriculares.
10.    ?robo owl:someValuesFrom ?Robos.
11.    ?Robos rdfs:subClassOf ont:Robos
12. }
    
```

Disciplina	conteudo	Robos
Matematica	Geometria	RoboEducador
Matematica	GrandezaseMedidas	RoboEducador
Matematica	ProbabilidadeeEstatisca	RoboEducador
Matematica	Numeros	RoboEducador
Matematica	Algebra	RoboEducador
Matematica	Geometria	RoboEducador
Matematica	GrandezaseMedidas	RoboEducador
Matematica	ProbabilidadeeEstatisca	RoboEducador
Matematica	Numeros	RoboEducador
Matematica	Algebra	RoboEducador
Matematica	Geometria	RoboEducador
Matematica	GrandezaseMedidas	RoboEducador
Matematica	ProbabilidadeeEstatisca	RoboEducador
Matematica	Numeros	RoboEducador

**Figura 08: Consulta SPARQL para a resolução da terceira questão de competência**

A quarta consulta corresponde à questão “Uma determinada atividade pertence a qual conteúdo?”. Na Figura 09, apresenta-se a consulta SPARQL, na qual buscou-se obter as classes que representam atividades e têm relação com conteúdo. No código apresentado nas linhas 8 e 9 visou-se obter as classes que representam os conteúdos. No código escrito nas linhas 10 e 11 é assegurado que as classes obtidas têm relação com classes que representam atividades.

```

1. PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
2. PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
3. PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
4. PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
5. PREFIX ont: <http://www.semanticweb.org/les-10/ontologies/2019/8/untitled-ontology-12#>
6. SELECT ?Disciplina ?Assuntos ?Conteudo ?AtividadeEspecificica
7. WHERE {
8.     ?Conteudo rdfs:subClassOf ?Assuntos.
9.     ?Assuntos rdfs:subClassOf ?Disciplina.
10.    ?Conteudo rdfs:subClassOf ?atividade.
11.    ?atividade owl:someValuesFrom ?AtividadeEspecificica.
12.}
    
```

**Figura 09: Consulta SPARQL para a resolução da quarta questão de competência**

Na Figura 10, são apresentadas as respostas obtidas, destacando a disciplina, assunto, conteúdo e a atividade que pode ser aplicada com o conteúdo de matemática.

Disciplina	Assuntos	Conteudo	AtividadeEspecificica
Matematica	Numeros	Porcentagens8	AtividadeDePorcentagem8
Matematica	Geometria	AnguloInternoExterno	AtividadeAnguloInternoExterno
Matematica	Geometria	Planocartesiano	AtividadePlanoCartesiano
Matematica	ProbabilidadeeEstatistica	EstatisticaMedia7	AtividadeDeEstatisticaeMedia
Matematica	ProbabilidadeeEstatistica	CalculoProbabilidade6	AtividadeDeCalculoDeProbabilidade
Matematica	Numeros	NumerosInteiros	AtividadeNumerosInteiros
Matematica	ProbabilidadeeEstatistica	ColetadeDados6	AtividadeDeColetaDeDados
Matematica	Algebra	EquacaoLinear1grau	AtividadeEquacaoLinearde1grauonoplanoCartesiano
Matematica	Numeros	SistemadeNumeracaoDecimal	AtividadeSistemadeNumeracaoDecimal
Matematica	Numeros	MultiplosDivisoresNN7	AtividadeDeMultiplosEDivisores
Matematica	ProbabilidadeeEstatistica	LeituraeInterpretacao9	AtividadeDeLeituraDeInterpretacao
Matematica	GrandezaseMedidas	PerimetrodeUmQuadrado6	AtividadeDePerimetroDeQuadrado
Matematica	GrandezaseMedidas	PlantasBaixas	AtividadeDePlantaBaixa
Matematica	ProbabilidadeeEstatistica	GraficosSetores7	AtividadeDeGraficosSetores

**Figura 10: Resultado da consulta SPARQL para a resolução da quarta questão de competência**

A quinta consulta corresponde à questão “Quais peças utilizar na montagem de um robô para realizar uma certa atividade?”. Na Figura 11 é apresentada a estrutura da consulta SPARQL,



na qual buscou-se alcançar as informações da classe robô. No código apresentado nas linhas 6 a 12 buscou-se obter as peças da classe *RoboEducador* para a montagem. O código presente na linha 13 assegura que a classe robô educador terá a quantidade de peças do robô e o código da linha 14 obtém a descrição de cada peça do robô.

```

1. PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
2. PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
3. PREFIX ont: <http://www.semanticweb.org/les-10/ontologies/2019/8/untitled-ontology-12#>
4. SELECT DISTINCT ?pecas ?Descricao ?quantidade
5. WHERE {
6.     ont:RoboEducador owl:equivalentClass/owl:intersectionOf ?list .
7.     ?list rdf:rest*/rdf:first ?element.
8.     ?element owl:someValuesFrom ?montagem.
9.     ?montagem owl:intersectionOf ?pecasLista1.
10.    ?montagem owl:intersectionOf ?pecasLista2.
11.    ?pecasLista1 rdf:rest*/rdf:first ?pecas.
12.    ?pecasLista2 rdf:rest*/rdf:first ?peca2.
13.    ?peca2 owl:hasValue ?quantidade.
14.    ?pecas rdfs:comment ?Descricao.
15.    FILTER NOT EXISTS {?pecas owl:onProperty ont:TemQuantidade}}

```

Figura 11: Consulta SPARQL para a resolução da quinta questão de competência

Na Figura 12 são apresentadas as respostas obtidas, com destaque para as peças, sua descrição e quantidade de peças para a montagem do robô educador. Observa-se que embora a ontologia retorne a descrição detalhada das peças utilizadas, por questão de falta de espaço na imagem, é possível ver somente o início do texto de detalhamento das peças.

pecas	Descricao	quantidade
Bloco_EV3	"Peça Bloco Ev3 Descrição: BLOCO EV3: o bloco programável controla "	"1"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
Bloco_convertor_2_Cinza	"Peça Bloco conversor de 2 Descrição: Esta parte é composta por dois "	"2"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
Bloco_convertor_duplo_3_Preto	"Peça Bloco conversor duplo de 3 Descrição: Esta peça muito útil para "	"2"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
Cabo_25	"Peça: Cabo 25, 35 e 50 Descrição: Utilizando os cabos conectores pre "	"2"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
Eixo_3_cinza	"Peça Eixo de 3 Descrição: Os eixos são muitos importantes, pois além "	"2"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
Eixo_4_preto	"Peça Eixo de 4 Descrição: Os eixos são muitos importantes, pois além "	"2"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
Eixo_com_limitador_4_Cinza	"Peça: Eixo com limitador de 4 Descrição: Possui 4 dentes para enca "	"2"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
Eixo_com_limitador_8_Cinza	"Peça: Eixo com limitador 8 Descrição: Possui 8 dentes para encaixes "	"2"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
Esfera_de_aco	"Peça esfera de aço. Descrição: Esta bola forma uma espécie de roda e "	"1"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
Estrutura_5x11	"Peça Estrutura 5x11 Descrição: A estrutura de 5x11 é semelhante a "	"1"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
Estrutura_5x7	"Peça: Estrutura de 5x7 Descrição: Uso para fixação dos motores, de f "	"1"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
Indicador_branco	"Peça Indicador Descrição: Esta peça permite a conexão a um eixo, e "	"2"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
Motor_Grande	"Peça Motor Grande Descrição: O Motor Grande é um potente motor "	"2"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
Pino_Conector_Com_Friccao_3_modulo_azul	"Peça Pino Conector com Fricção de 3 módulo azul Descrição: Utilizar "	"7"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>

Figura 12: Resultado da consulta SPARQL para a resolução da quinta questão de competência

A sexta e última consulta corresponde à questão "Para um conteúdo de matemática e um determinado modelo de robô, que programações são possíveis para realização de uma atividade?". Na Figura 13 é apresentada a estrutura da consulta SPARQL, na qual buscou-se alcançar as possíveis programações relacionadas a um determinado conteúdo e modelo de robô. No código apresentado nas linhas 8 e 9 buscou-se obter as classes que apresentam os conteúdos que são componentes curriculares de matemática. No código escrito nas linhas 10 e 11 procura-se quais conteúdos estão relacionados com uma atividade específica. No código mostrado nas linhas 13 e 14 busca-se obter as classes dos robôs e a programação específica de cada atividade. Por fim, no código presente na linha 15, visou-se obter as classes que são de fatos robôs, pois tem relação com a classe robô educador. Na Figura 14 são apresentadas as respostas obtidas, com destaque para o conteúdo, atividade específica, robôs e programação para uma atividade de matemática.

```

1. PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
2. PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
3. PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
4. PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
5. PREFIX ont: <http://www.semanticweb.org/les-10/ontologies/2019/8/untitled-ontology-12#>
6. SELECT ?conteudo ?AtividadeEspecificica ?Robos ?Programacao
7. WHERE{
8.     ?subclasseaula owl:someValuesFrom ?conteudo.
9.     ?conteudo rdfs:subClassOf* ont:ComponentesCurriculares.
10.    ?conteudo rdfs:subClassOf ?atividade.
11.    ?atividade owl:someValuesFrom ?AtividadeEspecificica.
12.    ?AtividadeEspecificica rdfs:subClassOf ?robo.
13.    ?robo owl:someValuesFrom ?Programacao.
14.    ?programacao owl:someValuesFrom ?Robos.
15.    ?Robos rdfs:subClassOf ont:Robos.
16.    FILTER NOT EXISTS {?Programacao rdfs:subClassOf* ont:Robos}}
    
```

**Figura 13: Consulta SPARQL para a resolução da sexta questão de competência**

conteudo	AtividadeEspecificica	Robos	Programacao
AnguloInternoExterno	AtividadeAnguloInternoExterno	RoboEducador	TarefaDeStart
AnguloInternoExterno	AtividadeAnguloInternoExterno	RoboEducador	TarefaDeVirada and (TemQuantidade value 6)
AnguloInternoExterno	AtividadeAnguloInternoExterno	RoboEducador	TarefaDeLinhaReta and (TemQuantidade value 7)
Planocartesiano	AtividadePlanoCartesiano	RoboEducador	TarefaDeStart
Planocartesiano	AtividadePlanoCartesiano	RoboEducador	TarefaDeLinhaReta and (TemQuantidade value 4)
Planocartesiano	AtividadePlanoCartesiano	RoboEducador	TarefaDeVirada and (TemQuantidade value 3)
Planocartesiano	AtividadePlanoCartesiano	RoboEducador	TarefaDeStart
Planocartesiano	AtividadePlanoCartesiano	RoboEducador	TarefaDeLinhaReta and (TemQuantidade value 4)
Planocartesiano	AtividadePlanoCartesiano	RoboEducador	TarefaDeVirada and (TemQuantidade value 3)
Triangulo	AtividadeTriangulo	RoboEducador	TarefaDeStart
Triangulo	AtividadeTriangulo	RoboEducador	TarefaDeVirada and (TemQuantidade value 2)
Triangulo	AtividadeTriangulo	RoboEducador	TarefaDeLinhaReta and (TemQuantidade value 3)
CongruenciaDeTriangulo	AtividadeDeCongruenciaeTriangulo	RoboEducador	TarefaDeVirada and (TemQuantidade value 4)
CongruenciaDeTriangulo	AtividadeDeCongruenciaeTriangulo	RoboEducador	TarefaDeLinhaReta and (TemQuantidade value 5)

**Figura 14: Resultado da consulta SPARQL para a resolução da sexta questão de competência**

Na Figura 14 são apresentadas as respostas obtidas, com destaque para o conteúdo, atividade específica, robôs e programação para uma atividade de matemática. Conforme definido nas consultas SPARQL, a ontologia foi capaz de responder às seis questões de competência definidas. Portanto, em relação aos requisitos de corretude e completude, a ontologia apresentada neste trabalho atende aos requisitos levantados e pode ser utilizada como base para construção de uma ferramenta de busca e recomendação de planos de aula com atividades que utilizam robótica como recurso educacional para auxiliar o ensino de matemática básica.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho apresentou a Onto-ENSINARE, que foi desenvolvida como parte da criação de uma ferramenta para auxiliar os professores no ensino de matemática utilizando a robótica educacional. Seu desenvolvimento foi guiado pela metodologia *Ontology Development 101*. A ontologia é capaz de descrever como realizar atividades de matemática com apoio da robótica educacional. Dessa forma, são fornecidos um conjunto de serviços para a utilização da robótica em sala de aula. Vale ressaltar que é possível expandir a ontologia para outros conteúdos de outras disciplinas.

Após a construção da ontologia, foram avaliados três aspectos: consistência, a completude e a concisão, os quais atingiram seus objetivos, sem erros de execução e sem redundância. Esses resultados dão indícios da viabilidade da utilização da ontologia para a construção de um sistema de recomendação, capaz de recomendar planos de aulas com a descrição de atividades realizadas com robótica educacional para um dado conteúdo buscado pelo professor. Como trabalho futuro, sugere-se inserir a ontologia em um sistema de recomendação *web* que possa prover serviços em um ambiente de recomendação.



## 7 REFERÊNCIAS

- Almeida Neto, C. A. D. (2014). O uso da robótica educativa e o desenvolvimento de competências e habilidades matemáticas. Dissertação de mestrado.
- Antoniou, G., & Van Harmelen, F. (2004). A semantic web primer. MIT press.
- Araújo, T. M. S. (2016) Práticas de ensino de matemática com a utilização da robótica educacional. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal Rural do Semi Árido, Mossoró. Disponível em <https://pensare.ufersa.edu.br/tcc>.
- Bechhofer, S., Van Harmelen, F., Hendler, J., Horrocks, I., McGuinness, D. L., Patel-Schneider, P. F., & Stein, L. A. (2004). OWL web ontology language reference. W3C recommendation, 10(2), 1-53.
- Dietz, J. L., & Hoogervorst, J. A. (2008, March). Enterprise ontology in enterprise engineering. In Proceedings of the 2008 ACM symposium on Applied computing (pp. 572-579).
- Earle, R.S. "The integration of instructional technology into public education: Promises and challenges." Educational Technology 42.1(2002): 5-13.
- Farias, J. V., Martins, G. J. D., & dos Santos, A. S. B. (2021). Matemática, arte e geogebra: fazendo arte com a função quadrática e com tecnologias digitais. *Holos*, 4, 1-19.
- Gómez-Pérez, A. (2004). Ontology evaluation. In Handbook on ontologies, pages 251– 273. Springer.
- Gruninger, M. (1995). Methodology for the design and evaluation of ontologies. In Proc. IJCAI'95, Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing.
- Kahn, P. H., Reichert, A. L., Gary, H. E., Kanda, T., Ishiguro, H., Shen, S., Ruckert, J. H., & Gill, B. (2011). The new ontological category hypothesis in human-robot interaction. 2011 6th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI), 159–160. <https://doi.org/10.1145/1957656.1957710>
- Lego Mindstorms®. Disponível em: <<https://www.lego.com/en-us/mindstorms/products/mindstorms-ev3-31313>>. Acesso em: 12 de fevereiro de 2020.
- Lim, G. H., Hong, S. W., Lee, I., Suh, I. H., & Beetz, M. (2013). Robot recommender system using affection-based episode ontology for personalization. 2013 IEEE RO-MAN, 155–160. <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2013.6628437>
- Lmati, I., Guerss, F. Z., Aitdaoud, M., Douzi, K., Benlahmar, H., Talbi, M., Achtaich, N., & Namir, A. (2015). Alignment between two domain ontologies (Case of educational orientation in mathematics education). 2015 5th International Conference on Information & Communication Technology and Accessibility (ICTA), 1–3. <https://doi.org/10.1109/ICTA.2015.7426911>





- Lopes, J. S., da Silva Silva, A. G., & de Souza, G. F. D. S. (2023). ENSINO DE FÍSICA COM USO DE SIMULADORES VIRTUAIS: POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO EM SALA DE AULA. HOLOS, 1(39).
- Morais, E. A. M., & Ambrósio, A. P. L. (2007). Ontologias: conceitos, usos, tipos, metodologias, ferramentas e linguagens. Relatório Técnico–RT-INF-001/07.
- Musen, M. A. (2015). The protégé project: a look back and a look forward. *AI matters*, 1(4), 4-12.
- Noy, N. F., & McGuinness, D. L. (2001). *Ontology development 101: A guide to creating your first ontology*.
- Queiroz, P., Rodrigues, L., & Fernandes, S. (2023). Análise da Perspectiva de Vida Propiciada pela Inserção da Robótica no Ambiente Educacional dos Alunos do Projeto Robot em Ação. In *Anais do XXIX Workshop de Informática na Escola*, (pp. 573-582). Porto Alegre: SBC. doi:10.5753/wie.2023.235108
- Reis, C. E. R., Duso, G. B., and Webber, C. G. (2017). Educational robotics applied to the simulation of the digestive system. *Scientia cum Industria*, V.5, N.3, page 186—192.
- Ribeiro, C., Trindade, D., Palácios, R., & Todt, E. (2023). Exploring the Use of Educational Robotics in Non-formal Learning Environments: A Systematic Mapping. In *Anais do XXIX Workshop de Informática na Escola*, (pp. 1112-1124). Porto Alegre: SBC. doi:10.5753/wie.2023.235277
- Rodrigues, W. D. S. (2014). Atividades com robótica educacional para as aulas de matemática do 6. ao 9. ano do ensino fundamental: utilização da metodologia LEGO® Zoom Education.
- Santos, J. T. G., & de Lima, J. F. S. (2018). Robótica Educacional e Construcionismo como proposta metodológica para o desenvolvimento de ambientes de aprendizagem significativa. *RENOTE*, 16(2), 596-605.
- Santos, M. F., & Soares, M. H. F. B. (2017). Utilizando a Robótica Pedagógica para Discutir Noções de Conceitos Matemáticos no Ensino de Matemática. *Encontro Goiano de Educação Matemática*, 6(6), 667-676.
- dos Santos, T. N., Pozzebon, E., & Frigo, L. B. (2013). A utilização de robótica nas disciplinas da educação básica. *Revista Técnico-Científica do IFSC*, 616-616.
- Silva, J. F. S. D. (2017). Robótica aplicada à educação: uma análise do pensar e fazer dos professores egressos do curso oferecido pelo município de João Pessoa-PB.
- Sirin, E., Parsia, B., Grau, B. C., Kalyanpur, A., & Katz, Y. (2007). Pellet: A practical owl-dl reasoner. *Journal of Web Semantics*, 5(2), 51-53.
- Tzoumpa, D., Karvounidis, T., & Douligeris, C. (2016). Applying ontologies in an educational context. 2016 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 304–307. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2016.7474571>



Vrandečić, D. (2009). Ontology evaluation. In Handbook on ontologies (pp. 293-313). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

#### COMO CITAR ESTE ARTIGO:

Nunes Passos, D. D., Fernandes de Araújo, S. R., Silva, S. D., & Gadelha Queiroz, P. G. UMA ONTOLOGIA PARA APOIAR O ENSINO DE MATEMÁTICA BÁSICA COM USO DE ROBÓTICA EDUCACIONAL. HOLOS. Recuperado de <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/10328>.

#### SOBRE OS AUTORES

##### D. D. N. PASSOS

Mestre em Ciência da Computação, trabalhando na área de robótica educacional e informática na educação.

E-mail: [daniel.deyson@dcx.ufpb.br](mailto:daniel.deyson@dcx.ufpb.br)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7443-5515>

##### S. R. F. DE ARAÚJO

É doutor e professor associado no Departamento de Computação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) no Brasil. Sua pesquisa se concentra na arquitetura de computadores, sistemas embarcados e recentemente, na utilização de abordagens que aplicam aprendizado de máquina.

E-mail: [silvio@ufersa.edu.br](mailto:silvio@ufersa.edu.br)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7300-8423>

##### S. D. SILVA

É estudante de doutorado na Universidade Federal de Campina Grande. Sua pesquisa está relacionada aos seguintes temas: Linguagem Espacial, Inteligência Artificial, Aprendizado de Máquina, Processamento de Linguagem Natural e Geoprocessamento.

E-mail: [salatiel.dantas@ufersa.edu.br](mailto:salatiel.dantas@ufersa.edu.br)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3138-4196>

##### P. G. G. QUEIROZ

É professor associado no departamento de computação da Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA) em Mossoró-RN (Brasil) e pesquisador auxiliar no INESC TEC em Porto-PT. Suas pesquisas se concentram nas áreas de Informática Educacional e Engenharia de Software, nos tópicos de reúso de software, engenharia de requisitos, arquitetura de software, evasão escolar e robótica educacional.

E-mail: [pgabriel@ufersa.edu.br](mailto:pgabriel@ufersa.edu.br)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3993-0208>



**Editor(a) Responsável:** Francinaide de Lima Silva Nascimento



**Recebido 04 de junho de 2020**

**Aceito: 01 de dezembro de 2023**

**Publicado: 31 de dezembro de 2023**

