

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

**O USO DE ONTOLOGIAS NA
PERSONALIZAÇÃO E GESTÃO DA
APRENDIZAGEM NO CONTEXTO DO ENSINO
SUPERIOR**

JOSÉ LUIZ MACHADO MORAIS

ORIENTADOR: PROF. DR. ARLINDO FLAVIO DA CONCEIÇÃO

CO-ORIENTADOR: PROFA. DRA. DANIELA LEAL MUSA

São José dos Campos – SP

Junho/2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

**O USO DE ONTOLOGIAS NA
PERSONALIZAÇÃO E GESTÃO DA
APRENDIZAGEM NO CONTEXTO DO ENSINO
SUPERIOR**

JOSÉ LUIZ MACHADO MORAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica da Universidade Federal de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Inovação Tecnológica

Orientador: Prof. Dr. Arlindo Flavio da Conceição

São José dos Campos – SP

Junho/2020

Para a minha esposa, Amabile.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de estar aqui e realizar este trabalho e ao meu anjo da guarda por ter me guiado e protegido no caminho percorrido.

Agradeço à Amabile, minha esposa, pelo amor, apoio e incentivo incondicionais sem os quais eu não teria sequer começado a caminhada para chegar até aqui. Aos meus pais, Lafaiete e Elisiara, pelos sacrifícios e esforços feitos para que eu recebesse a formação necessária para chegar até aqui. Ao meu irmão, João Vitor, pelo companheirismo de todas as horas.

Agradeço também ao professor Arlindo Conceição, meu orientador, pelos conhecimentos compartilhados, pela disponibilidade e atenção empenhadas em todos os momentos e por compartilhar do objetivo deste trabalho: colaborar para a melhoria do processo de aprendizagem.

Agradeço, ainda, aos professores do PPGPIT da UNIFESP pelos conhecimentos compartilhados e às professoras Daniela Musa e Cacilda Alvarenga pela colaboração em pontos fundamentais para que este trabalho fosse possível.

Por fim, agradeço aos colegas de turma com os quais dividi experiências e projetos ao longo dessa jornada.

Até mesmo a menor das pessoas pode mudar o rumo do futuro.

J. R. R. Tolkien

RESUMO

Com o avanço da internet e a globalização da informação, os aspectos da vida humana se tornam cada vez mais dependentes da tecnologia e com a educação isso não é diferente. Contudo, mesmo com a essa evolução tecnológica observada nos dias de hoje, a aquisição e a manutenção do conhecimento são tratadas de forma *ad hoc*, o que é comprovado pela escassez de ferramentas adequadas para estruturar, registrar e avaliar o conhecimento, sendo o gerenciamento do mesmo feito de forma artesanal, subjetiva e ineficiente. A fim de trazer soluções para esses problemas, foi realizada uma revisão sistemática da literatura sobre métodos e ferramentas de apoio à aprendizagem no contexto do Ensino Superior que abordam o conceito de *self-paced learning* usando técnicas de *e-learning*. A partir dessa revisão, neste trabalho foi feita uma discussão sobre as práticas e desafios referentes aos conceitos por ela abordados, o que resultou na proposta de uma arquitetura de um sistema de gestão do conhecimento e do perfil de alunos com base em ontologias. Foi desenvolvida uma ontologia para representação do conhecimento contido em cursos de graduação. Para manipular essa ontologia foi utilizada a linguagem orientada a dados SparQL, que realiza consultas e atualizações no conhecimento representado por meio de grafos no formato RDF. Para validar os resultados, foi feita uma Prova de Conceito que permitiu constatar a viabilidade da criação de um sistema de gestão de aprendizagem que, além de representar o conhecimento de forma estruturada, abre caminho para a personalização do processo de aprendizagem.

Palavras-chave: *Self-paced learning*, Ontologias, Ensino Superior, Gestão do conhecimento

ABSTRACT

The internet advancement and the information's globalization make the aspects of human life increasingly dependent on technology, and this is no different when it comes to education. Even with the notorious evolution of technology nowadays, the acquisition and maintenance of knowledge are treated in an ad hoc manner, which can be observed by the lack of adequate tools to structure, record and evaluate knowledge, moreover its management is handmade, subjective and inefficient. In order to bring solutions to these problems, a systematic literature review was carried out considering methods and tools to support learning in Higher Education that address the concept of self-paced learning using e-learning techniques. Based on this review, a discussion was made about the practices and challenges related to the addressed concepts, which resulted in the proposal of an architecture for a management system to deal with knowledge and students' profiles, based on ontologies. An ontology that represents the knowledge contained in undergraduate courses was developed. To manipulate this ontology, the data-oriented language SparQL was used, which performs queries and updates the represented knowledge through graphs in the RDF format. A Proof of Concept was made to validate the results, allowing to verify the feasibility of creating a learning management system that, in addition to representing knowledge in a structured way, clears the path for the learning process customization.

Keywords: Self-paced learning, Ontologies, Higher Education, Knowledge management

LISTA DE FIGURAS

2.1	Fases das etapas de pesquisa.	23
2.2	Frequência dos estudos primários por conceitos e metodologias.	28
2.3	Frequência dos estudos primários por plataformas utilizadas.	28
2.4	Frequência dos estudos primários por pontos positivos mais citados.	29
2.5	Frequência dos estudos primários pelos principais desafios encontrados.	29
3.1	Ciclo de avaliação de conteúdo tradicional.	39
3.2	Ciclo de avaliação de conteúdo personalizado.	40
4.1	Exemplo de classes, indivíduos e relacionamentos em um curso de Ciência da Computação.	58
4.2	Estrutura de uma tripla.	60
4.3	Exemplo de uma consulta usando SparQL.	61
4.4	Proposta da arquitetura do sistema de gestão de perfis de alunos.	65
4.5	Terminal com o resultado da consulta realizada.	66
4.6	Lista de retorno dos conhecimentos já adquiridos no <i>Browser</i>	67
4.7	Árvore de retorno dos conhecimentos já adquiridos <i>Browser</i>	67
4.8	Diagrama de representação da ontologia CourseStructure.	70
5.1	Página inicial do servidor local Fuseki.	73
5.2	Página de inserção de banco de dados local.	73
5.3	Página de <i>upload</i> de arquivo para o servidor.	74
5.4	Página de visualização e edição do código referente ao grafo inserido.	74
5.5	Página de inserção do código da <i>query</i> ou <i>update</i>	75

5.6	Campo que determina a finalidade do código definido como <i>update</i>	75
5.7	Página de inserção do código da <i>query</i> ou <i>update</i>	75
5.8	Diagrama de representação da ontologia CourseStructure adaptada com a classe Student	76
5.9	Grafo de representação dos indivíduos criados a partir da ontologia CourseStructure.	77
5.10	Grafo de representação das disciplinas e seus prerrequisitos. As setas representam o predicado “é prerrequisito de”.	78
5.11	Grafo de representação dos módulos e seus prerrequisitos. As setas representam o predicado “é prerrequisito de”.	78
5.12	Informações contidas nas triplas que representam os dados do Francisco.	79
5.13	Informações contidas nas triplas que representam os dados do Francisco atualizados.	80
5.14	Informações contidas nas triplas que representam os dados do Raul.	81
5.15	Informações contidas nas triplas que representam as disciplinas, os módulos e os objetos de aprendizagem que constam no perfil do Raul.	82
5.16	Informações contidas nas triplas que representam as disciplinas que constam no perfil do Raul.	83
5.17	Informações contidas nas triplas que representam os módulos que constam no perfil do Raul.	83
5.18	Informações contidas nas triplas que representam os objetos de aprendizagem que constam no perfil do Raul.	83
5.19	Informações contidas nas triplas que representam a relação entre disciplinas, módulos e objetos de aprendizagem que constam no perfil do Raul.	84
5.20	Informações contidas nas triplas que representam a relação entre os módulos e os objetos de aprendizagem referentes à disciplina de Cálculo I que constam no perfil do Raul.	84
5.21	Informações contidas nas triplas que representam as disciplinas do programa de Ciência da Computação.	86

5.22	Informações contidas nas triplas que representam as disciplinas cursadas por Francisco.	87
5.23	Informações contidas nas triplas que representam as disciplinas do programa de Ciência de Computação que Francisco ainda não cursou.	88
5.24	Informações contidas nas triplas que representam os objetos de aprendizagem mais estudados na disciplina de Cálculo I em uma turma de 30 alunos.	89

LISTA DE TABELAS

2.1	Relação de artigos selecionados para a extração de dados.	26
2.2	Dados de classificação da revisão sistemática da literatura.	27

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	15
1.1 Contextualização	15
1.2 Objetivos	17
1.3 Metodologia	17
1.4 Organização do texto	18
CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 Fundamentação teórica	19
2.1.1 Conceitos fundamentais	19
2.1.2 Ferramentas e plataformas	21
2.2 Revisão sistemática	22
2.2.1 Metodologia da revisão sistemática	23
2.2.1.1 Questões de pesquisa	23
2.2.1.2 Etapas de pesquisa	24
2.2.1.3 Critérios de inclusão e exclusão	25
2.2.2 Resultados da revisão sistemática	26
2.2.3 Discussão da revisão sistemática da literatura	29
2.2.3.1 Quais são os conceitos que embasam as metodologias desenvolvidas e avaliadas para promover ou dar suporte ao <i>e-learning</i> e ao <i>self-paced learning</i> no contexto do Ensino Superior?	30

2.2.3.2	Quais as dificuldades e desafios encontrados na aplicação desses conceitos e metodologias?	32
2.3	Considerações sobre a revisão sistemática da literatura	33
CAPÍTULO 3 – CONSIDERAÇÕES SOBRE OS PRINCIPAIS DESAFIOS		35
3.1	Desafios	35
3.1.1	Conteúdo adaptável	35
3.1.2	Credenciais do aluno	36
3.1.3	Granularidade dos objetos de aprendizagem	37
3.1.4	Avaliação dos conteúdos digitais	37
3.1.5	Rapidez do <i>feedback</i>	38
3.1.6	Eficiência da flexibilidade	39
3.1.7	Construção colaborativa do conhecimento	41
3.1.8	Reformulação do papel do professor	42
3.1.9	Engajamento do aluno	42
3.2	Sistemas, métodos e ferramentas	44
3.2.1	Monitoramento dos usos da plataforma	44
3.2.2	Formato do conteúdo	44
3.2.3	Integração de mídias	45
3.2.4	Ferramentas de produção colaborativa	45
3.2.5	<i>Survey</i> e avaliação	46
3.2.6	<i>Gamification</i>	46
3.2.7	Inteligência artificial	47
3.2.7.1	<i>Chat bot</i>	47
3.3	Cenário ilustrativo	48
3.4	Considerações do capítulo	49
CAPÍTULO 4 – GERENCIAMENTO INTELIGENTE DO CONHECIMENTO		51

4.1	Representação do conhecimento	52
4.1.1	Ontologias	53
4.1.1.1	Estrutura e metodologia para a construção de ontologias . . .	54
4.1.1.2	Componentes da ontologia	54
4.1.1.3	A Metodologia 101	55
4.1.2	Entidades e relacionamentos ontológicos no ambiente da Educação . .	57
4.1.3	Protégé, RDF e OWL	59
4.2	SparQL: uma linguagem para manipulação de ontologias	60
4.3	Considerações sobre o gerenciamento de perfis de estudantes e visões sobre o conhecimento	61
4.4	Trabalhos relacionados	62
4.5	Proposta de arquitetura para o gerenciamento de perfis	64
4.5.1	<i>Browser</i>	64
4.5.2	Serviços web	64
4.5.2.1	Exemplo de consulta usando Jena e SparQL	66
4.5.2.2	Exibição dos resultados	66
4.5.3	Repositório Spark	67
4.5.4	Ontologia	68
4.5.5	Desafios de implementação da arquitetura	70
4.6	Considerações sobre o capítulo	71
CAPÍTULO 5 – PROVA DE CONCEITO		72
5.1	Ambiente computacional da PoC	72
5.2	Implementação da PoC	76
5.3	Caso de uso 1: atualização do sistema	79
5.4	Caso de uso 2: verificação dos conhecimentos adquiridos	81
5.5	Caso de uso 3: verificação dos conhecimentos que não foram cobertos	85

5.6	Caso de uso 4: levantamento do que é mais estudado	87
5.7	Considerações sobre o capítulo	88
CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS		90
REFERÊNCIAS		93
GLOSSÁRIO		99
APÊNDICE A – RDF UTILIZADO NO EXEMPLO		100
APÊNDICE B – ARQUIVO DE <i>QUERY</i> UTILIZADO NO EXEMPLO		102
APÊNDICE C – LINK PARA O REPOSITÓRIO NO GITHUB		103
APÊNDICE D – CÓDIGO DE INSERÇÃO DE ALUNOS PARA O CASO DE USO NÚMERO 4		104

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

Este capítulo traz uma introdução sobre os conceitos abordados nesta dissertação de mestrado, o contexto no qual ela está inserida, seus objetivos, sua metodologia e a organização de sua estrutura.

1.1 Contextualização

Os conceitos de *e-learning* e *self-paced learning* são cada vez mais presentes em todos os níveis de aprendizagem (CLARK; MAYER, 2016), inclusive no Ensino Superior. Com o advento da tecnologia e a crescente abrangência da Internet, surgem cada vez mais meios e ferramentas para personalizar o processo de aquisição e disseminação do conhecimento.

A Educação à Distância (EaD) é um dos principais desdobramentos desse advento vistos na prática. As matrículas em cursos superiores de graduação na modalidade EaD aumentaram significativamente entre 2008 e 2018. De acordo com o Censo da Educação Superior de 2018, esse aumento foi de 182,5%. Nesse mesmo período, na modalidade presencial, o crescimento foi de apenas 25,9%. Em 2018, constatou-se 2 milhões de matrículas em cursos na modalidade EaD, o que equivale a 24,3% do total de matrículas na graduação (BRASIL, 2019a). Deve-se considerar, ainda, que o ensino à distância também está presente em cursos que são presenciais, por exemplo, por meio da possibilidade legal de que até 40% da carga horária total de um curso de graduação presencial seja oferecida à distância (BRASIL, 2019b).

Outro exemplo concreto que já é realidade há cerca de seis anos no contexto do Ensino Superior são os cursos online oferecidos pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts (*MIT*, do inglês *Massachusetts Institute of Technology*). O resultado da iniciativa de uma das instituições mais respeitadas do mundo, ao oferecer cursos gratuitos online e levar a excelência do seu ensino a um nível global, mostra a importância da democratização do conhecimento e como a tecnologia é fundamental para esse processo. Pessoas do mundo todo, desde aquelas com

mais conhecimento adquirido até as que ainda estão iniciando seus estudos, têm acesso aos materiais fornecidos e podem fazer parte desse processo de aprendizagem que, segundo estudos do próprio MIT (CHANDLER, 2014), é eficiente para todos, independentemente do grau prévio de instrução.

Com esse crescente uso da Internet e de ferramentas tecnológicas na educação, faz-se necessária a existência de sistemas que viabilizem a personalização e a gestão do processo de aprendizagem (KEEGAN; AMADO, 2002), pois é fundamental que haja um suporte ferramental para que essas novas formas de lidar com o ensino e a aprendizagem sejam desenvolvidas com eficiência e resultem nos benefícios esperados, isto é, proporcionem o acesso à educação de qualidade e atendam às necessidades dos alunos.

Recentemente, a crise mundial vivida em decorrência do vírus SARS-CoV-2 obrigou a população a praticar o isolamento social. Esses eventos tornaram ainda mais evidente a importância do uso das ferramentas tecnológicas na educação e da implementação do conceito de *self-paced learning* para que os alunos de todos os níveis de formação, mesmo impossibilitados de comparecer fisicamente às escolas e universidades, possam continuar seu processo de aprendizagem de forma ininterrupta e eficiente.

Nesse contexto, a existência de uma forma de representar do conhecimento é essencial para viabilizar a gestão do mesmo, pois é necessário compreender e, posteriormente, comparar o conhecimento adquirido pelos alunos ao conhecimento oferecido por um curso, seja ele presencial ou à distância. Para representar esse conhecimento, e considerando o contexto computacional no qual as informações estão inseridas, as ontologias constituem uma forma de representação que permite a geração de inferências a partir de um conjunto de fatos, ou a verificação da consistência dos mesmos, o que é bastante útil para a gestão do conhecimento, principalmente quando há um grande volume de informações (JURISICA; MYLOPOULOS; YU, 2004).

Dadas essas necessidades, este trabalho propõe a seguinte questão de pesquisa: **quais são as metodologias implementadas e avaliadas que abordam a aprendizagem personalizada e o conceito de *self-paced learning* aliado ao *e-learning* no contexto do Ensino Superior e como elas podem ser incorporadas a uma ferramenta de apoio?**

A educação é fundamental para o desenvolvimento da sociedade, portanto pensar em seu futuro e em como este processo caminhará ao lado da evolução das demais áreas, em particular a tecnológica, é essencial para que haja avanços na eficiência com a qual o conhecimento é tratado e difundido (MITRA, 2016). Assim, abordar a personalização e a gestão educação e tecnologia com base nos conceitos apresentados, de forma a promover a aprendizagem personalizada e o *self-paced learning* no contexto do Ensino Superior, pode trazer contribuições significativas

para a evolução do processo de aprendizagem na educação, o que justifica a escolha do tema.

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é contribuir para que a tecnologia seja utilizada na educação, em particular no contexto do Ensino Superior, priorizando a aprendizagem personalizada e voltada ao aluno de forma que este possa aprender em seu próprio ritmo e se concentrar em seus interesses e dificuldades.

Com isso em vista, os objetivos específicos deste trabalho são:

- Analisar a literatura para listar e compreender as metodologias existentes relacionadas ao conceito de *self-paced learning* aliado ao *e-learning*;
- Avaliar as ferramentas e plataformas de apoio à aprendizagem no contexto do Ensino Superior para elucidar os prós e contras de cada uma;
- Discutir, a partir dessas análises e avaliações, funcionalidades de *e-learning* que são importantes para a promoção do *self-paced learning*;
- Desenvolver uma ontologia para representação do conhecimento de cursos de graduação no contexto do Ensino Superior;
- Propor a arquitetura de um sistema de perfis de alunos que auxilie na gestão do processo de aprendizagem a partir da ontologia desenvolvida.

1.3 Metodologia

Para atingir os objetivos citados na Seção 1.2, a metodologia utilizada pode ser descrita segundo as seguintes etapas:

- Realização de uma revisão sistemática da literatura para listar e compreender as metodologias existentes relacionadas ao conceito de *self-paced learning* aliado ao *e-learning* e avaliar as ferramentas e plataformas de apoio à aprendizagem no contexto do Ensino Superior para elucidar os prós e contras de cada uma;
- Elaboração de um capítulo de discussão sobre as funcionalidades de *e-learning* que são importantes para a promoção do *self-paced learning* a partir dos resultados observados na revisão sistemática da literatura;

- Desenvolvimento de uma ontologia para representação do conhecimento de cursos de graduação;
- Elaboração da arquitetura de um sistema de perfis de alunos que auxilie na gestão do processo de aprendizagem a partir da ontologia desenvolvida;
- Implementação de uma Prova de Conceito (PoC, do inglês *Proof of Concept*) para validar a ontologia e a arquitetura elaboradas.

1.4 Organização do texto

Esta dissertação está organizada da seguinte forma:

- O Capítulo 2 traz a revisão bibliográfica, que é dividida em fundamentação teórica e revisão sistemática da literatura;
- O Capítulo 3 apresenta uma discussão sobre práticas que envolvem *e-learning* e os desafios observados na implementação do conceito de *self-paced learning* no contexto do Ensino Superior;
- O Capítulo 4 aborda os conceitos de ontologia e a proposta de um sistema de gerenciamento do conhecimento com base na criação de uma ontologia para representar o conhecimento contido em programas ou cursos de graduação;
- O Capítulo 5 descreve a PoC para validar a manipulação da ontologia criada;
- O Capítulo 6 apresenta as considerações finais.

Em seguida, são listadas as referências bibliográficas utilizadas neste projeto e, por último, são apresentados os Apêndices A, B, C e D que contêm os arquivos utilizados na elaboração da PoC.

Capítulo 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo traz a revisão bibliográfica e é composto por duas seções: fundamentação teórica e revisão sistemática da literatura.

2.1 Fundamentação teórica

Esta seção apresenta alguns conceitos fundamentais que são constantemente abordados quando o assunto é o uso da tecnologia na educação. Além disso, descreve algumas plataformas e ferramentas que abordam esses conceitos.

2.1.1 Conceitos fundamentais

O principal conceito no qual se fundamenta esta revisão da literatura é o *self-paced learning*. Esse termo descreve a realização do processo de aprendizagem no ritmo de cada aluno, que também é responsável pela gestão do aprendizado (MOTA, 2014; MOTA; SCOTT, 2014). Com a utilização da tecnologia, principalmente dos dispositivos móveis com acesso à Internet, é possível que cada indivíduo aprenda quando e onde quiser, em seu próprio ritmo e do seu próprio jeito, priorizando e enfatizando as suas áreas de maior interesse ou dificuldade. Assim, todas as demais metodologias e conceitos abordados nesta revisão são vistos como meios digitais e tecnológicos de promover o *self-paced learning*, pois a ideia é priorizar o aluno e explorar ao máximo o seu potencial de aprendizagem.

Quanto às tecnologias de apoio ao ensino e aprendizagem, estas estão essencialmente atreladas a alguns conceitos que frequentemente são citados quando o assunto é a educação. O mais básico deles, que está diretamente relacionado aos demais, é o *e-learning*. Esse termo pode ser definido como um processo de aprendizagem com base na tecnologia que consiste na entrega de conteúdo para os alunos de forma remota por meio de uma rede de computadores (ZHANG et al., 2004). Há ainda os conceitos de *e-learning* síncrono e assíncrono (HRASTINSKI, 2008).

No primeiro, os alunos e o professor ou instrutor interagem em tempo real, por meio de videoconferências e chats online, por exemplo. Já no segundo, não há a necessidade de que todas as partes estejam envolvidas simultaneamente nas atividades, como na troca de mensagens em um fórum ou por e-mail.

A partir do *e-learning*, é possível chegar a métodos que se apresentam como uma alternativa ao aprendizado clássico em sala de aula e que facilitam a promoção do *self-paced learning*, como é o caso do *blended learning*. Esse termo refere-se a uma metodologia de aprendizagem na qual são combinados elementos de *e-learning* e de ensino tradicional (REAY, 2001) com o objetivo de facilitar o aprendizado do aluno, aumentando o leque de recursos e ferramentas disponíveis, de estender o processo para fora das salas de aula e, por consequência, promover a personalização do ambiente de aprendizagem. Um exemplo claro de utilização do *blended learning* pode ocorrer na inversão entre o ensino do conteúdo em sala de aula e as tarefas de casa, que caracteriza o modelo de *flipped learning* (BERGMANN; SAMS, 2012). Nesse método de sala de aula invertida, o aluno se dedica a aprender a teoria em casa, antes da aula, principalmente por meio de materiais entregues digitalmente pelo professor, como vídeos, artigos e livros. Feita essa preparação, o aluno aproveita o tempo em sala de aula, com o auxílio do professor, para realizar exercícios e atividades práticas, o que normalmente seria feito em casa. Esse método tem como princípio a ideia de que o aluno necessita mais da presença física do professor durante a aplicação do conhecimento do que na fase da aprendizagem teórica, quando ele pode trabalhar em seu próprio ritmo para assimilar o conhecimento.

Na mesma linha do *blended learning* existe um termo que muitas vezes é tratado como seu sinônimo na literatura, o *hybrid learning* (KOCHANG; BRITZ; SEYMOUR, 2006). Contudo, há autores que fazem uma diferenciação entre eles. Segundo Duarte e Gil (2008 apud GÓMEZ; DUART, 2012), esse termo se refere à integração entre *e-learning* e o ensino tradicional dada por meio do cruzamento de elementos desses dois modelos que se tornam completamente integrados e inseparáveis, inviabilizando a distinção de suas partes componentes, diferindo-se do *blended learning* porque, no segundo, é possível identificar claramente quais são os elementos combinados para a efetivação do processo de aprendizagem. No contexto específico deste trabalho, optou-se pela definição de Duarte e Gil (2008 apud GÓMEZ; DUART, 2012), mas o ponto mais importante é que ambos são meios para a promoção do *self-paced learning*.

Outra forma que caracteriza o uso do *e-learning* é a técnica de *gamification*, que pode ser definida como o uso de elementos presentes no *design* de jogos em outros contextos (NACKE; DETERDING, 2017), neste caso, aplicados na educação. A motivação e a interação dos alunos são essenciais para a eficiência do processo de aprendizagem, principalmente quando esta se dá

de forma personalizada e seguindo o ritmo particular de cada um. Manter os alunos motivados e promover a socialização entre eles são objetivos comuns do *gamification*, que tem como exemplo clássico o sistema de recompensas.

Por último, pode-se citar os MOOCs (do inglês *Massive Open Online Courses*), os cursos massivos e abertos online. Existem diversas plataformas, como o edX e o Coursera, que trazem inúmeros cursos online e gratuitos nas mais diversas áreas do conhecimento. A ideia é democratizar o acesso ao conhecimento e torná-lo disponível a qualquer hora, em qualquer lugar do mundo.

Considerando as metodologias e conceitos apresentados e a essência do *self-paced learning*, que é a aprendizagem autogerida e no ritmo de cada aluno (CLARK; MAYER, 2016), é possível observar que a tecnologia é uma grande facilitadora desse processo, visto que ela fornece os meios e os recursos para a promoção desses conceitos, possibilitando aos alunos uma maior autonomia para aprender e dedicar seus esforços nas áreas de conhecimento que eles julgarem mais importantes.

2.1.2 Ferramentas e plataformas

Existem algumas ferramentas e plataformas virtuais de aprendizagem que utilizam os conceitos abordados na Seção 2.1.1. Considerando o contexto do Ensino Superior, pode-se citar duas plataformas de promoção de MOOCs que são amplamente difundidas: o *edX* e o *Coursera*.

O *edX* (<https://www.edx.org/>) é uma plataforma criada pelo MIT em parceria com a Universidade de Harvard em 2012 para promover a aprendizagem online e oferecer cursos de alta qualidade das melhores universidades para alunos espalhados por todo o mundo por meio de MOOCs (EDX, 2018). O *edX* é uma organização sem fins lucrativos e é desenvolvido sobre uma plataforma de software aberto, o *Open edX*. Assim, seu código fonte está disponível online e gratuitamente para toda a comunidade, o que permite que instituições de ensino hospedem seus próprios cursos e ofereçam suas próprias disciplinas. O ponto mais interessante do *Open edX* é que ele permite que educadores, professores e instrutores criem extensões da plataforma para construir ferramentas de aprendizagem que satisfaçam suas necessidades com precisão, além de estar aberto à contribuição de desenvolvedores para a criação de novas funcionalidades.

Outra plataforma de MOOCs que merece destaque é o *Coursera* (<https://www.coursera.org/>). Essa plataforma foi fundada em 2012 por Daphne Koller e Andrew Ng, dois professores de ciência da computação da Universidade de Stanford. No ambiente de aprendizagem, o aluno conta com recursos de vídeo, atividades de avaliação por pares, autoavaliação e fóruns de dis-

cussão. A plataforma ainda conta com cursos de graduação e especialização online oferecidos por universidades, além de emitir certificados digitais de conclusão para os demais. Os preços praticados variam de acordo com a duração e a temática dos cursos, sendo que muitos deles são gratuitos (COURSERA, 2018).

Fora do contexto específico do Ensino Superior, com abrangência maior para os ensinos Fundamental e Médio, pode-se citar a **Khan Academy** (<https://www.khanacademy.org/>). Essa plataforma teve início quando seu fundador, Salman Amin Khan, resolveu ensinar matemática a sua prima, Nadia, por meio da internet. Em 2006, ele criou um canal no YouTube para postar videoaulas sobre matemática e, a partir dessa iniciativa, surgiu a *Khan Academy*, uma plataforma online de educação livre e fundação sem fins lucrativos que oferece exercícios práticos, vídeos instrucionais e um painel de controle de aprendizagem personalizado que ajuda na promoção do *self-paced learning*. A missão da equipe é prover educação gratuita e de qualidade para todas as pessoas, de todas as idades, em qualquer lugar do mundo (KHAN ACADEMY, 2018). Como citado na Seção 2.1.1, a *Khan Academy* utiliza o conceito de *gamification* para motivar a aprendizagem do aluno por meio de um sistema de recompensas que premia o desempenho acadêmico. Além da atribuição de medalhas aos alunos que se empenham e dominam as habilidades propostas nas atividades, há ainda a promoção de concursos que envolvem os conhecimentos trabalhados.

2.2 Revisão sistemática

Para a elaboração desta dissertação de mestrado, foi realizada uma revisão sistemática da literatura sobre os métodos de *e-learning* que promovem o conceito de *self-paced learning* no contexto do Ensino Superior. A escolha do Ensino Superior como contexto do estudo se deu principalmente por dois fatores: sua importância como base para a vida adulta do indivíduo, seja ela profissional ou acadêmica, que influencia diretamente na sociedade, inclusive na formação de outras pessoas, e o advento dos MOOCs. Dadas as metodologias e ferramentas utilizadas, é importante saber quais delas são eficientes e em que situações podem ser aplicadas.

Dessa forma, esta revisão traz conceitos importantes na área estudada, considerando as metodologias e ferramentas aplicadas, a forma como são implementadas e, quando possível, a eficiência obtida a partir do seu uso. Como o surgimento dos MOOCs se deu em 2012 e eles representaram uma nova forma de aplicar o conceito de *e-learning* e de promover o *self-paced learning*, foram considerados apenas artigos publicados a partir desse ano.

2.2.1 Metodologia da revisão sistemática

Esta seção apresenta a metodologia usada na revisão sistemática, desde a estratégia de busca de artigos até a extração de dados. O objetivo principal, como mencionado anteriormente, é verificar e analisar as metodologias implementadas para a promoção e o suporte ao *e-learning* e ao *self-paced learning* no contexto do Ensino Superior. Assim, é possível conhecer o estado da arte nesse contexto específico e propor estratégias para otimizar o uso da tecnologia no processo de aprendizagem.

O procedimento adotado para a realização da revisão sistemática da literatura foi baseado na metodologia proposta por Kitchenham (2004), que segue um protocolo bem definido para a identificação, a seleção, a avaliação e a interpretação dos resultados de uma pesquisa de relevância com base em uma questão de pesquisa previamente escolhida. Este protocolo define uma série de fases que devem ser cumpridas para contemplar as etapas de pesquisa e que, considerando esta revisão sistemática em particular, podem ser descritas conforme a Figura 2.1.

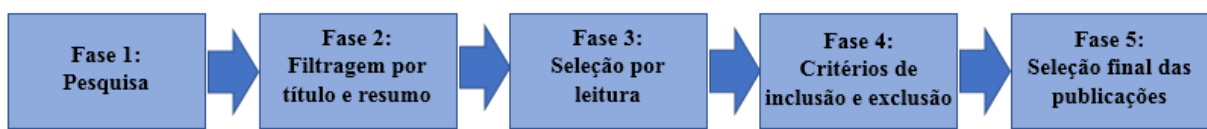


Figura 2.1: Fases das etapas de pesquisa.

- Fase 1: pesquisa na literatura por meio das bases digitais;
- Fase 2: filtragem das publicações a partir do título e do resumo;
- Fase 3: seleção de artigos relevantes para o contexto estudado com uma segunda filtragem, a partir de leitura prévia;
- Fase 4: utilização dos critérios de inclusão e exclusão;
- Fase 5: seleção final das publicações das quais foram extraídos os dados.

2.2.1.1 Questões de pesquisa

Para esta revisão sistemática, foram consideradas as seguintes questões de pesquisa:

- Q1 - Quais são os conceitos que embasam as metodologias desenvolvidas e avaliadas para promover ou dar suporte ao *e-learning* e ao *self-paced learning* no contexto do Ensino Superior?

- Objetivo: identificar os conceitos que embasam as metodologias existentes e de que forma eles promovem ou dão suporte ao *e-learning* e ao *self-paced learning* no contexto do Ensino Superior, além de analisar a avaliação de cada uma delas.
- Q2 - Quais as dificuldades e desafios encontrados na aplicação desses conceitos e metodologias?
 - Objetivo: identificar as dificuldades e os desafios encontrados na aplicação desses conceitos e metodologias para traçar uma estratégia eficiente de implementação na prática.

A partir dessas questões, foi planejado e aplicado o protocolo de revisão utilizado, bem como seus testes e conduta iniciais.

2.2.1.2 Etapas de pesquisa

Para a busca de artigos e publicações científicas relacionadas ao uso da tecnologia no Ensino Superior, foram utilizadas as bases digitais online:

- Springer Link (<https://link.springer.com>);
- Science Direct (<https://www.sciencedirect.com>);
- IEEE Xplore Digital Library (<http://ieeexplore.ieee.org>); e
- ACM Digital Library (<https://dl.acm.org/>).

Essas bases foram escolhidas porque oferecem interfaces de busca bem organizadas e retornam resultados em inglês. As buscas realizadas foram feitas com base nas seguintes palavras-chave: *self-paced learning*; *e-learning*; e *Higher Education*. A escolha foi feita de acordo com a relevância dos resultados das buscas para o estudo proposto, com a quantidade de publicações retornadas, com o idioma da publicação, que deveria ser em inglês, e com a data de publicação, que compreende o período entre 2012 e 2018.

Como mencionado no início da Seção 2.2, o período de publicação dos artigos considerados foi escolhido levando em consideração o surgimento dos MOOCs em 2012, com o lançamento do Coursera em abril, do edX em maio e o posterior lançamento da plataforma Open edX, em junho de 2013. Os MOOCs representaram o surgimento de uma nova forma de aplicar o conceito de *self-paced learning* a partir do uso de *e-learning* e são considerados um marco

importante na forma de lidar com o ensino à distância, em particular no contexto do Ensino Superior, já que grandes universidades do mundo fizeram parceria com essas plataformas, como por exemplo o MIT, a Universidade de Harvard, de Stanford e de Princeton, entre outras.

Considerando as fases de pesquisa previamente citadas e o contexto abordado neste trabalho, foram testadas várias combinações com as palavras-chave escolhidas. A *string* de busca que trouxe mais resultados relevantes para o tema foi:

- (“*Higher Education*”AND “*e-learning*”AND “*self-paced learning*”)

Essa *string* retornou **89 resultados**, entre artigos de revistas e conferências, que configuram a Fase 1, sendo 20 da base Science Direct, 51 da IEEE Xplore Digital Library e 18 da base Springer Link. Vale ressaltar que a ACM Digital Library não retornou nenhum resultado no contexto buscado considerando a *string* utilizada. A Fase 2 da revisão foi a realização da leitura do título e do resumo de cada um dos artigos retornados pela busca nas bases. A Fase 3 se caracterizou pela seleção das publicações relevantes a partir de uma leitura inicial dos textos.

2.2.1.3 Critérios de inclusão e exclusão

A partir da análise da etapa anterior, as publicações selecionadas serviram de entrada para a Fase 4, na qual, a partir dos critérios de inclusão e exclusão, foi feita a seleção daqueles que são relevantes para a lista de estudos primários. Os critérios de inclusão observados foram incluir qualquer estudo que propõe, apresenta, compara, avalia ou discute:

- Metodologias de implementação de *self-paced learning* e *e-learning* no contexto do Ensino Superior;
- Ferramentas de auxílio à aprendizagem no contexto do Ensino Superior por meio de *self-paced learning* e *e-learning*.

Em contrapartida, os critérios de exclusão observados foram excluir estudos que:

- Não propõem, apresentam, comparam, avaliam ou discutem metodologias para implementar o *self-paced learning* e o *e-learning* no contexto do Ensino Superior;
- Não propõem, apresentam, comparam, avaliam ou discutem ferramentas de auxílio à aprendizagem no contexto do Ensino Superior por meio de *self-paced learning* e *e-learning*;

- Sejam revisões sistemáticas;
- Tratam da temática abordada, mas não estão inseridos no contexto do Ensino Superior.

2.2.2 Resultados da revisão sistemática

Após a aplicação dos critérios de seleção nos 89 artigos obtidos inicialmente, foram selecionadas **31 publicações** primárias para a Fase 5, que consiste na seleção final de publicações a partir das quais foi feita a extração de dados, sendo 9 da base Science Direct, 19 da IEEE Xplore Digital Library e 3 da base Springer Link. A Tabela 2.1 exibe a relação dos artigos selecionados.

Tabela 2.1: Relação de artigos selecionados para a extração de dados.

Base	Fase 1	Fase 2
Science Direct	20	9
IEEE Xplore Digital Library	51	19
Springer Link	18	3
Total	89	31

A partir dos artigos selecionados, foi feita a análise de quais são as metodologias e ferramentas de *e-learning* usadas para promover o conceito de *self-paced learning* no contexto do Ensino Superior, que países concentram sua aplicação e quais os pontos positivos oriundos de sua adoção, bem como os desafios enfrentados para implementá-las.

A princípio, os 31 artigos primários foram classificados quanto ao principal conceito de *e-learning* abordado, à plataforma utilizada e à nacionalidade de realização do estudo. A Tabela 2.2 apresenta os dados dessa classificação e a Figura 2.2 apresenta a frequência dos estudos primários por conceitos.

Também foi feito um levantamento dos conceitos secundariamente citados, isto é, fora do tema central abordado. Nesse contexto, MOOCs foram citados 4 vezes (HERATH; THELIJAGODA; GUNARATHNE, 2015; BAE et al., 2015; CUNNINGHAM, 2016; LENNON; ABBOTT; MCINTOSH, 2015), *hybrid learning* foi mencionado em 3 artigos (KHLAISANG; LIKHITDAMRONGKIAT, 2015; KAPOOR; KABRA; DUA, 2014; ALMAHASHEER, 2016), *blended learning* em 2 (LENNON; ABBOTT; MCINTOSH, 2015; ZHANG; DANG; AMER, 2016), *gamification* em 1 (SCHULZ; ISABWE; REICHERT, 2014) e a ideia de *e-learning* metacognitivo apareceu em 1 artigo (GULATI, 2013).

Tabela 2.2: Dados de classificação da revisão sistemática da literatura.

Artigo	Conceito principal	Plataforma	Nacionalidade
HERATH; THELIJ-JAGODA; GUNARATHNE, 2015	<i>Self-paced learning</i>	Nenhuma específica	Sri Lanka
HERATH; WEERAKODY; GUNARATHNE, 2015	<i>Self-paced learning</i>	Moodle	Sri Lanka
GULATI, 2013	<i>Self-paced learning</i>	Nenhuma específica	Índia
ALENEZI; SHAHI, 2015	<i>Gamification</i>	Second Life	Arábia Saudita
SONGKRAM et al., 2015	<i>Blended learning</i>	Desenvolvimento próprio	Tailândia
BAE et al., 2015	<i>Blended learning</i>	Nenhuma específica	Austrália
KHLAISANG; LIKHIT-DAMRONGKIAT, 2015;	<i>Blended learning</i>	Desenvolvimento próprio	Tailândia
MAINA; KIHORO, 2017	<i>Self-paced learning</i>	Nenhuma específica	Quênia
AGUDO-PEREGRINA; HERNÁNDEZ-GARCIA; PASCUAL-MIGUEL, 2014	<i>e-learning</i>	Moodle	Espanha
SCHULZ; ISABWE; REICHERT, 2014	<i>e-learning</i>	Nenhuma específica	Noruega
OYELERE et al., 2016	<i>m-learning</i>	Nenhuma específica	Finlândia
GHAVIFEKR; MAHMOOD, 2017;	<i>e-learning</i>	SPeCTRUM	Malásia
KAPOOR; KABRA; DUA, 2014	<i>e-learning</i>	Desenvolvimento próprio	Índia
ASOODAR; VAEZI; IZANLOO, 2016-	<i>e-learning</i>	Moodle	Irã
OKAZ, 2015	<i>Blended learning</i>	Nenhuma específica	Egito
CHEN et al., 2017	<i>Self-paced learning</i>	FishBuddy	China
ZHIYU, 2013	<i>Blended learning</i>	Nenhuma específica	China
HENDRADJAYA et al., 2014	<i>Blended learning</i>	Nenhuma específica	Indonésia
SHAHABADI; UPLANE, 2015	<i>e-learning</i>	Nenhuma específica	Índia
AMANDU; MULIIRA; FRONDA, 2013	<i>Self-paced learning</i>	Moodle	Omã
SCHULZ; ISABWE; REICHERT, 2015	<i>Gamification</i>	Nenhuma específica	Noruega
CUNNINGHAM, 2016	<i>Blended learning</i>	Moodle	Suécia
ALMAHASHEER, 2016	<i>Blended learning</i>	Blackboard	Arábia Saudita
LENNON; ABBOTT; MCINTOSH, 2015	<i>Gamification</i>	Nenhuma específica	Austrália
BRALIĆ; DIVJAK, 2018	<i>Blended learning</i>	Moodle	Croácia
OOI; HEW; LEE, 2018	<i>m-learning</i>	Nenhuma específica	Malásia
DEBNATH et al., 2014	<i>Blended learning</i>	Nenhuma específica	Bangladesh
ZHANG; DANG; AMER, 2016	<i>Flipped learning</i>	Blackboard	Estados Unidos
GITONGA; MUURO; ONYANGO, 2016	<i>e-learning</i>	Edmodo	Quênia
WEI et al., 2017	<i>Blended learning</i>	Star C	China
PEART et al., 2017	<i>Self-paced learning</i>	Nenhuma específica	Reino Unido

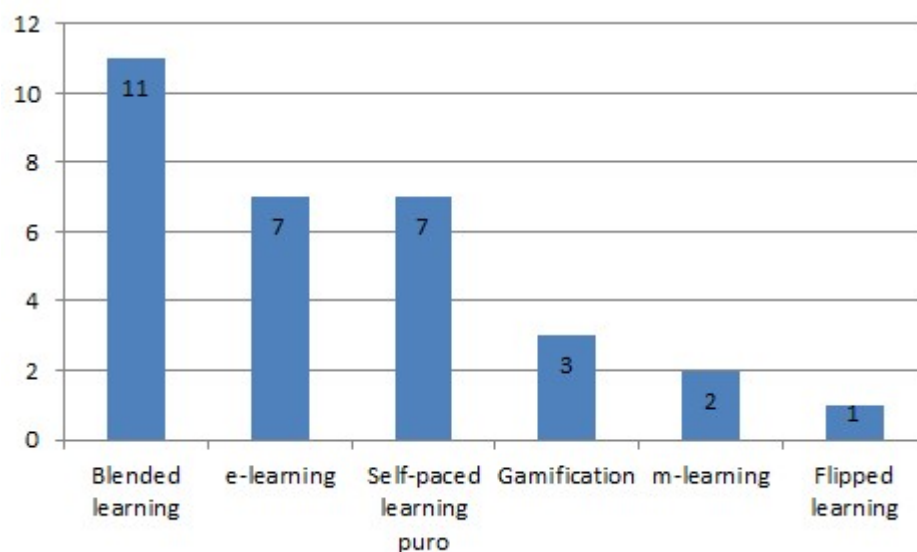


Figura 2.2: Frequência dos estudos primários por conceitos e metodologias.

Quanto às plataformas, nem todos os estudos foram feitos a partir da análise de uma ferramenta específica. A Figura 2.3 mostra a frequência dos dados dessa classificação.

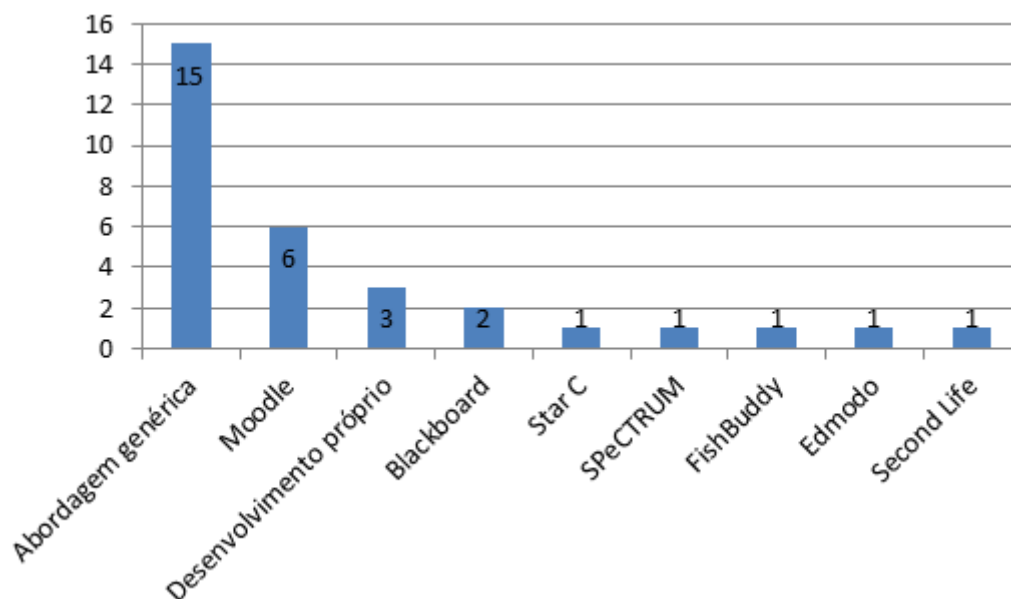


Figura 2.3: Frequência dos estudos primários por plataformas utilizadas.

Sobre os pontos positivos da utilização do conceito de *e-learning* como meio de promoção do *self-paced learning*, os mais citados ou mencionados foram: a flexibilidade no processo de aprendizagem; a aprendizagem colaborativa e a acessibilidade; a motivação; os métodos de avaliação; o material estruturado; o *feedback* contínuo; o maior envolvimento; e a melhoria das notas dos alunos em relação ao ensino tradicional. A Figura 2.4 traz um gráfico com a frequência de citação de cada um desses pontos nos estudos.

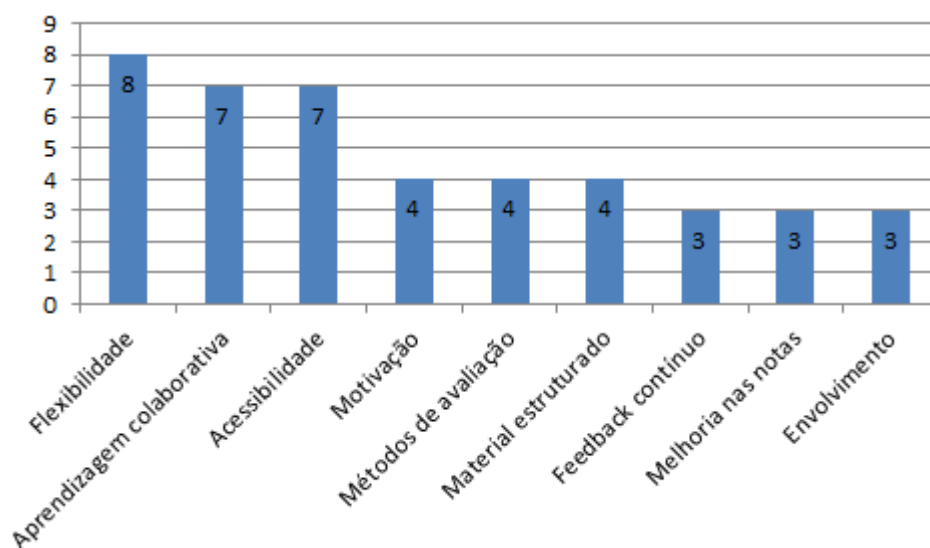


Figura 2.4: Frequência dos estudos primários por pontos positivos mais citados.

Por outro lado, os principais desafios citados foram: a falta de interação entre os alunos e entre professores e alunos; a necessidade de treinamento para utilização das plataformas; a limitação no conhecimento tecnológico; a infraestrutura limitada; a ausência do professor no sistema de *feedback*; e a falta de coerência dos materiais utilizados. A Figura 2.5 apresenta graficamente a frequência de citação dos principais desafios encontrados.

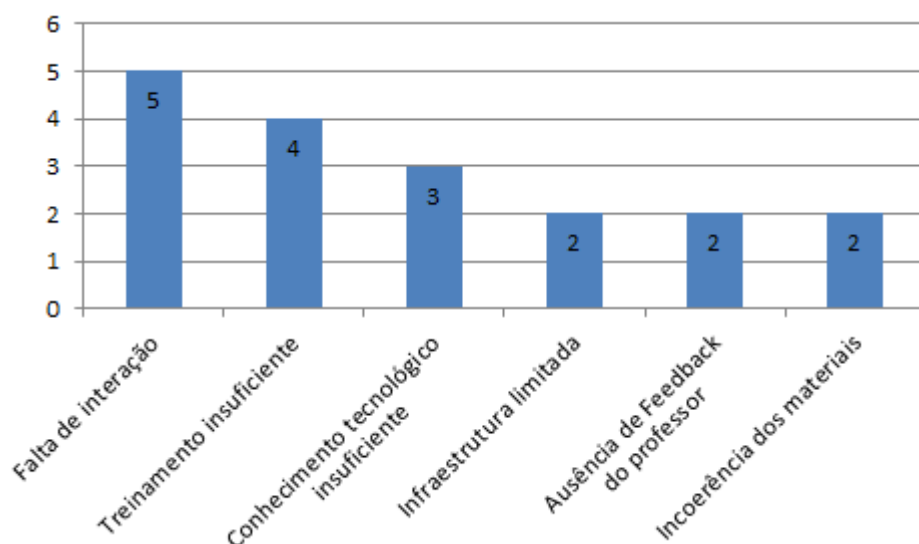


Figura 2.5: Frequência dos estudos primários pelos principais desafios encontrados.

2.2.3 Discussão da revisão sistemática da literatura

Esta seção apresenta a discussão dos resultados observados a partir das questões de pesquisa elaboradas.

2.2.3.1 Quais são os conceitos que embasam as metodologias desenvolvidas e avaliadas para promover ou dar suporte ao *e-learning* e ao *self-paced learning* no contexto do Ensino Superior?

Como apresentado na Subseção 2.2.2, a metodologia de *blended learning* foi o centro de estudo de 11 dos 31 artigos analisados. Isso ocorre principalmente porque sua ideia principal é inserir elementos de *e-learning* no ensino tradicional (GÓMEZ; DUART, 2012) para personalizar e estender o processo de aprendizagem para fora da sala de aula, o que vai ao encontro das necessidades das universidades. O trabalho apresentado por Debnath et al. (2014), por exemplo, avalia a implantação de *blended learning* em um curso de engenharia em Bangladesh. O objetivo do estudo é que os alunos possam ter acesso mais simples e facilitado aos materiais utilizados no ensino, aumentando sua autonomia e independência para que eles sejam capazes de fazer uma autoavaliação sobre o nível de compreensão da matéria.

O artigo de Bralić e Divjak (2018) propõe a utilização de *blended learning* a partir da integração de um MOOC a uma sala de aula tradicional como um modelo a ser adotado no contexto do Ensino Superior. Segundo estudos qualitativos realizados pelos autores, os alunos apreciaram essa abordagem principalmente pelo processo de aprendizagem embasado no conceito de *self-paced learning*, mas ressaltaram a autodisciplina necessária para que ele funcione. Outro fator interessante observado foi a adesão dos alunos que não estudam em tempo integral, uma vez que, com a flexibilidade de horário oferecida pelo modelo, eles conseguiram conciliar os estudos com o trabalho. Além disso, o artigo trouxe ainda uma abordagem com três níveis de aprendizagem:

- *Deep*, que é caracterizado por alunos que buscam compreender as questões e interagir de forma crítica com os conteúdos dos materiais de ensino, relacionando ideias a experiências e conhecimentos prévios e examinando a lógica dos argumentos por meio da relação das evidências apresentadas com suas conclusões;
- *Strategic*, que é uma abordagem voltada para a obtenção de notas altas nas avaliações e tem ênfase nas habilidades dos alunos;
- *Surface*, que é caracterizada apenas pela memorização e pelo isolamento de ideias diferentes, sem criar uma conexão entre elas.

Segundo o levantamento dos autores, o uso de MOOCs motiva os alunos a aprenderem segundo uma abordagem profunda (*deep*), pois eles relacionaram as descobertas do curso online com o curso regular e foram instigados a pensar de forma crítica sobre o conteúdo visto.

Contudo, muitos alunos se sentiram motivados apenas pelas notas e por motivos extrínsecos, que são características das abordagens estratégica (*strategic*) e superficial (*surface*). Por fim, o idioma dos MOOCs foi apontado como um desafio e, ao mesmo tempo, como um fator de incentivo, uma vez que a maioria dos cursos está disponível em inglês e o estudo foi realizado na Croácia.

No trabalho de Gulati (2013), é sugerido um sistema especialista de *e-learning* colaborativo com base em um software que funcione como agente cognitivo, isto é, o sistema é capaz de sugerir ao aluno conteúdos encontrados na Internet de acordo com seu perfil e aprender a partir de suas escolhas. A ideia principal é que o processo de aprendizagem aconteça também de maneira informal, se estendendo para além do ambiente acadêmico a partir do interesse dos alunos, uma vez que o sistema deve analisar as aptidões dos usuários para indicar fontes e conteúdos que as atendam. A essa abordagem, segundo o autor, é dado o nome de *e-learning* metacognitivo e o sistema de recomendação nela embasado deve ser autônomo, responsivo, baseado no aprendizado de máquina, adaptativo, colaborativo, cooperativo e contínuo. Apesar da sugestão do sistema e das características que ele deve contemplar, não foi desenvolvido no trabalho em questão um protótipo ou uma plataforma real que o implementasse.

Considerando o fator motivacional, que é um dos principais objetivos do uso de *gamification* no processo de aprendizagem, o trabalho de Lennon, Abbott e McIntosh (2015) relata a implementação do conceito em um estudo sobre células de energia solar. A ideia é manter os alunos motivados e aumentar o engajamento com o curso, com o conteúdo e com os demais alunos. Os autores sugerem ainda a incorporação do conceito de *gamification* aos MOOCs como solução para um problema de evasão apontado no estudo, que indica que, de forma geral, a taxa de conclusão de cursos nesse formato é de apenas 7%, o que é atribuído diretamente à falta de engajamento e motivação dos alunos.

No caso específico sobre o estudo de células de energia solar, foi criado um ranking de eficiência para que os alunos competissem entre si para ver quem seria capaz de criar células mais eficientes. Essa medida se mostrou positiva quanto ao engajamento, mas também mostrou um lado negativo da competitividade trazida pelo método: os alunos que não conseguiram uma boa colocação no ranking afirmaram, por meio de uma pesquisa conduzida informalmente pelos autores, que não gostaram do sistema competitivo. Assim, a incorporação de elementos de jogos no contexto da educação se mostra capaz de motivar os alunos, mas deve ser feita de forma planejada e cuidadosa para que não gere um efeito contrário.

O trabalho de Zhang, Dang e Amer (2016) propõe a aplicação de *flipped learning* e *blended learning* em larga escala em um curso de sistemas de informação da *Northern Arizona Uni-*

versity, nos Estados Unidos. O curso utiliza o Blackboard como ferramenta de *e-learning* e o método de Cornell Notes, que serve para organizar anotações em colunas, como base para aplicar um modelo de *flipped learning* que consiste no fichamento e no resumo, escritos à mão, do material digital lido para evitar a distribuição de cópias do trabalho individual do aluno, além de atividades em sala de aula feitas a partir do que foi previamente estudado, como exercícios e debates. Contudo, a utilização do método foi um ponto controverso no estudo levantado pelo trabalho, pois enquanto alguns alunos o enxergaram como uma forma de revisar e auxiliar na assimilação do conteúdo, outros consideraram a necessidade de escrever em um papel as informações já disponíveis digitalmente como perda de tempo e trabalho. Por fim, os autores ressaltam que, de acordo com os resultados obtidos por meio de questionários aplicados aos participantes do estudo, as características dos instrutores não foram consideradas importantes, o que reforça a ideia de que nessas metodologias o aluno é o protagonista do processo de aprendizagem.

2.2.3.2 Quais as dificuldades e desafios encontrados na aplicação desses conceitos e metodologias?

De acordo com o apresentado na Subseção 2.2.2, a flexibilidade foi o ponto positivo das metodologias que aplicam *e-learning* mais citado dentre os 31 artigos, com 8 menções. De fato, esta é uma característica marcante desse conceito, pois o conteúdo fica disponível online para que o aluno o acesse onde e quando quiser, o que está diretamente relacionado à acessibilidade, outro ponto positivo citado 7 vezes na revisão. O trabalho de Cunningham (2016) apresenta a importância desse fator em um estudo sobre as lacunas de conhecimento presentes nas universidades do Quênia. A partir de cursos ministrados com o apoio das plataformas Moodle e Blackboard, foi feita uma análise qualitativa sobre a eficiência da metodologia implementada que evidenciou as limitações de infraestrutura encontradas no país, o que dificulta a utilização de ferramentas de *e-learning* que são importantes para promover o *self-paced learning*. A pesquisa mostra que simplesmente inserir a tecnologia no meio de ensino não resulta na melhoria dos padrões de ensino e aprendizagem ou em uma maior absorção de conhecimento. Tanto os benefícios quanto os desafios independem das tecnologias usadas, portanto é necessário pesquisar abordagens psicológicas que colocam o aluno como centro do processo e utilizar conceitos e metodologias apropriados para cada situação em particular.

A falta de interação foi o desafio mais citado dentre os trabalhos pesquisados, como apresentado na Figura 2.5. Contudo, ela vai de encontro a dois dos pontos positivos mais mencionados na revisão, que são a aprendizagem colaborativa e o envolvimento dos alunos. O trabalho de (GHAVIFEKR; MAHMOOD, 2017) apresenta esses três pontos concomitantemente, enfati-

zando que a falta de interação social e o isolamento dos alunos não impede que o processo de aprendizagem se dê de forma colaborativa e que os alunos se envolvam com ele, mas também alerta que esses fatores não significam necessariamente interação entre eles. Como forma de vencer esse desafio, o autor sugere a utilização de elementos presentes no *e-learning* síncrono, como o uso de chats online, por exemplo, para aproximar os alunos e incentivar a troca de informações em tempo real.

O treinamento para utilização da ferramenta e o conhecimento tecnológico necessário para usar métodos de *e-learning* são desafios que estão diretamente relacionados entre si. Novamente citando o trabalho de Cunningham (2016), que foi realizado no Quênia, percebe-se o quanto esses desafios estão diretamente relacionados aos professores e às instituições, e não necessariamente aos alunos. A maior resistência encontrada quanto à utilização de métodos de *e-learning* no que tange a esses desafios foi de professores que não se sentem confortáveis com o uso da tecnologia e de instituições de ensino que enxergam o tempo e os recursos gastos com o treinamento para utilização das ferramentas como obstáculos. Isso é corroborado pelos estudos de Herath, Weerakkody e Gunarathne (2015), por exemplo, que traz o contexto da Universidade de Wayamba, no Sri Lanka, como estudo de caso.

2.3 Considerações sobre a revisão sistemática da literatura

Esta revisão sistemática da literatura abordou a utilização de métodos e ferramentas de *e-learning* para promover o conceito de *self-paced learning* no contexto do Ensino Superior. A partir dos resultados apresentados na Seção 2.2.2 e das discussões feitas na Seção 2.2.3, é possível observar que há diversos elementos de *e-learning* implementados em universidades por todo o mundo, além de vários modelos propostos pelos autores dos artigos visitados que ainda precisam ser desenvolvidos.

A diversidade geográfica observada mostra que a inserção da tecnologia na educação não é uma exclusividade dos países desenvolvidos, mas sim uma necessidade principalmente para os países em desenvolvimento que, a partir da utilização de métodos e ferramentas de *e-learning*, conseguem levar aos alunos os conteúdos e materiais de qualidade mais recentes e de maior relevância educacional segundo as melhores universidades do mundo, principalmente por meio dos MOOCs. Contudo, é preciso levar em consideração as limitações de infraestrutura desses países, que constituem um desafio para a implementação efetiva das plataformas e ferramentas propostas. Vale observar, ainda, a ausência de trabalhos brasileiros dentre os estudados, o que pode ser explicado pela *string* de busca utilizada.

Existem vários pontos positivos na utilização das metodologias e conceitos apresentados, como mostrado na Figura 2.4, que devem ser observados e considerados na hora de desenvolver um método para ser aplicado em uma ferramenta de promoção da aprendizagem segundo o conceito de *self-paced learning*. Dentre as metodologias apresentadas, o *blended learning* se mostrou o mais utilizado, já que mantém os elementos do ensino tradicional que também são positivos no processo de aprendizagem. Para manter os alunos motivados e engajados, a utilização de *gamification* se mostrou a alternativa mais buscada.

Os desafios levantados nesta revisão sistemática da literatura são importantes para avaliar as ferramentas existentes e suas funcionalidades, com destaque para a falta de interação observada nos modelos existentes, que foi o fator mais citado entre os artigos estudados. Para vencer essa barreira, é preciso pensar em elementos de *e-learning* síncrono que podem ser aplicados no desenvolvimento e aproveitar o tempo presencial contemplado pelas metodologias de *blended learning*, tornando o processo de aprendizagem mais completo e agradável para o aluno, que é o seu protagonista.

Assim, é importante expandir o suporte ferramental fornecido pelas plataformas de *e-learning*, criando novas funcionalidades e aprimorando as já existentes para apoiar, de forma mais ativa e inteligente, as atividades de *self-paced learning*. Desenvolver ferramentas capazes de oferecer caminhos diferenciados de aprendizagem, flexíveis e não lineares, adequadas à realidade do estudante, pode ser fundamental para atingir esse objetivo.

Capítulo 3

CONSIDERAÇÕES SOBRE OS PRINCIPAIS DESAFIOS

Com as discussões feitas nos capítulos anteriores como ponto de partida, este capítulo discute os principais desafios para implementar, estimular e melhorar a prática de *self-paced learning* no contexto do Ensino Superior.

De acordo com o resultado observado na revisão sistemática da literatura (Seção 2.2 ou (MORAIS; CONCEIÇÃO, 2018)), alguns dos pontos positivos mais citados sobre a utilização do conceito de *e-learning* como meio de promoção do *self-paced learning* foram a flexibilidade, a aprendizagem colaborativa, os métodos de avaliação e a forma de *feedback*. A partir desses itens, as seções e subseções a seguir trazem discussões e propostas de melhorias que abordam esses tópicos de forma direta, sugerindo implementações que potencializem esses pontos positivos e tragam soluções para os desafios apresentados na Seção 2.2.

3.1 Desafios

Existem alguns pontos que se destacam na importância para a construção da aprendizagem por meio do *e-learning*, tanto na promoção do *self-paced learning* quanto na eficiência no processo de aprendizagem.

3.1.1 Conteúdo adaptável

Um grande desafio para implementar o *self-paced learning* de forma eficiente é a adaptabilidade do conteúdo. Quando um aluno inicia um curso à distância tradicional, ele tem um caminho único a percorrer, que passa por todos os tópicos e módulos, seguindo períodos de tempo predeterminados, até chegar ao final e concluir o processo de aprendizagem, ou seja, a trajetória é linear. No *self-paced learning*, cada um aprende no seu próprio ritmo e uma das

formas de possibilitar essa aprendizagem personalizada é tornar o conteúdo adaptável ao aluno, isto é, oferecer mais de um caminho de aprendizado para ele percorrer durante o curso.

Para tornar isso viável, a sugestão de conteúdo é uma funcionalidade bastante importante, já que ela pode sugerir caminhos de aprendizagem mais apropriados ao aluno. Em plataformas *e-learning*, ela pode ser implementada, por exemplo, por meio de *chatbots* ou questionários eletrônicos, de forma que o aluno alimente o sistema com informações que servirão como base para a sugestão de conteúdo. Apesar de ser abordada em artigos acadêmicos como os de Dorça e Resende (2015) e Vialardi et al. (2009), essa funcionalidade não foi observada em nenhuma das principais plataformas estudadas na revisão sistemática da literatura.

Além disso, é importante que a avaliação e o *feedback* sejam contínuos e feitos o mais rápido possível, tanto por parte do aluno como por parte do sistema, já que esses dados são responsáveis por medir e promover a eficiência e a produtividade do aluno a partir do caminho de aprendizagem sugerido.

3.1.2 Credenciais do aluno

O histórico do aluno é, no contexto do Ensino Superior, um meio natural para traçar seu perfil. A partir dos registros, é possível observar as credenciais passadas do aluno e usar essas informações de forma inteligente para adaptar o conteúdo do curso de acordo com suas necessidades e aptidões.

Assim como existem os prerequisites na matriz curricular de um curso, é possível elaborar um sistema de sugestão de caminhos de aprendizagem a partir do que o aluno já fez, sendo esta mais uma fonte de informação sobre o perfil do aluno. A ideia não é impor condições e requisitos para a progressão no processo de aprendizagem, mas sim propor caminhos de aprendizagem de forma mais eficiente e precisa.

Por exemplo, suponha-se um aluno que cursa Bacharelado em Ciência da Computação. Se as credenciais passadas desse aluno, isto é, as informações obtidas por meio de seu histórico e suas escolhas anteriores, apontam que ele cursa mais disciplinas voltadas à programação e à prática, então é interessante sugerir disciplinas e módulos que sejam relacionados a esse histórico, como novas linguagens de programação. Caso contrário, se suas credenciais tendessem mais para a teoria, seria possível propor caminhos de aprendizagem que sejam mais conceituais e que não tenham a parte prática como temática central.

Vale ainda ressaltar que as credenciais do aluno não devem obrigá-lo a seguir um determinado caminho de aprendizagem, excluindo módulos e conteúdos diferentes ou não relacionados

aos quais o aluno já viu, mas sim servir como base para a sugestão de caminhos mais próximos ao seu perfil. Conhecer as credenciais do aluno com granularidade mais fina permite recomendar conteúdos novos ou complementares.

3.1.3 Granularidade dos objetos de aprendizagem

Um objeto de aprendizagem é um recurso digital que pode ser grande como uma página web ou pequeno como uma única imagem, podendo ser reutilizado para auxiliar o processo de aprendizagem (WILEY et al., 2002). A granularidade correta dos objetos de aprendizagem que compõem os módulos de um curso em uma plataforma de *e-learning* é um desafio para o qual não há um consenso ou um caminho lógico a seguir, já que a medida certa depende não só do contexto de aprendizagem, como também dos alunos e seus perfis.

Se os módulos do curso são muito pequenos, isto é, a granularidade é alta e os objetos de aprendizagem são menores, há uma gama maior de assuntos separados e, consequentemente, é possível traçar mais caminhos de conhecimento com base em interesses mais específicos dos alunos. Por outro lado, corre-se o risco de que informações importantes sejam pouco exploradas e que o conteúdo fique muito disperso, o que pode tornar os caminhos de conhecimento desconexos.

Já com os módulos grandes, com baixa granularidade e objetos maiores, é possível manter os caminhos de aprendizagem mais coesos e acoplados. Contudo, os módulos podem ficar densos e maçantes, prejudicando a personalização do processo de aprendizagem e causando desinteresse nos alunos.

Assim, o maior desafio sobre os objetos de aprendizagem e a granularidade dos módulos de um curso é encontrar uma medida que favoreça o *self-paced learning*, mantendo o interesse dos alunos e a coesão do conteúdo, sem torná-lo desconexo ou disperso. Essa medida pode variar de acordo com a área de conhecimento, com o perfil do aluno e com os elementos de *e-learning* utilizados para personalizar o aprendizado, mas a tendência observada é que os objetos de aprendizagem sejam cada vez menores, ampliando assim o potencial de personalização.

3.1.4 Avaliação dos conteúdos digitais

A avaliação dos conteúdos digitais pode ser um fator chave para o sucesso das plataformas de *e-learning* na promoção do *self-paced learning*. Como o conteúdo fica disponível para vários alunos e cada um faz uso de forma diferente, é importante que se avalie não só a qualidade do material fornecido, como também a forma como ele foi usado e sua finalidade. Por exemplo,

um aluno pode usar uma atividade proposta como treino para um teste, ao passo que outro a utiliza para de fato aprender um novo conceito por meio da exploração prática das maneiras possíveis de se resolver um determinado problema.

Para realizar a avaliação dos conteúdos é necessário, em primeiro lugar, o comprometimento dos alunos, pois são eles os consumidores dos materiais e, portanto, têm condições de dar um retorno sobre sua qualidade e utilidade no contexto do curso como um todo. Isso pode ser feito por meio de formulários *online* preenchidos ao término de cada módulo ou etapa de aprendizagem.

A Figura 3.1 representa a avaliação do conteúdo feita de forma tradicional, dividindo o processo em um ciclo com planejamento, elaboração de objetos de aprendizagem, aplicação do conteúdo e, por fim, a avaliação dos resultados, que serve como entrada para o próximo planejamento. Contudo, é possível incluir um fator nesse ciclo de avaliação do conteúdo que contribui para a personalização da aprendizagem: os perfis dos alunos.

A Figura 3.2 apresenta um processo de avaliação do conteúdo que leva em conta os perfis dos alunos e propõe a personalização dos conteúdos. A partir dos perfis, é possível analisar como o conteúdo foi consumido, sugerir novos conteúdos aos alunos de forma mais precisa e eficiente e observar como eles avaliaram os recursos e utilizaram os conteúdos disponibilizados.

Assim, a avaliação dos conteúdos digitais se mostra importante não só para a melhoria do material disponível para os alunos, mas também contribui diretamente para a implementação do conceito de *self-paced learning*.

3.1.5 Rapidez do *feedback*

Para que o aluno permaneça estimulado durante o processo de aprendizagem com o *self-paced learning*, é preciso que haja rapidez no *feedback*, tanto do professor quanto da plataforma de aprendizagem (LENNON; ABBOTT; MCINTOSH, 2015). O *feedback* contínuo foi um dos pontos positivos da utilização de *e-learning* para a promoção do *self-paced learning* citados na revisão sistemática da literatura (MORAIS; CONCEIÇÃO, 2018), o que ressalta não só a importância de dar aos alunos um retorno rápido sobre suas atividades e avaliações, como também a viabilidade de fazer isso automaticamente usando as plataformas e ferramentas de *e-learning*.

Para que haja agilidade e rapidez no *feedback* para os alunos, os professores e tutores devem cumprir seu papel e acessar regularmente as atividades dos alunos, além de prestar atenção às notificações enviadas pelas plataformas e aos e-mails recebidos.

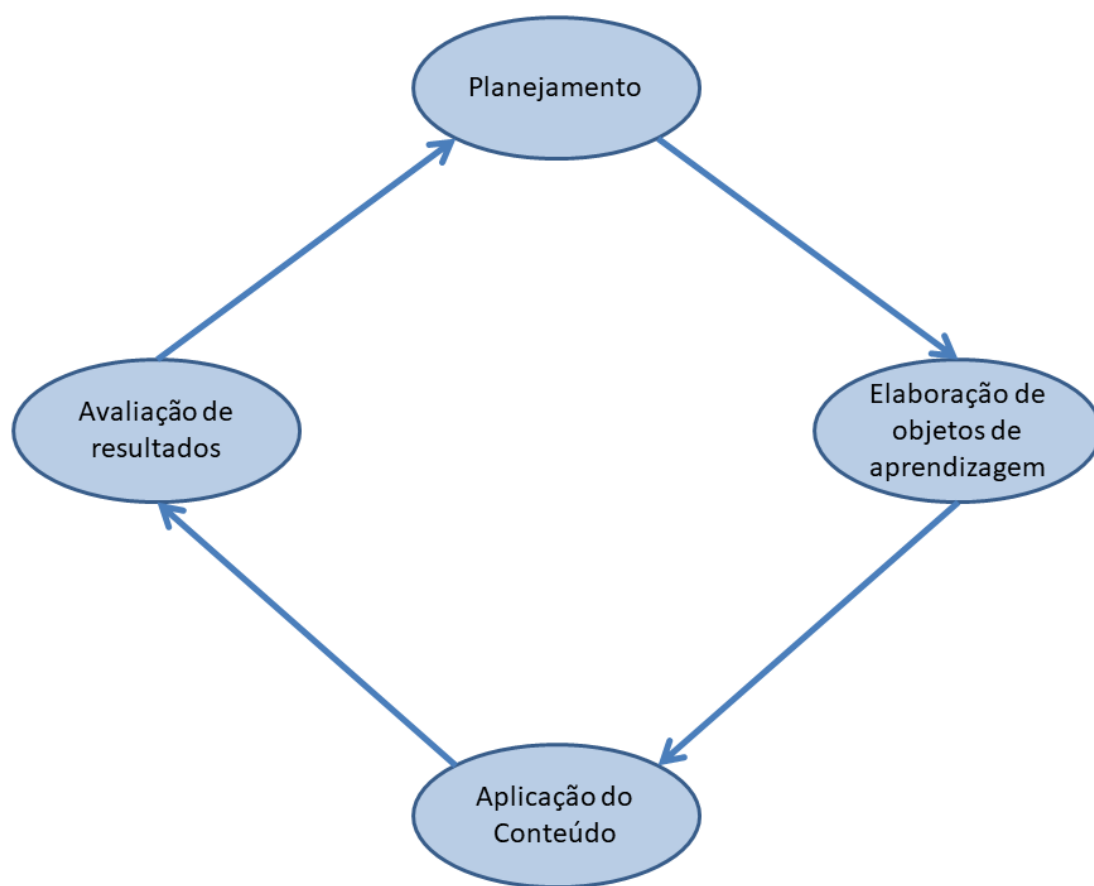


Figura 3.1: Ciclo de avaliação de conteúdo tradicional.

Quando um aluno está em uma sala de aula, aprendendo segundo o método de aprendizagem tradicional, ele está próximo ao professor e pode ter suas dúvidas respondidas prontamente. Quando se trata de *e-learning*, o aluno também precisa sanar suas dúvidas com rapidez e ter um *feedback* do seu desempenho para dar continuidade aos estudos. Apesar da gama de fontes de pesquisa *online* à disposição, o retorno do professor, que tem conhecimento do material estudado, é muito importante para o crescimento e motivação do aluno.

3.1.6 Eficiência da flexibilidade

A flexibilidade foi o ponto positivo mais citado entre as metodologias que aplicam *e-learning* para a promoção do *self-paced learning* (MORAIS; CONCEIÇÃO, 2018), visto que uma das principais características desse conceito é permitir que o aluno acesse o conteúdo quando e onde quiser. Contudo, há uma pergunta importante que precisa ser respondida: até que ponto a flexibilidade é produtiva?

O fator que mais põe em risco a eficiência da flexibilidade é justamente o mesmo que a torna um ponto positivo: o conteúdo estar disponível o tempo todo. O aluno precisa ter disciplina e

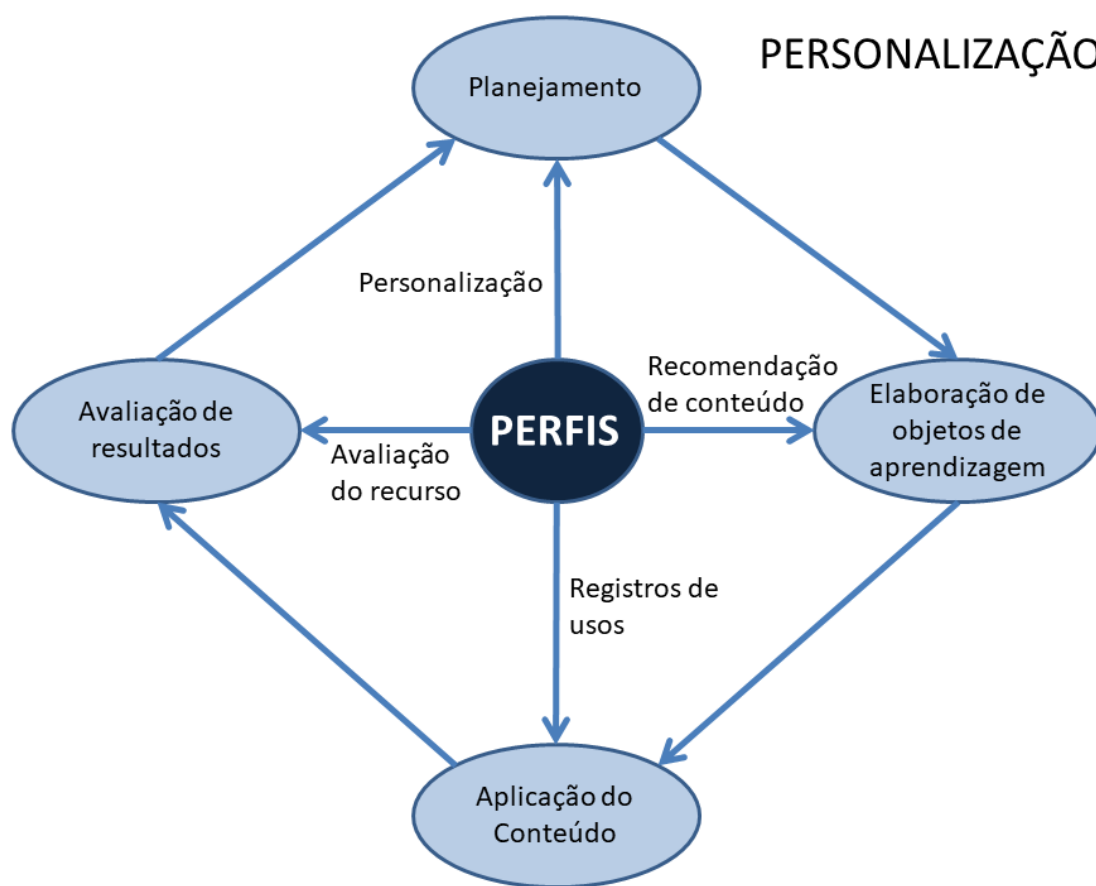


Figura 3.2: Ciclo de avaliação de conteúdo personalizado.

comprometimento para que a possibilidade de estudar quando quiser não seja um incentivo à procrastinação, o que diminuiria sua produtividade. Para lidar com isso, é interessante que haja um estímulo para trabalhar com o conteúdo de forma regular e constante, por meio de atualizações diárias no material, por exemplo, ou da premiação da regularidade no acesso e interação com conteúdo; isto pode ser feito usando o conceito de *gamification*. Uma medida mais rígida seria obrigar o acesso do aluno ao conteúdo um certo número de vezes durante um determinado período, mas isso diminuiria os benefícios da flexibilidade.

A ideia de que o conteúdo e o acesso a ele sejam flexíveis é que o aluno que tem outros compromissos, como o trabalho, por exemplo, que é muito comum no contexto do Ensino Superior, possa gerenciar seu horário e estudar quando lhe for mais conveniente, ou ainda, quando lhe for possível. Cabe aos professores, às ferramentas de ensino e às próprias instituições tomar medidas, como as citadas, para que a eficiência da flexibilidade seja preservada e que ela colabore para a produtividade do aluno, e não o contrário.

3.1.7 Construção colaborativa do conhecimento

A aprendizagem colaborativa foi o segundo ponto positivo mais citado na revisão sistemática da literatura, como observado na Seção 2.2. Contudo, o ponto a ser melhorado mais citado entre os trabalhos analisados foi a falta de interação dos alunos nos ambientes de *e-learning*, o que evidencia o desafio de promover o compartilhamento do conhecimento e sua construção colaborativa.

Segundo Ghavifekr e Mahmood (2017), utilizar elementos de *e-learning* síncrono, como o uso de *chats online* e WhatsApp, pode aproximar os alunos e incentivar a troca de informações em tempo real. Isso certamente ajuda a promover uma espécie de “diálogo digital”, mas é preciso levar em consideração que nem sempre os alunos têm disponibilidade para estarem *online* ao mesmo tempo, de forma que o desafio também se estende para situações nas quais o *e-learning* síncrono não é viável.

Uma forma de promover a construção colaborativa do conhecimento, mesmo quando não é possível trocar informações em tempo real, é a avaliação por pares, que consiste na avaliação de trabalhos de alunos pelos próprios alunos (CHISM, 1999). Ela faz com que eles interajam entre si e ainda contribuam com a aprendizagem uns dos outros. Para que isso seja possível, é necessário que a turma tenha ciência da seriedade da avaliação, de forma que cada um tenha liberdade para apontar os problemas, apresentar sugestões e fazer elogios ao trabalho dos colegas. Para evitar que as avaliações sejam tendenciosas, é interessante que elas sejam feitas por mais de um aluno, como em trios ou quartetos, dependendo do tamanho da turma, ou que o professor também faça parte do processo, servindo como parâmetro para análise das demais avaliações. Uma outra forma de evitar avaliações tendenciosas é a avaliação anônima, mas esta não contribui na mesma medida para a interação entre os alunos.

A avaliação por pares não deve ser um processo de uma única etapa, isto é, ela não deve acabar assim que um aluno recebe o primeiro *feedback* de um colega. Ela deve ser um processo cíclico e contínuo de acompanhamento, de forma que o aluno possa dar um retorno para o avaliador e estabelecer um diálogo com ele sobre aquela temática, o que caracteriza uma construção colaborativa do conhecimento para todos os envolvidos na avaliação.

Em um nível de maior autonomia e independência dos alunos, é possível que eles próprios contribuam para a criação de conteúdos e até de cursos, caracterizando uma produção colaborativa de objetos de aprendizagem. Nesse caso, o processo de aprendizagem se inicia desde a concepção do material de estudo, sendo uma colaboração mais ampla e completa se comparada às ideias anteriores. Para que a produção colaborativa seja viável, é necessário, mais uma vez,

haver comprometimento e seriedade por parte dos alunos, além de algum conhecimento prévio no objeto de estudo, já que eles se tornam corresponsáveis pela elaboração dos caminhos de aprendizagem que o curso oferece. Assim, quanto maior a diversidade de áreas de conhecimento entre os alunos, mais rico será o conteúdo para consumo no curso (PAGE, 2010).

3.1.8 Reformulação do papel do professor

Apesar da independência do aluno no *self-paced learning*, o professor continua tendo um papel importante para o processo de aprendizagem. A ausência de *feedback* do professor é um dos desafios apontados pela revisão sistemática da literatura (MORAIS; CONCEIÇÃO, 2018) e precisa ser trabalhado para o sucesso dos alunos.

É comum que o termo *self-paced learning* seja associado à ausência do professor, mas isso é um equívoco que não reflete a realidade. O professor deve estar disponível para tirar dúvidas, para dar *feedback* aos alunos e para auxiliar em suas escolhas. Cada um tem seu ritmo para aprender, mas cabe ao professor ajudar na descoberta desse ritmo, dar discernimento ao aluno para que ele possa escolher que caminho trilhar e indicar os materiais aos quais ele possa recorrer. Esta última função acontece antes, durante e depois do curso. Antes, na preparação do conteúdo. Durante, na indicação de fontes extras e bibliografias alternativas. Depois, na continuidade e aprofundamento dos estudos.

O ideal é que o professor exerça seu papel não apenas durante o curso, mas também depois de sua conclusão. No contexto do Ensino Superior, especificamente, o professor pode, por exemplo, manter os alunos na lista de e-mail na qual são feitas discussões ou enviados materiais sobre o assunto da disciplina, ou ainda criar grupos em redes sociais para troca de informações e atualização de conteúdos.

3.1.9 Engajamento do aluno

O engajamento e o compromisso do aluno são essenciais para o sucesso do *self-paced learning*. Tomando como exemplo os MOOCs como meio de promoção da aprendizagem personalizada, é possível observar que o nível de comprometimento do aluno varia consideravelmente. Os usuários de MOOC são classificados em cinco grupos (HILL, 2013):

- *No-shows*: são os alunos que se registram em um curso, mas nunca fazem acesso enquanto ele está ativo. Estima-se que esses alunos sejam a maioria entre os inscritos nos MOOCs;
- *Observers*: são os alunos que assistem aos vídeos, leem as discussões, realizam atividades

durante as aulas, mas não participam de nenhuma forma de avaliação, isto é, não estão de fato comprometidos com o curso;

- *Drop-ins*: são alunos que participam de atividades e discussões de um determinado tópico que seja útil pra eles, mas não estão dispostos a fazer o curso completo;
- *Passive participants*: são os alunos que apenas consomem o conteúdo disponibilizado no curso de forma passiva, sem participar de nenhuma atividade;
- *Active Participants*: são os alunos que efetivamente participam do curso com a intenção de concluí-lo, participando ativamente das discussões e das avaliações disponíveis.

Para que a aprendizagem em um curso com base em *e-learning*, como um MOOC, seja eficiente, é importante que o aluno tenha consciência de sua participação, já que esta é fundamental para o aprimoramento do curso. O usuário deve ser ativo e ir além de simplesmente consumir o conteúdo oferecido, se comprometendo também a fazer as avaliações, contribuir com o desenvolvimento dos colegas e dar um *feedback* sincero, tanto sobre o curso quanto sobre a plataforma na qual ele é ministrado. Para que mais alunos sejam ativos, é essencial que os responsáveis pelo curso comuniquem e reforcem a importância da participação do aluno e utilizem conceitos que incentivem sua participação, como *gamification*, por exemplo (ALENEZI; SHAHI, 2015).

Nesse sentido, os alunos que se enquadram nos grupos *observers*, *drop-ins* e *passive participants* podem se tornar ativos, já que eles são frequentadores dos cursos e só precisam melhorar a sua participação. Um exemplo de elemento de *gamification* que pode ser utilizado para incentivar a atividade dos alunos é o conceito de “ofensiva”, implementado no aplicativo de aprendizagem de idiomas Duolingo (DUOLINGO, 2019). A cada dia consecutivo que o usuário realiza um número predeterminado de atividades na plataforma, ele aumenta sua ofensiva em um dia. A partir dos dados da ofensiva, é possível elaborar rankings e um sistema de bonificação ou premiação, por exemplo, que favorece os alunos com melhor classificação.

Já os usuários *no-shows* são aqueles que utilizam a plataforma de MOOCs, como o Coursera e o edX, e se inscrevem em todos os cursos que lhes despertam o interesse, mesmo que não venham a, de fato, cursá-los. Esta é uma consequência da gratuidade e abertura dos MOOCs que acaba influenciando nos dados estatísticos dos cursos. Assim, dependendo da análise estatística a ser feita, é interessante desconsiderar os usuários que se enquadram nesse grupo, ou seja, que nunca acessaram o curso. Encontrar uma forma de tornar estes usuários ativos é uma questão que ainda precisa ser respondida, visto que eles nem sequer iniciam o curso e, por isso,

não utilizam os elementos e funcionalidades da plataforma que podem motivá-los durante o processo de aprendizagem.

3.2 Sistemas, métodos e ferramentas

Para lidar com os desafios descritos neste capítulo, é preciso pensar em sistemas, métodos e ferramentas que possam ser usados na educação, em particular no contexto do Ensino Superior, e que abordem soluções inteligentes e eficientes para superar os obstáculos encontrados. Nesta seção, são abordadas e discutidas funcionalidades desejáveis em sistemas para MOOCs e plataformas de *e-learning*.

3.2.1 Monitoramento dos usos da plataforma

Considerando uma plataforma de *e-learning*, como por exemplo o Coursera, o edX e o Moodle, com a intenção de promover o conceito de *self-paced learning*, o monitoramento do uso dessa plataforma é uma forma eficiente de compreender as práticas dos alunos e como eles consomem o conteúdo disponibilizado. Isso pode ser feito por meio da análise de arquivos de *log* que registrem as atividades de cada aluno na plataforma.

A partir desse monitoramento, é possível identificar quais os pontos mais utilizados, as páginas mais acessadas, o conteúdo mais consumido e o padrão dos horários de uso, facilitando assim o reconhecimento dos perfis dos alunos e, conseqüentemente, a elaboração de caminhos de aprendizagem que correspondam a esses perfis e o planejamento da implantação do sistema.

Além disso, o conhecimento sobre o uso da plataforma é importante para que sejam feitas melhorias e atualizações em sua estrutura, já que essa identificação possibilita descobrir quais áreas não são frequentemente utilizadas, e por isso merecem atenção ou uma reavaliação de sua necessidade e importância, e quais são mais visitadas e, por isso, necessitam de manutenção e atualização frequente.

3.2.2 Formato do conteúdo

O formato do conteúdo é parte importante do processo de aprendizagem. Ele pode ser a diferença entre o interesse e o desinteresse do aluno em aprender. Para promover o *self-paced learning*, é importante que o conteúdo seja variado, dinâmico e adaptável, isto é, que ele seja disponibilizado em diversos formatos, como vídeos, textos, imagens, atividades propostas e desafios baseados em *gamification*, e que estes sejam personalizáveis.

Além disso, o conteúdo deve ser disponibilizado em diferentes dispositivos, como *smartphones*, *tablets* e computadores, incluindo uma versão WEB, o que também ajuda na promoção da flexibilidade ao dar ao aluno diversos meios para consumir o conteúdo.

3.2.3 Integração de mídias

A integração de mídias é uma forma de diversificar o formato do conteúdo consumido pelos alunos sem a necessidade de usar plataformas diferentes, isto é, a ferramenta de aprendizagem pode concentrar o acesso a todas as mídias e integrar o conteúdo de todas elas. Isso pode ser realizado, por exemplo, por meio de *plug-ins* que permitam o acesso a conteúdos de mídias sociais, como vídeos, textos, páginas de discussão e fóruns.

A ideia é que os alunos possam estender o processo de aprendizagem para os ambientes virtuais que eles já frequentam, como, por exemplo, as redes sociais, além de trazer elementos conhecidos para compor o aprendizado.

3.2.4 Ferramentas de produção colaborativa

As ferramentas de produção colaborativa são interessantes não só para a promoção do conceito de *self-paced learning*, mas também para a autossustentabilidade da plataforma, isto é, os próprios alunos se tornam responsáveis pela atualização e produção de conteúdo, sem que haja a necessidade de buscar constante e exclusivamente materiais em outras fontes.

Um aspecto que também é favorecido com a produção colaborativa é a interação entre os alunos, já que o conteúdo produzido deve ser constantemente avaliado e atualizado por todos os usuários.

Um exemplo de ferramenta de produção colaborativa pode ser visto no Scratch (SCRATCH, 2019), uma plataforma de ensino de programação em blocos do Instituto de Tecnologia de Massachusetts, o MIT, voltada principalmente para as crianças. Nela, os usuários podem elaborar projetos de programação e torná-los públicos, ou visíveis apenas para a comunidade de membros. O código desses projetos fica visível para que os demais possam estudá-lo, aprender sobre seu funcionamento e, caso queiram, utilizá-lo em seus próprios projetos, desde que seja dado o devido crédito ao autor.

Com base nesse exemplo, é possível pensar em ferramentas nas quais o conteúdo seja produzido, validado e avaliado de forma colaborativa, de modo que o processo de aprendizagem se dê não só por meio do consumo de materiais, mas se inicie antes, na produção dos mesmos.

3.2.5 *Survey* e avaliação

Para que se possa medir a eficiência de uma plataforma de aprendizagem e o quanto ela agrega à experiência dos alunos, uma das formas mais diretas e já consagradas é a utilização de *surveys* e avaliações de conteúdo, realizadas por meio de questionários aplicados aos usuários da plataforma. Esses questionários podem conter questões objetivas e dissertativas que possibilitem avaliar todos os aspectos de uma plataforma, desde sua usabilidade até o conteúdo e a forma como ele é apresentado.

A ideia de realizar esses tipos de pesquisa com os alunos é fazê-los participar do desenvolvimento da ferramenta, integrando seus conhecimentos e incorporando melhorias propostas a partir de suas perspectivas, já que eles são os usuários das ferramentas e seus maiores beneficiários.

3.2.6 *Gamification*

O conceito de *gamification* é um dos principais recursos utilizados para manter o interesse e aumentar a interação entre os alunos (LENNON; ABBOTT; MCINTOSH, 2015). Contudo, sua implementação deve ser pensada e planejada, de modo que a competição resultante desse conceito não se torne um meio de desencorajamento para os alunos, como citado na Subseção 2.2.2.

Uma forma de aplicar elementos de jogos no processo de aprendizagem é incorporar um sistema de recompensas às plataformas e ferramentas de apoio, como por exemplo o sistema de medalhas da Khan Academy (KHAN ACADEMY, 2018), que recompensa os alunos com diversos tipos de medalha, classificadas segundo seu grau de dificuldade e com pontuações distintas, de acordo com as atividades desempenhadas. A Khan Academy ainda realiza diversos concursos e campeonatos entre seus usuários, com direito a premiação para as escolas com maior pontuação e cerimônia presencial para coroar os melhores do ano letivo.

Considerando o contexto do Ensino Superior, a ideia de recompensar o esforço dos alunos somente com medalhas pode não ser suficiente para mantê-los motivados. Nesse caso, pode-se pensar em recompensas mais atrativas, como o exemplo da Universidade da Islândia, que introduziu uma criptomoeda, o *Smileycoin*, como forma de recompensa para atividades realizadas em uma plataforma de tutoria online (STEFANSSON; LENTIN, 2017). Para valorizar a recompensa, a universidade permitiu que os alunos usassem os *Smileycins* obtidos como moeda de compra na cafeteria do campus. Assim, é preciso identificar uma forma de recompensa que tenha algum valor, seja ele material ou não, que mantenha os alunos interessados e isso varia de acordo com o contexto de cada localidade e nível de ensino.

Para evitar que a competitividade cause a desmotivação dos alunos, é importante que o sistema de recompensas premie também a cooperação, e não apenas as ações individuais. Os *rankings* de classificação, por exemplo, podem não enfatizar somente o rendimento individual do aluno, mas também trazer uma relação que classifica os mais solícitos, os que mais participam, os que mais sugerem melhorias e os que mais contribuem com novos conteúdos para a plataforma.

3.2.7 Inteligência artificial

A Inteligência Artificial (IA) é um recurso importante que pode ser extremamente útil para promover o conceito de *self-paced learning*. É possível utilizar conceitos de IA para que ferramentas de apoio à aprendizagem se tornem inteligentes, isto é, sejam capazes de obter informações dos alunos, processar essas informações e disponibilizá-las ou utilizá-las em benefício dos usuários de forma autônoma, aprendendo e colocando o aprendizado em prática.

A principal função da IA no contexto do *self-paced learning* é tornar as ferramentas de apoio à aprendizagem autossustentáveis, de forma que elas sejam capazes de lidar com as dificuldades dos alunos a qualquer hora e em qualquer lugar, mesmo sem a presença de um professor ou tutor, tornando o processo de aprendizagem mais independente. Contudo, a IA não surge como uma ameaça à figura do professor, pois este continua sendo importante para validar e supervisionar as ações resultantes da utilização de Inteligência Artificial.

Os computadores, neste caso mais especificamente os softwares, representados pelas ferramentas de apoio à aprendizagem, precisam do ser humano para ensiná-los. Neste contexto, esse ser humano é o professor, que usa seus conhecimentos como informações iniciais de entrada para as ferramentas. Contudo, o professor também pode, e deve, aprender com todo esse processo. A Inteligência Artificial não só facilita a aprendizagem dos alunos, como também gera informações úteis para os professores, que adquirem novos conhecimentos a partir da interpretação do que é aprendido pelas ferramentas.

3.2.7.1 Chat bot

O *chat bot* é um exemplo de ferramenta que utiliza Inteligência Artificial que pode contribuir diretamente com a coleta de informações para traçar o perfil do aluno e com o monitoramento das atividades da plataforma de aprendizagem. Do ponto de vista funcional, o *chat bot* nada mais é do que uma janela de troca de mensagens entre o usuário e o sistema, que é personificado na forma de um assistente que interage com o aluno.

Por meio dessa ferramenta, é possível não só fazer perguntas ao usuário sobre seus conhecimentos acerca do conteúdo, traçando assim um perfil mais detalhado com o objetivo de criar caminhos de aprendizagem eficientes, como também receber questionamentos e pedidos de ajuda dos alunos, que podem sanar suas dúvidas no próprio *chat bot*. Isso pode ser feito, por exemplo, a partir da utilização de um banco de conteúdos que são sugeridos quando o usuário enviar uma mensagem contendo expressões ou palavras-chave que estejam relacionadas a eles.

Além disso, o *chat bot* é uma ferramenta que fornece uma interface amigável aos alunos, diferentemente de um formulário tradicional que pode ser visto como algo maçante e custoso para responder, o que coloca em risco a precisão das respostas. Sua semelhança com uma janela de troca de mensagens convencional torna a comunicação mais dinâmica, o que consequentemente melhora a interação e motiva o usuário a responder às questões e fornecer informações mais detalhadas, já que o ambiente se torna mais descontraído. Outra aplicação prática do *chat bot* é auxiliar na recepção do *feedback* dos alunos, os quais podem utilizá-lo para reportar erros (tanto das plataformas quanto do conteúdo) e sugerir melhorias.

Assim, o *chat bot* se apresenta como uma funcionalidade disponível 24 horas por dia, capaz de centralizar e otimizar a troca de informações com o usuário da plataforma de aprendizagem, auxiliando também na promoção do *self-paced learning*, já que dá ao aluno autonomia para interagir com a ferramenta e seu conteúdo.

3.3 Cenário ilustrativo

A partir dos sistemas, métodos e ferramentas abordados na Seção 3.2, é possível criar um cenário ilustrativo com uma visão do futuro da aprendizagem de um aluno no contexto do Ensino Superior, levando em conta principalmente o conceito de *self-paced learning*.

Ao concluir o Ensino Médio, um aluno tem seu histórico, disciplina por disciplina, analisado por um sistema informatizado para gerar uma lista de cursos que correspondem às aptidões por ele demonstradas durante sua vida escolar.

Depois de analisar a lista e fazer sua escolha, o aluno ingressa na graduação e recebe sua matriz curricular, que engloba as disciplinas necessárias e obrigatórias para sua formação na área escolhida. A ementa é comum para todos os alunos, mas as atividades propostas variam de acordo com o desempenho do aluno e suas aptidões, obtidas e analisadas a partir de um *feedback* constante entre o aluno e a plataforma de aprendizagem, por meio de *chat bot*, *logs*, formulários e questões. A avaliação do aluno é constante; não somente por meio de testes e provas, mas também, por exemplo, a partir da análise de quais materiais ele utilizou, de

quanto tempo levou para aprender cada módulo e de quão colaborativa foi sua participação na disciplina. Em contrapartida, as ferramentas e o curso também são constantemente avaliadas pelo aluno, que faz críticas construtivas e propõe melhorias quanto ao conteúdo e seu formato. O uso que o aluno faz da plataforma também é monitorado por meio de arquivos de *log*, que podem conter informações relevantes para traçar o perfil e as preferências do aluno.

No decorrer do curso, o aluno tem acesso ao conteúdo em diversos formatos, como textos, vídeos, artigos, exercícios interativos, desafios, projetos e atividades propostas, todos integrados por meio da ferramenta de aprendizagem. Durante as atividades, o aluno pode compartilhar o que está desenvolvendo com os demais, que podem avaliar e dar sugestões de melhoria, fora a possibilidade de que os alunos realizem projetos em grupo de acordo com interesses em comum. A plataforma de aprendizagem possibilita que o usuário, além de compartilhar seus trabalhos, contribua com a inserção de novos conteúdos relevantes e que complementem o material já disponível. Ao concluir uma atividade, desafio, módulo, ou contribuir com algo reconhecidamente útil para os demais, o aluno recebe uma premiação que fica registrada em seu perfil e lhe confere prestígio dentro da comunidade acadêmica.

Conforme cursa as disciplinas, o aluno tem vários caminhos de aprendizagem sugeridos pela plataforma a partir de seu perfil, o qual é traçado de acordo com as informações trocadas constantemente entre ele e o sistema, além da análise de seu desempenho em disciplinas anteriores. Assim, ele pode escolher o caminho mais interessante e trilhá-lo seguindo seu próprio ritmo, que tende a ser o melhor possível, visto que este caminho é personalizado segundo o histórico de experiências registradas pela plataforma.

3.4 Considerações do capítulo

A partir dos desafios inerentes à implementação eficiente do conceito de *e-learning* com a promoção do *self-paced learning*, este capítulo trouxe sugestões para lidar com as dificuldades e propostas para implementar uma plataforma que possibilite ao aluno trilhar caminhos de aprendizagem personalizados.

As ideias apresentadas têm como objetivo estruturar o processo de aprendizagem considerando a teoria e também ações práticas que a viabilizem, servindo como um guia de aspectos importantes que devem ser considerados na implementação de um curso no formato de *e-learning*.

O cenário ilustrativo descrito na Seção 3.3 traz uma idealização da implementação do conceito de *e-learning* com a promoção do *self-paced learning*, considerando o futuro apresentado

como plausível e próximo a partir da aplicação das ideias propostas, como a gestão de perfis, e da utilização da tecnologia como base para a criação de caminhos de aprendizagem a partir do perfil e do conhecimento de cada aluno.

Capítulo 4

GERENCIAMENTO INTELIGENTE DO CONHECIMENTO

Por que, na maioria das vezes, a aquisição e a manutenção do conhecimento são tratadas de maneira *ad hoc*?

Durante os estudos realizados neste trabalho, constatou-se a escassez de ferramentas adequadas para registrar e avaliar o conhecimento já adquirido e para escolher um objeto de aprendizagem que seja condizente com o nível de conhecimento do aluno. Dentre os artigos analisados na revisão sistemática da literatura, por exemplo, nenhum tratou de ferramentas com esse perfil, o que pode ser explicado pela *string* de busca utilizada, que delimitou os resultados ao contexto do Ensino Superior e se concentrou no conceito puro de *self-paced learning*. O trabalho que trouxe uma abordagem mais próxima foi o de Gulati (2013), que propõe um sistema de recomendação de conteúdo no contexto do Ensino Superior, mas ele não chegou a ser implementado, além de não lidar diretamente com objetos de aprendizagem, mas sim com fontes de conteúdo.

De modo geral, o conhecimento não está representado de maneira estruturada, tal que para o estudante é difícil, ou impossível, dimensionar o quanto ele conhece de um determinado assunto. Todos esses fatores são tratados de forma *ad hoc* e sem ferramentas adequadas. Na sociedade contemporânea, o bem de maior valor é o conhecimento, entretanto o gerenciamento desse bem geralmente é feito de forma artesanal, subjetiva e ineficiente.

Contudo, ampliando a análise para além da revisão sistemática, existem alguns trabalhos na literatura que propõem a recomendação de conteúdo no âmbito acadêmico, abordando o perfil dos alunos e a avaliação do conhecimento dos mesmos. A Seção 4.4 traz alguns estudos que refletem e propõem implementações voltadas para esta área.

Ao considerar o contexto e a realidade das universidades brasileiras, outro fator que evidencia a ineficiência do gerenciamento do conhecimento é sua forma de representação. O conhe-

cimento contido em um curso é representado por uma ementa, que normalmente é um simples documento de texto. Já o conhecimento do aluno, que é ainda mais importante quando se trata de personalização de aprendizagem e *self-paced learning*, é representado superficialmente por meio do histórico escolar, que contém baixa granularidade e poucos detalhes acerca do conhecimento adquirido. Toma-se como exemplo o histórico de um aluno aprovado na disciplina de Lógica de Programação com nota 8. Essa informação diz muito pouco a respeito do que ele sabe sobre a disciplina, quais tópicos ele domina, em quais ele tem dificuldade e quais ele precisa rever.

Essa falta de informação útil e de gerenciamento eficiente do conhecimento prejudica a construção de caminhos de aprendizagem para o aluno, que muitas vezes dedica horas de estudo vendo coisas que ele já sabe, o que é um fator de desmotivação e causa de desinteresse. Além disso, o aluno corre o risco de ficar com lacunas no conhecimento, visto que, sem as ferramentas adequadas, não é possível mapear o que já foi aprendido de forma eficiente e abordar os tópicos que exigem mais atenção.

A fim de tentar responder à pergunta feita inicialmente, este capítulo apresenta uma arquitetura para representação, mapeamento e gerenciamento do conhecimento. A proposta tem como componentes mínimos: uma base de conhecimentos estruturada como ontologia e um conjunto de buscas para manipulação dos dados dessa base.

4.1 Representação do conhecimento

Existem diversas formas de representar o conhecimento, como, por exemplo, um gráfico, uma imagem, um diagrama, uma linguagem, isso depende de quem representa o conhecimento e para quem ele deve ser representado, isto é, quem vai recebê-lo, interpretá-lo e utilizá-lo.

No caso de um sistema de apoio à aprendizagem, o ideal é que a representação do conhecimento seja feita de forma que um ser humano e um computador, ou sistema computacional, sejam capazes de compreendê-la (ISOTANI et al., 2009). O conhecimento acerca de determinado assunto deve ser representado de forma que tanto o professor quanto o sistema de aprendizagem possam receber, interpretar, analisar e utilizar esses dados para criar caminhos de conhecimento. Para cumprir esse propósito, as ontologias se mostram uma boa opção (NOY; MCGUINNESS, 2001).

4.1.1 Ontologias

A definição de ontologia na área computacional é um assunto contraditório para o qual não há um consenso na literatura. Dada a natureza da abordagem proposta neste trabalho, que envolve justamente a representação do conhecimento dentro de um sistema computacional, optou-se por partir da premissa de que uma ontologia é um conjunto de especificações explícitas de conceitualizações (GUARINO; OBERLE; STAAB, 2009).

A partir dessa definição inicial, é possível definir uma ontologia como uma descrição formal e explícita de conceitos dentro de um domínio de contexto, com propriedades que descrevem os atributos e as características de cada conceito, os relacionamentos entre eles e as restrições nos papéis que eles desempenham (NOY; MCGUINNESS, 2001). Desta forma, uma ontologia traz diversos conceitos e as relações entre eles, auxiliando na construção de uma base de conhecimento comum a partir de indivíduos (que são como instâncias, considerando os conceitos como classes) que representam esses conceitos.

A escolha de ontologias para lidar com a representação do conhecimento foi feita porque elas podem ser usadas, segundo Noy e McGuinness (2001), para:

- Compartilhar conhecimentos comuns da estrutura da informação entre pessoas ou softwares, o que está diretamente relacionado à abordagem proposta, na qual a informação deve ser compartilhada e compreendida por alunos, professores e pelo sistema de gerenciamento de perfis;
- Possibilitar o reuso do conhecimento, que é essencial quando se pensa em utilizar a representação do conhecimento como fonte de informação para instituições de ensino e para plataformas e ferramentas de aprendizagem, como por exemplo os MOOCs;
- Separar o conhecimento do domínio do conhecimento operacional, visto que o sistema de gerenciamento deve ser capaz de lidar da mesma forma com diversos tipos de cursos, conhecimentos e habilidades.

Assim, a ontologia serve como a base da representação do conhecimento necessária para o funcionamento de um sistema de gestão de perfis de alunos, pois é ela que define e estrutura o conjunto de dados e as informações que devem ser utilizadas para a criação de caminhos de aprendizagem. Além disso, a ontologia é uma ferramenta poderosa que permite, por exemplo, fazer inferências.

4.1.1.1 Estrutura e metodologia para a construção de ontologias

A criação de uma ontologia passa por um processo de compreensão e conhecimento do domínio de contexto. Para isso, existem metodologias propostas que auxiliam no desenvolvimento da ontologia, com etapas que vão desde a determinação do domínio até a definição das propriedades dos conceitos.

Dentre as metodologias para criação de ontologia existentes, pode-se citar:

- Metodologia Diligent (VRANDEČIĆ et al., 2005), que prega a especialização de ontologias gerais de acordo com a necessidade específica;
- Metodologia de Uschold e King (USCHOLD; KING, 1995), que parte da identificação do propósito da ontologia, passa por sua construção, que inclui a integração com diferentes ontologias já existentes, e termina com a avaliação e a posterior documentação da ontologia;
- Metodologia DOLCE (GANGEMI et al., 2002), que enfatiza os agentes, ou indivíduos, e a compreensão entre eles ao invés do domínio, de forma que não haja a necessidade da existência de uma ontologia única, mas sim de um conjunto delas;
- Metodologia 101 (NOY; MCGUINNESS, 2001), que propõe sete etapas bem definidas e não lineares para a criação de uma ontologia e preza pela reutilização de ontologias já existentes. Além disso, a modelagem é feita a partir de classes, suas hierarquias e propriedades.

A metodologia escolhida para a realização deste trabalho foi a Metodologia 101, pois propõe etapas bem definidas para o desenvolvimento da ontologia, o que favorece a iteração resultante da não linearidade do processo. A modelagem em classes é bastante semelhante à orientação a objetos, que é familiar ao ambiente computacional. Além disso, ela é integrada ao Protégé (<https://protege.stanford.edu/>), um editor de ontologias desenvolvido pela Universidade de Stanford que é bastante utilizado e altamente flexível quanto à arquitetura de classes, além de ser extensivo a diferentes modelagens de conhecimento, o que favorece a reutilização da ontologia em diversos contextos (NOY; FERGERSON; MUSEN, 2000).

4.1.1.2 Componentes da ontologia

Quanto aos componentes de uma ontologia, eles são divididos basicamente em:

- Classes, que são como grupos que representam indivíduos com características semelhantes, como por exemplo uma classe “Linguagem de Programação”, que agrupa todas as linguagens de programação, ou uma classe “Carro”, que representa todos os automóveis. As classes também permitem a construção de uma hierarquia com subclasses, que são como classes mais especializadas, como por exemplo uma classe “Utilitário Esportivo”, que é subclasse de “Carro”;
- Indivíduos, que são os objetos que pertencem ao domínio do contexto, isto é, são como instâncias das classes. Seguindo o exemplo anterior, os indivíduos “Ruby” e “Java” pertencem à classe “Linguagem de Programação”, ao passo que o indivíduo “Ferrari F40” pertence à classe “Carro”;
- Propriedades, que são as relações existentes entre os indivíduos. As propriedades podem ser de objeto, representando as ligações e relações entre os indivíduos, ou de tipos de dados, atribuindo um valor a um indivíduo.

As propriedades de objeto de uma ontologia podem, ainda, ser classificadas de acordo com suas características:

- Inversa, que caracteriza uma propriedade de um objeto que possui uma propriedade inversa correspondente. Um exemplo, ainda considerando as linguagens de programação, é que a linguagem Ruby foi criada por Yukihiro Matsumoto, o que implica na relação inversa em que Yukihiro Matsumoto é o criador da linguagem Ruby;
- Funcional, que caracteriza uma propriedade de valor único. Usando relações familiares como exemplo, um filho pode ter uma única mãe biológica e um único pai biológico;
- Transitiva, que relaciona os indivíduos a partir de inferências. Um exemplo pode ser observado em uma hierarquia militar: se o capitão obedece ao major e o major obedece ao coronel, então o capitão também obedece ao coronel;
- Simétrica, que caracteriza uma propriedade que relaciona um indivíduo a outro e, consequentemente, resulta em uma relação igual no sentido contrário. Se José é irmão de João, consequentemente João é irmão de José.

4.1.1.3 A Metodologia 101

A primeira regra de desenvolvimento de ontologias utilizada por Noy e McGuinness (2001) é que não há uma única forma correta para modelar um domínio, isto é, existem vários caminhos

para se construir uma ontologia, sendo que a escolha do melhor deles depende dos fins para os quais a ontologia será utilizada.

Outra característica importante do desenvolvimento de uma ontologia é que o processo de criação é iterativo, isto é, uma ontologia nunca será concebida seguindo uma estrutura cronológica e linear de etapas, já que ajustes e especializações podem e devem ocorrer de acordo com o domínio e o contexto de uso.

Quanto aos conceitos da ontologia, estes devem ser próximos a objetos que representem a realidade, sejam eles físicos, lógicos, concretos ou conceituais, e a relações do domínio do contexto. Para fazer um paralelo com um exemplo palpável, Noy e McGuinness (2001) definem os objetos como substantivos e seus relacionamentos como verbos.

A partir desses princípios, a Metodologia 101 propõe sete etapas que devem ser seguidas para o desenvolvimento de uma ontologia. Vale ressaltar que o processo é iterativo, o que significa que as etapas não são lineares:

- Etapa 1 - determinar o domínio e o escopo da ontologia. É necessário definir o que a ontologia vai representar, como ela será usada, que questões podem ser respondidas a partir dela e quem serão seus usuários e responsáveis por sua manutenção;
- Etapa 2 - investigar ontologias existentes que possam ser reutilizadas. Uma das principais características de uma ontologia é sua capacidade de reutilização, por isso é importante buscar por ontologias que eventualmente já sirvam ao mesmo propósito, ou que ao menos possam ser usadas como base para o desenvolvimento de uma nova ontologia;
- Etapa 3 - fazer uma relação dos termos importantes. Esta etapa consiste basicamente em anotar todos os termos que têm alguma importância ou relevância para o domínio, deixando de lado a forma como eles serão utilizados;
- Etapa 4 - definição das classes e da hierarquia de classes. Nesta fase do desenvolvimento é preciso definir a hierarquia de classes, o que geralmente é feito seguindo uma dessas duas abordagens:
 - *Top-down*, que começa com a definição de conceitos mais amplos e gerais e segue em derivação para os mais específicos;
 - *Bottom-up*, que é basicamente o contrário da anterior, com a definição partindo dos conceitos mais específicos que, posteriormente, são agrupados para formar os mais gerais.

Também é possível combinar as duas abordagens, o que é feito a partir da definição dos conceitos considerados mais importantes, sejam eles gerais ou específicos, e posterior criação do caminho que une estes conceitos;

- Etapa 5 - definir as propriedades das classes. Esta etapa e a anterior estão interligadas e são as mais importantes do desenvolvimento. Após definir as classes, é necessário definir quais são suas propriedades, que são como atributos que expressam suas características;
- Etapa 6 - definir as restrições das propriedades. Nessa fase é preciso definir quais são as restrições quanto ao tipo de valor, ao valor de fato, à cardinalidade e às características de cada propriedade;
- Etapa 7 - criar indivíduos, ou instâncias. Realizadas todas as seis etapas anteriores, é possível criar indivíduos que representem as classes e que possuam propriedades de acordo com o domínio e seu contexto de aplicação.

Em suma, um conceito do domínio da ontologia é descrito por uma classe, que pode conter subclasses para representar indivíduos mais específicos ou especializados. As classes, por sua vez, interagem entre si por meio de relacionamentos e têm propriedades que são preenchidas de acordo com os indivíduos. Essas propriedades podem conter restrições quanto ao tipo e ao valor do dado de atribuição, ou quanto aos relacionamentos com os demais indivíduos.

Como exemplo, pode-se usar a classe “Linguagem de Programação”. Ela representa todas as linguagens de programação e contém uma subclasse chamada “Linguagem de Programação Orientada a Objetos”, que representa apenas as linguagens orientadas a objetos, que tem um relacionamento de pertencimento com a classe “Empresa”, que por sua vez contém uma propriedade “localização” que indica onde ela está situada e é do tipo *string*. Assim, considerando indivíduos criados a partir dessas classes, a linguagem “Java” é um indivíduo da classe “Linguagem de Programação Orientada a Objetos” (subclasse de “Linguagem de Programação”), que pertence ao indivíduo “Oracle”, da classe “Empresa”, e que tem como valor da propriedade “localização” a *string* “Cidade de Redwood, Califórnia, EUA”.

4.1.2 Entidades e relacionamentos ontológicos no ambiente da Educação

Para exemplificar a utilização da Metodologia 101 no contexto do gerenciamento de perfis de alunos, foi escolhido um tópico da disciplina de Lógica de Programação, que faz parte da matriz do curso de Ciência da Computação, que terá seu conteúdo representado por meio de uma ontologia.

A Figura 4.1 apresenta um exemplo de diagrama com as classes, indivíduos e relações de um pequeno fragmento de um curso de Ciência da Computação. As classes estão em negrito, na cor preta, os indivíduos estão em azul e as setas indicam as relações. Nesse exemplo, “Ciência da Computação” é um indivíduo da classe “Curso”, “Lógica de Programação” é um indivíduo da classe “Disciplina”, “Ponteiro” é um indivíduo da classe “Tópico de aprendizagem” e “C” é um indivíduo da classe “Linguagem estruturada”, que é uma subclasse de “Linguagem de programação”, isto é, “C” também é uma linguagem de programação.

Os relacionamentos entre os indivíduos se dão de acordo com as indicações das setas na figura, como a linguagem “C” que aborda o tópico “Ponteiro” e é ensinada na disciplina “Lógica de Programação”, que por sua vez faz parte da matriz do curso “Ciência da Computação”. Esta última relação é uma relação inversa, já que também há uma relação no sentido contrário com o mesmo significado (“Ciência da Computação” tem na grade “Lógica de Programação”). Uma relação inversa é útil para permitir o preenchimento dos dados em qualquer sentido, neste caso, a partir da disciplina ou do curso, já que, quando o valor de uma propriedade é definido, o outro é automaticamente preenchido com o mesmo valor.

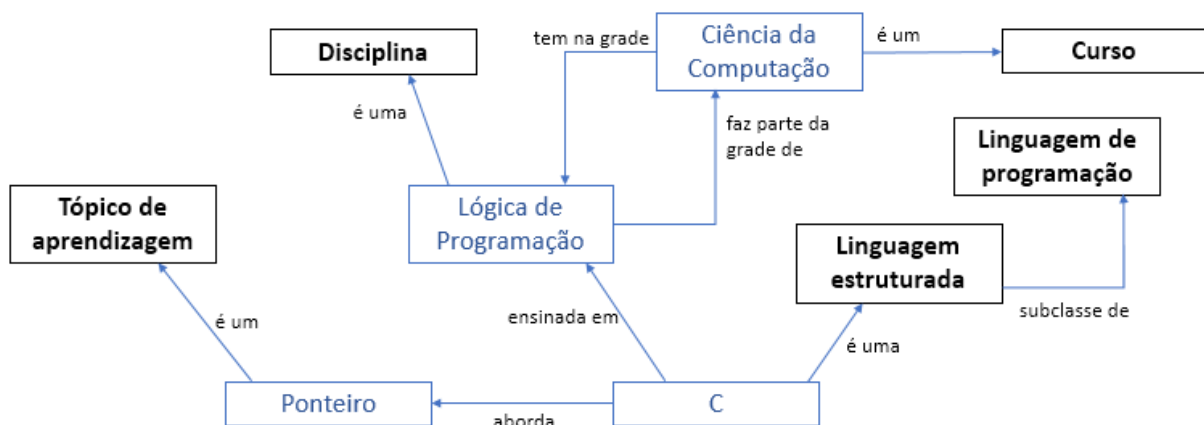


Figura 4.1: Exemplo de classes, indivíduos e relacionamentos em um curso de Ciência da Computação.

A partir da estrutura descrita e da metodologia de criação citada, é possível elaborar ontologias para representar conceitos e suas relações, como mostrado no exemplo de um tópico da disciplina de Lógica de Programação em um curso de Ciência da Computação.

No caso específico deste trabalho de mestrado, foi elaborada uma ontologia que descreve áreas de conhecimento e possibilita a criação caminhos de aprendizagem a partir do perfil dos alunos, isto é, do mapeamento dos conceitos por eles aprendidos. Nessa ontologia, cada objeto de aprendizagem é um indivíduo que contém propriedades que o relacionam aos módulos de ensino nos quais ele se insere, de forma que seja possível analisar o perfil do aluno, obter os dados sobre sua aprendizagem e fazer a relação com o conteúdo educativo, viabilizando assim

a criação de caminhos de aprendizagem eficientes que abordem as lacunas de conhecimento do aluno por meio de objetos de aprendizagem apropriados.

4.1.3 Protégé, RDF e OWL

A escolha do Protégé como editor de ontologias foi feita porque ele é gratuito, tem código aberto e conta com um banco de dados para armazenar as ontologias já criadas. Além disso, ele é disponível em versão web, o WebProtégé, o que facilita o acesso ao projeto a qualquer hora e em qualquer lugar, favorecendo também o desenvolvimento colaborativo. Desenvolvido pela Universidade de Stanford, o editor é bastante flexível quanto à arquitetura de classes e extensivo a diferentes modelagens de conhecimento, o que favorece a reutilização da ontologia em diversos contextos e, também, o reuso das ontologias já existentes (NOY; FERGERSON; MUSEN, 2000).

Além disso, o Protégé é a ferramenta de edição de ontologias mais popular e com a comunidade mais ativa (MUSEN et al., 2015), fatos que podem ser explicados pela longevidade do projeto, que teve início em 1980. A plataforma Protégé também é compatível com os padrões da *World Wide Web Consortium* (W3C) (<https://www.w3.org/>), que é a referência mundial em padronização da *Web*.

A W3C propõe alguns padrões para modelar metadados. O primeiro deles é a extensão RDF, do inglês *Resource Description Framework*, que é um padrão para a modelagem de metadados e descrição de informações e que também serve para aplicações que façam algum gerenciamento de conhecimento. Existe também a RDFS, de *RDF Schema*, que adiciona a definição de classes que representam o conceito de sujeitos, objetos e predicados, permitindo declarações sobre classes e tipos de relacionamento. O termo *Schema* se refere ao fato da linguagem permitir a descrição do significado de classes e relacionamentos por meio de um formato compreensível para o ser humano, e não somente para o computador.

Além das duas versões de RDF, como linguagem para representar as ontologias, a W3C propõe a *Ontology Web Language* (OWL), uma linguagem desenvolvida para aplicações que necessitem, além da representação do conhecimento, do processamento das informações, sendo de interpretação mais viável a partir de máquinas e sistemas computacionais, já que conta com vocabulário adicional para descrever classes, suas propriedades e relações, além de semântica formal (MCGUINNESS; HARMELEN et al., 2004), funcionalidade para a qual nenhum dos modelos RDF oferece suporte.

Assim, a escolha pela linguagem OWL foi feita considerando sua capacidade de lidar

com a semântica formal, que facilita a expressão de relacionamentos entre diferentes ontologias, seu maior vocabulário e sua flexibilidade para lidar com uma gama maior de formas de representação de conhecimento.

4.2 SparQL: uma linguagem para manipulação de ontologias

A proposta de arquitetura deste trabalho inclui usar o SparQL para acessar os dados armazenados (DUCHARME, 2013). O SparQL é uma linguagem orientada a dados que consulta informações presentes em grafos RDF e que também oferece suporte para OWL. Um grafo RDF é um conjunto de triplas (APACHE, 2019b), que por sua vez são estruturas formadas por um conjunto não vazio de vértices, um conjunto de arestas e uma função de incidência que associa cada aresta a um par de vértices não necessariamente distintos (VULCANI et al., 2015).

O SparQL pode ser usado para acessar, por exemplo, um repositório Spark, que é uma ferramenta de código aberto, bem documentada, com alta escalabilidade para armazenar e processar dados em larga escala (APACHE, 2019a) e ainda trabalha com aplicações em diversas linguagens de programação, como Java, Scala, Python, R, e SQL.

A consulta no SparQL segue o formato de tripla com sujeito, predicado e objeto. No contexto de uma estrutura de curso, a frase “A disciplina Lógica de Programação é parte do curso Ciência da Computação”, “Lógica de Programação” é o sujeito, “é parte de” é o predicado e “Ciência da Computação” é o objeto. A Figura 4.2 traz um diagrama que ilustra a estrutura de uma tripla.

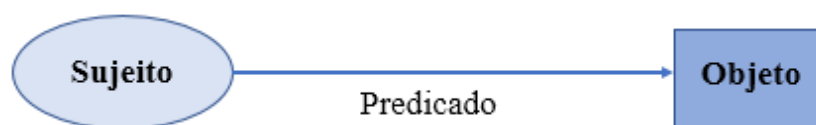


Figura 4.2: Estrutura de uma tripla.

Para realizar uma consulta usando SparQL, existem algumas palavras reservadas para determinadas ações. As mais comumente usadas, mesmo para as mais simples consultas (ou *queries*), são:

- **PREFIX**, que associa um rótulo a uma IRI para facilitar sua posterior utilização.
- **SELECT**, que identifica que variável, ou variáveis, devem ter seus valores retornados

pela consulta. Na sintaxe, ela é precedida pelo sinal de interrogação e, caso haja mais de uma variável, elas devem ser separadas por espaço;

- **FROM**, que identifica o repositório que contém os dados pesquisados;
- **WHERE**, que indica um conjunto de triplas na forma sujeito, predicado e objeto;

```
PREFIX ontologia: <http://www.semanticweb.org/ontologies/2019/>

SELECT ?Disciplinas

FROM <http://www.semanticweb.org/ontologies/db>

WHERE
{
    ontologia:Ciência_da_Computação ontologia:program_has_discipline ?Disciplinas .
}
```

Figura 4.3: Exemplo de uma consulta usando SparQL.

A Figura 4.3 traz um exemplo de uma consulta simples em um banco de dados que contém informações sobre cursos de graduação e suas disciplinas. No exemplo, é realizada uma consulta das disciplinas que constam na grade curricular de um curso de Ciência da Computação.

Para a busca, é usado o rótulo “ontologia”, que é associado por meio da palavra reservada **PREFIX** ao endereço do banco de dados de disciplinas.

O comando **SELECT** indica que a variável de retorno da busca realizada será “Disciplinas”, já que o objetivo é obter como retorno as disciplinas do curso de Ciência da Computação. O comando **FROM** indica o endereço do repositório que contém os dados. Por fim, a palavra reservada **WHERE** indica a tripla utilizada na consulta.

Para a compreensão da linguagem SparQL e de como ela pode ser utilizada em contextos práticos por meio de exemplos, o trabalho de DuCharme (2013) disponibilizado no livro *Learning SparQL* é uma das fontes mais completas e didáticas disponíveis, além da documentação oficial da W3C, disponível em <https://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>.

4.3 Considerações sobre o gerenciamento de perfis de estudantes e visões sobre o conhecimento

A partir da análise da revisão sistemática da literatura (MORAIS; CONCEIÇÃO, 2018), é possível observar que já existem ferramentas de apoio e plataformas de aprendizagem que promovem o *e-learning*, em especial os MOOCs, representados principalmente por edX e Coursera, sendo que o primeiro ainda disponibiliza uma plataforma aberta, bem documentada e com

ecossistema de apoiadores amplo e ativo para o desenvolvimento de novos cursos, o Open edX (<https://github.com/edx/edx-platform>).

Contudo, observa-se a necessidade de um sistema capaz de gerenciar o perfil dos alunos de forma que as informações sejam utilizadas para a criação de caminhos de conhecimento e, por consequência, para a promoção do *self-paced learning* de acordo com as particularidades de cada aluno.

Esse sistema deve funcionar como um gestor de perfis e conter a representação do conhecimento de cada aluno, bem como relacionar esse conhecimento ao conteúdo dos cursos. Além disso, é importante que a aprendizagem obtida em um curso, como por exemplo um MOOC, seja registrada no perfil do aluno, de forma que esses dados possam ser reutilizados para a criação de caminhos de conhecimento quando o mesmo fizer outro curso, seja ele um MOOC ou uma disciplina regular de graduação.

Assim, a ideia é elaborar um sistema de gestão de perfis de alunos que faça uso de uma representação de conhecimento comum às plataformas e ferramentas de aprendizagem existentes, possibilitando a integração e a reutilização dos dados para a personalização do processo de aprendizagem em qualquer curso, sendo um importante meio de promoção do *self-paced learning*.

4.4 Trabalhos relacionados

O sistema de gestão de perfis de alunos proposto neste trabalho e abordado na Seção 4.5 está alinhado a trabalhos que propõem sistemas de recomendação de conteúdo educacional e que utilizam o conceito de mineração de dados educacionais (EDM, do inglês *Educational Data Mining*), que é a extração de informações implícitas, relevantes e, neste caso, educacionais a partir de uma fonte de dados (WITTEN et al., 2016).

O artigo de Ibrahim et al. (2018) propõe uma recomendação de cursos personalizada e utiliza ontologias para representar tanto os cursos quanto os alunos, incluindo ainda uma ontologia que representa empregos relacionados às carreiras existentes. Contudo, as classes e subclasses que compõem as ontologias incluem dados mais gerais, como localização específica e mensalidade, mas não abordam aspectos mais específicos como disciplinas, módulos e objetos de aprendizagem, que são importantes quando se trata de um sistema de gerenciamento de perfis de alunos, como o representado pela arquitetura proposta neste trabalho de mestrado.

O trabalho de Anitha e Krishnan (2010) usa EDM para fazer recomendações de conteúdo

para alunos e também para os portais de *e-learning* com o objetivo de aumentar sua eficácia.

Dorça et al. (2017) propõem a análise dinâmica e automática de repositórios de objetos de aprendizagem a partir de um modelo que usa ontologia para relacionar os objetos de aprendizagem a estilos de aprendizagem, que são formas de classificar o aluno de acordo com sua maneira de perceber e processar informações.

Os estudos de Jain et al. (2018) propõem um sistema de recomendação de MOOCs e faz uso de diversas técnicas de EDM, como regressão logística, clusterização e florestas de decisão. O sistema também leva em consideração as atividades e a frequência de utilização dos MOOCs pelos alunos, utilizando informações obtidas a partir de dados implícitos e explícitos.

Cheng, Zhang e Shi (2018) propõem um sistema de recomendação de caminhos de aprendizagem que não leva em consideração as preferências do aluno, mas sim seu conhecimento adquirido. O sistema proposto gera recomendações a partir de ontologias e também possui um mecanismo de atualização que simula o processo de crescimento do conhecimento do aluno. Para a simulação, são utilizados critérios como nível de dificuldade e uma nota que corresponde ao domínio do aluno sobre o que o autor chama de unidade de conhecimento, que tem um papel semelhante à classe *Module* da ontologia proposta por este trabalho e que é abordada na Seção 4.5.

O trabalho de Bouihi e Bahaj (2017) propõe a inserção de uma camada semântica entre as existentes nas arquiteturas clássicas de plataformas *e-learning*. As camadas originais são: dados, aplicação e apresentação. A proposta é inserir a camada semântica entre as camadas de dados e de aplicação contendo três ontologias: uma ontologia para representar os objetos de aprendizagem, uma para representar o contexto de aprendizagem e uma terceira ontologia que representa as atividades sequenciais de aprendizagem. O objetivo do artigo é aprimorar o uso de sistemas de recomendação, amplamente utilizados comercialmente e em redes sociais, no contexto da aprendizagem.

O artigo de Chellatamilan et al. (2011) propõe técnicas de EDM, como classificação e clusterização de dados, para prever o estilo de aprendizagem dos alunos com base nas atividades realizadas em um determinado curso. O objetivo é que as técnicas de EDM ajudem na organização do conteúdo, na recomendação de objetos de aprendizagem e na adaptação do estilo de aprendizagem.

O estudo de Sarwar et al. (2018) apresenta uma proposta de arquitetura para recomendação de conteúdos de forma adaptativa e personalizada com base em ontologias e redes neurais, considerando o grau de dificuldade de cada conteúdo. Para isso, o sistema é dividido em três

camadas: interface, funcional e persistência. A camada funcional, por sua vez, é composta por três subcamadas com diferentes funções: a primária, que lida com o gerenciamento dos perfis dos alunos; a secundária, que trata da autenticação; e a terciária, que aborda requerimentos não-funcionais. As ontologias utilizadas nessa proposta, apesar de apresentarem uma gama variada de dados, como tópicos de palestras, notas e informações sobre as avaliações dos cursos, não abordam conceitos de conteúdos mais específicos como, por exemplo, os objetos de aprendizagem.

A proposta deste trabalho de mestrado se difere dos demais estudos citados principalmente porque a representação do conhecimento, com base em ontologias, é feita com granularidade fina, modelando os objetos de aprendizagem na arquitetura proposta e possibilitando, assim, a criação de caminhos de aprendizagem mais específicos.

Desse modo, considerando os trabalhos relacionados, a proposta de um sistema de gerenciamento de perfis de alunos é uma base importante para a construção e melhoria de sistemas de recomendação existentes, já que estes necessitam de representações do conhecimento tanto dos cursos e suas disciplinas, módulos e objetos de aprendizagem, quanto dos alunos.

4.5 Proposta de arquitetura para o gerenciamento de perfis

Para implementar o sistema de gestão de perfis de alunos, foi proposta uma arquitetura que contém quatro componentes principais: o *browser*, ou interface com o usuário, os serviços web, o repositório e as ontologias. A Figura 4.4 ilustra a proposta da arquitetura do sistema e seus componentes.

4.5.1 *Browser*

O *browser* é o componente responsável pela interface do sistema com o usuário. Nele se encontram os campos para inserção dos dados e realização das buscas por perfis de alunos e áreas de conhecimento no repositório, os botões para efetuar o *login* e as buscas e também são exibidos os resultados das pesquisas.

4.5.2 Serviços web

Os serviços web de acesso são usados para integrar a interface do usuário ao repositório que contém os dados do sistema. A interação entre o *browser* e as informações se dá por meio das buscas, que podem ser de três tipos:

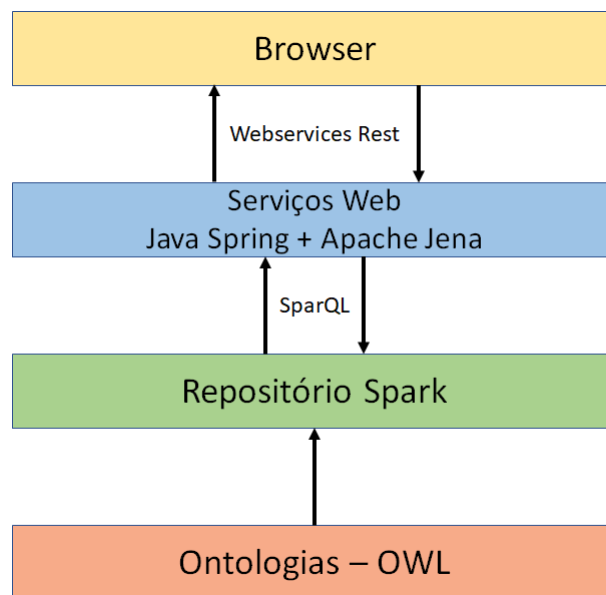


Figura 4.4: Proposta da arquitetura do sistema de gestão de perfis de alunos.

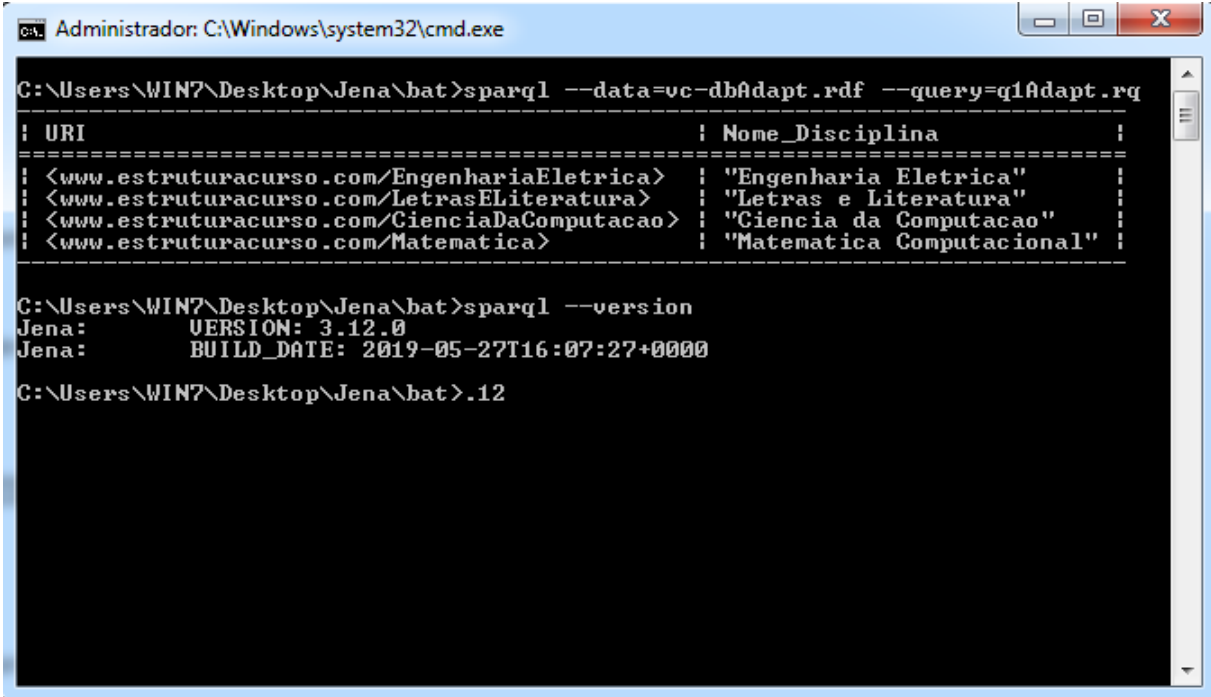
- Busca pelo conhecimento de um aluno. Essa busca tem como objetivo levantar os objetos de aprendizagem e disciplinas que são dominadas pelo aluno, retornando uma relação do que ele já conhece de forma geral, ou dentro de um determinado contexto;
- Busca pelas lacunas de conhecimento de um aluno. Essa busca, ao contrário da anterior, objetiva relacionar quais as disciplinas e os objetos de aprendizagem que o aluno ainda não domina, seja no âmbito geral ou dentro de um contexto;
- Busca por área de conhecimento. Essa busca retorna uma relação com os objetos de aprendizagem que compõem uma disciplina ou uma determinada área de conhecimento.

Para a implementação do serviço web, propõe-se a utilização do Spring, um *framework* Java para desenvolver aplicações e que tem suporte para persistência de dados e faz a integração entre as partes, nesse caso, a interface e o repositório.

Aliada ao Spring, a arquitetura proposta conta com a API Apache Jena para realizar a manipulação programática das ontologias usando a sintaxe de SparQL. A escolha foi feita porque a API tem código aberto e suporte à linguagem OWL, que é a linguagem escolhida para implementar as ontologias. Além disso, a sintaxe SparQL permite a integração com o repositório Spark.

4.5.2.1 Exemplo de consulta usando Jena e SparQL

Para fazer um “*Hello World*” de uma consulta SparQL com Jena para servir como exemplo, foi utilizada a versão 3.12.0 da API com o motor SparQL nativo. O arquivo utilizado foi o “vc-dbAdapt.rdf”, uma adaptação do arquivo “vc-db-1.rdf” do tutorial oficial do Jena (APACHE, 2019b) e a consulta foi feita por meio do arquivo “q1Adapt.rq”, adaptado do arquivo “q1.rq” do mesmo tutorial. Os arquivos RDF e de consulta podem ser visualizados nos Apêndices A e B, respectivamente.



```
Administrador: C:\Windows\system32\cmd.exe

C:\Users\WIN7\Desktop\Jena\bat>sparql --data=vc-dbAdapt.rdf --query=q1Adapt.rq

=====
| URI                                     | Nome_Disciplina |
=====
| <www.estruturacurso.com/EngenhariaEletrica> | "Engenharia Eletrica" |
| <www.estruturacurso.com/LetrasELiteratura> | "Letras e Literatura" |
| <www.estruturacurso.com/CienciaDaComputacao> | "Ciencia da Computacao" |
| <www.estruturacurso.com/Matematica> | "Matematica Computacional" |
=====

C:\Users\WIN7\Desktop\Jena\bat>sparql --version
Jena: VERSION: 3.12.0
Jena: BUILD_DATE: 2019-05-27T16:07:27+0000

C:\Users\WIN7\Desktop\Jena\bat>.12
```

Figura 4.5: Terminal com o resultado da consulta realizada.

Na consulta realizada por meio do arquivo “q1Adapt.rq”, foram exibidos os cursos contidos no arquivo “vc-dbAdapt.rdf” e a URI que indica a localização das informações sobre o curso. A Figura 4.5 exibe o terminal com o resultado da consulta realizada.

4.5.2.2 Exibição dos resultados

Os resultados das consultas devem ser exibidos por meio de uma lista e de um gráfico em forma de árvore exibidos diretamente no *Browser*, além de ser salvos em um arquivo texto. Para ilustrar como os resultados serão exibidos, foi considerado um exemplo de um aluno, nomeado “Maximus Genericus”, que cursa Ciência da Computação e está matriculado nas disciplinas Lógica de Programação e Estrutura de Dados. A Figura 4.6 ilustra como deve ser feita a exibição no *Browser*, considerando um caso fictício de verificação dos conhecimentos já adquiridos pelo

aluno, ao passo que a Figura 4.7 ilustra como deve ser o retorno feito em um gráfico de árvore para o mesmo exemplo.

STUDENT
Maximus Genericus
COURSE
Computer Science
DISCIPLINES
Programming Logic
Data Structure
MODULES
Pointers
Linked List
Basic Programming
Functions
LEARNING OBJECTS
Introduction Movie (MP4)
Exercises List 1 (Online activity)
Exercises List 2 (Online activity)
Basic Pointers (PDF)
Programming Lesson 1 (Online activity)
Programming Lesson 2 (Online activity)
Programming Lesson 3 (Online activity)

Figura 4.6: Lista de retorno dos conhecimentos já adquiridos no *Browser*.

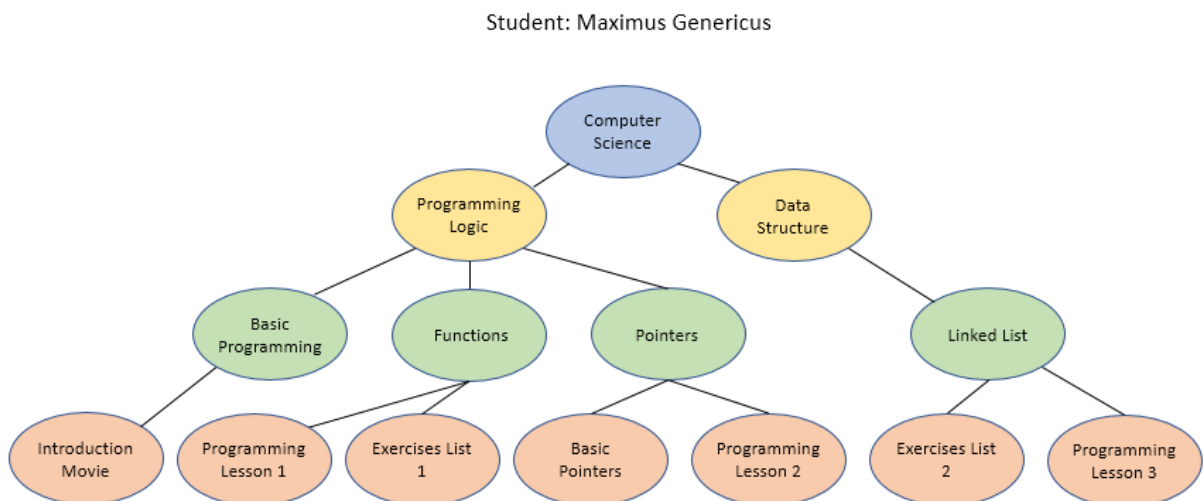


Figura 4.7: Árvore de retorno dos conhecimentos já adquiridos *Browser*.

4.5.3 Repositório Spark

O repositório proposto nesta arquitetura é implementado em Spark, que favorece a escalabilidade do sistema nos casos em que há grandes volumes de dados (ARMBRUST et al., 2015).

Ele é o componente da arquitetura que armazena as informações sobre o conhecimento, tanto o do aluno quanto o que está contido em determinada área. Nele ficam armazenados os indivíduos das ontologias que representam o conhecimento e que são comparados a fim de determinar o que é dominado pelo aluno e quais são suas lacunas de conhecimento.

O repositório de ontologias trabalha com a linguagem de consulta SparQL, que usa a descrição do que é pedido pela aplicação em forma de busca (a pesquisa passada para o serviço web, no caso do sistema de gerenciamento) e retorna a informação contida no repositório como um conjunto de ligações.

4.5.4 Ontologia

Para representar o conhecimento, foi criada uma ontologia chamada **CourseStructure**, que representa a estrutura de um curso e abrange desde as disciplinas ministradas até os objetos de aprendizagem utilizados em cada módulo da disciplina.

A ontologia é composta por seis classes:

- **Institution**, que representa a instituição na qual o curso representado é oferecido, seja ela uma universidade ou não. UNIFESP, FATEC, Coursera e edX são exemplos de indivíduos dessa classe. Uma instituição se relaciona com indivíduos da classe **Program**, isto é, com os cursos por ela oferecidos. As propriedades de tipos de dados de **Institution** são:
 - *name* - o nome da instituição;
 - *institutionAbbreviation* - a abreviação do nome;
 - *location* - a cidade onde ela fica;
 - *stateAbbreviation* - a abreviação do Estado em que a instituição se encontra.
- **Program**, que é uma área articulada de conhecimento, como por exemplo Ciência da Computação, Engenharia Mecânica, Psicologia e Biomedicina. Um programa é uma graduação oferecida em uma instituição e contém disciplinas. As propriedades de tipos de dados de **Program** são:
 - *name* - o nome do programa;
 - *area* - a área de estudo à qual o programa pertence;
 - *degree* - o nível do programa (por exemplo: médio, técnico ou superior);
 - *modality* - a modalidade do programa, isto é, se ele é presencial, à distância ou híbrido;

- *workload* - a carga horária do programa.
- **Discipline**, que representa uma disciplina que está contida em uma graduação, ou programa, como por exemplo Linguagem de Programação, Cálculo e Matemática Discreta. As disciplinas estão em um programa e têm módulos, mas elas também se relacionam com indivíduos de sua própria classe por meio do relacionamento *discipline_has_prerequisite*, que são as demais disciplinas que são prerequisites para sua realização. As propriedades de tipos de dados de **Discipline** são:
 - *name* - o nome da disciplina;
 - *objective* - o objetivo a ser alcançado com a disciplina;
 - *bibliography* - a bibliografia usada na construção da ementa da disciplina;
 - *workload* - a carga horária da disciplina.
- **Module**, que consiste nos módulos que compõem uma disciplina, como por exemplo Introdução à Programação, Derivadas, Matrizes e Ponteiros. Além de ser parte de uma disciplina e conter objetos de aprendizagem, os módulos têm um relacionamento com outros indivíduos da mesma classe, assim como a classe **Discipline**, que são os prerequisites para sua realização. As propriedades de tipos de dados de **Module** são:
 - *name* - o nome do módulo;
 - *level* - o nível de aprofundamento do módulo, que pode ser básico, intermediário ou avançado;
 - *objective* - o objetivo a ser alcançado com o módulo;
 - *workload* - a carga horária do módulo.
- **Test**, que consiste nos meios de avaliação dos módulos que compõem uma disciplina, como por exemplo prova escrita, prova oral e trabalho em grupo. A única propriedade de tipo de dado de **Test** é *testType*, que indica o tipo da avaliação, como por exemplo, prova prática, prova online ou avaliação escrita.
- **LearningObject**, que são as classes que representam o menor item da estrutura, isto é, os objetos de aprendizagem. Os objetos de aprendizagem fazem parte de módulos e podem ser vídeos, textos, imagens, atividades práticas ou listas de exercícios, entre outros, que podem ser compartilhados por mais de um módulo, disciplina, ou curso. As propriedades de tipos de dados de **LearningObject** são:
 - *name* - o nome do objeto de aprendizagem;

- *format* - o formato do objeto, como por exemplo vídeo, lista de exercício ou seminário;
- *url* - o endereço no qual o objeto pode ser encontrado em sua versão digital;
- *workload* - a carga horária estimada para dedicação ao objeto de aprendizagem.

Além das classes e das propriedades de tipos de dados, a ontologia também tem propriedades de objeto que podem ser observadas na Figura 4.8, que traz um diagrama representando as classes e os relacionamentos entre objetos da ontologia CourseStructure.

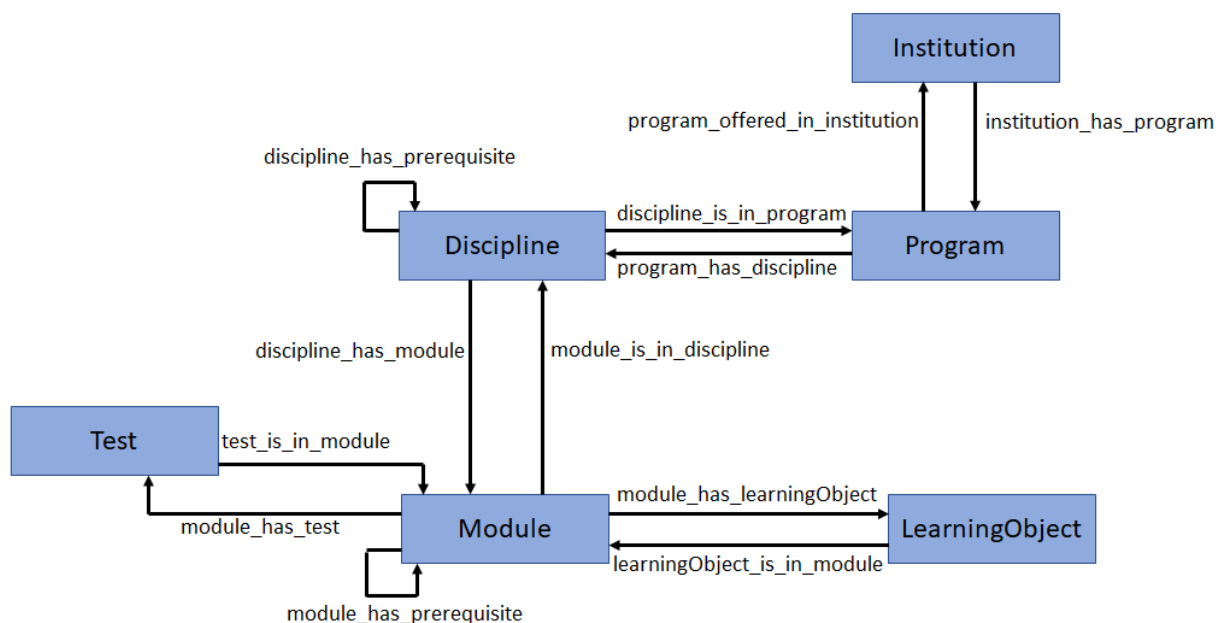


Figura 4.8: Diagrama de representação da ontologia CourseStructure.

4.5.5 Desafios de implementação da arquitetura

Um dos principais desafios para implementar a arquitetura proposta é a complexidade computacional das *queries* SparQL que, assim como grande parte dos problemas que envolvem grafos, fazem parte da classe de problemas NP-difíceis (PÉREZ; ARENAS; GUTIERREZ, 2009), isto é, ainda não foi encontrada uma solução exata para resolvê-las em tempo polinomial (CORMEN et al., 2009).

Desse modo, o tamanho das ontologias, que tendem a se tornar extensas conforme o crescimento dos cursos, das disciplinas, dos módulos e dos objetos de aprendizagem, pode tornar inviável a realização de *queries* SparQL em tempo hábil. Um desafio que envolve a arquitetura em um âmbito mais geral é a integração dela com outras plataformas de apoio já existentes, o que pode ser feito por meio de serviços web.

Outra dificuldade é a manipulação de ontologias que, embora difundida e utilizada comercialmente, não é acessível como código aberto, concentrando suas ocorrências pesquisáveis principalmente no âmbito acadêmico. Portanto, há pouca documentação específica para se manipular ontologias e arquivos OWL considerando as ferramentas de código aberto para manipulação de dados.

Para mitigar esses desafios, é necessário relacionar as estruturas dos cursos representados pelas ontologias ao conhecimento dos alunos de forma eficiente, otimizar as consultas para que elas sejam viáveis, claras e adequadas às ontologias e definir o escopo correto para a realização dessas consultas.

4.6 Considerações sobre o capítulo

A partir da necessidade de um gerenciamento inteligente do conhecimento, que seja capaz de auxiliar na construção e na proposta de caminhos de aprendizagem adequados para cada aluno, promovendo o *self-paced learning*, este capítulo apresentou uma proposta de arquitetura para um sistema de gerenciamento no qual o conhecimento é representado com base em ontologias.

A escolha de ontologias como forma de representação de conhecimento deve-se a sua capacidade de definir e estruturar os dados e informações necessários para a construção de caminhos de conhecimento, além de permitir que sejam feitas inferências. Considerando a ontologia elaborada, um exemplo de inferência seria: se o objeto de aprendizagem “Lista I” pertence ao módulo “Derivadas” e este, por sua vez, pertence à disciplina “Cálculo I”, então “Lista I” faz parte do conteúdo de “Cálculo I”.

As ferramentas escolhidas foram selecionadas devido a sua aderência às ontologias, como a linguagem OWL, o editor Protégé e a linguagem de consulta SparQL. Para a arquitetura do sistema, foram propostos quatro componentes principais, sendo eles o *browser*, ou interface com o usuário, os serviços web, o repositório de dados e a ontologia que representa a estrutura dos cursos.

Este último componente, a ontologia, foi elaborado usando a linguagem OWL no Protégé e recebeu o nome de **CourseStructure**. Ela representa o conhecimento contido em um curso ou programa de aprendizagem, abordando a estrutura que vai desde a instituição que o oferece até os objetos de aprendizagem oferecidos em cada etapa do aprendizado dos alunos.

Capítulo 5

PROVA DE CONCEITO

Este capítulo apresenta a Prova de Conceito do sistema de gerenciamento de perfis. Ela foi desenvolvida para realizar as *queries* e as inserções de dados pertinentes a quatro casos de uso descritos neste capítulo, com o objetivo de validar a ideia proposta e a manipulação da ontologia criada para representar o conhecimento. Além disso, é apresentado o ambiente computacional usado para a realização da PoC e um breve tutorial dos componentes utilizados.

5.1 Ambiente computacional da PoC

O ambiente computacional para a implementação da PoC em um computador comum, que fez o papel de cliente e servidor, foi composto essencialmente por dois elementos:

- A interface HTTP Apache Jena Fuseki em sua versão 3.13.1 para a manipulação dos dados (<http://jena.apache.org/documentation/fuseki2/>). O Fuseki é um servlet, isto é, um componente que estende as funcionalidades de um servidor web. Ele é um subprojeto da API Jena que possibilita armazenar um grafo composto por triplas RDF e oferece suporte para que sejam realizadas *queries* e atualizações, como inserções e remoções (JENA, 2014). No caso desta implementação, as triplas foram exportadas da ontologia **CourseStructure** no formato *Turtle* (do inglês Terse RDF Triple Language), que é uma sintaxe para expressar dados no modelo RDF (BECKETT et al., 2014). O Fuseki foi uma alternativa à API Jena usada na Subseção 4.5.2.1, pois ela não possui suporte para a atualização do grafo quando este está armazenado localmente.
- O servidor Apache Tomcat em sua versão 9.0.29, que é um servidor web desenvolvido em Java e funciona como um contêiner de servlets (BRITTAİN; DARWIN, 2007). O Tomcat foi utilizado como contêiner para viabilizar a execução local do Fuseki e sua documentação pode ser encontrada em (<https://tomcat.apache.org/>).

Após a devida instalação dos dois componentes citados, o Fuseki pode ser acessado localmente em um *browser* comum por meio do endereço `<http://localhost:3030/>`. A página inicial do Fuseki é ilustrada pela Figura 5.1.

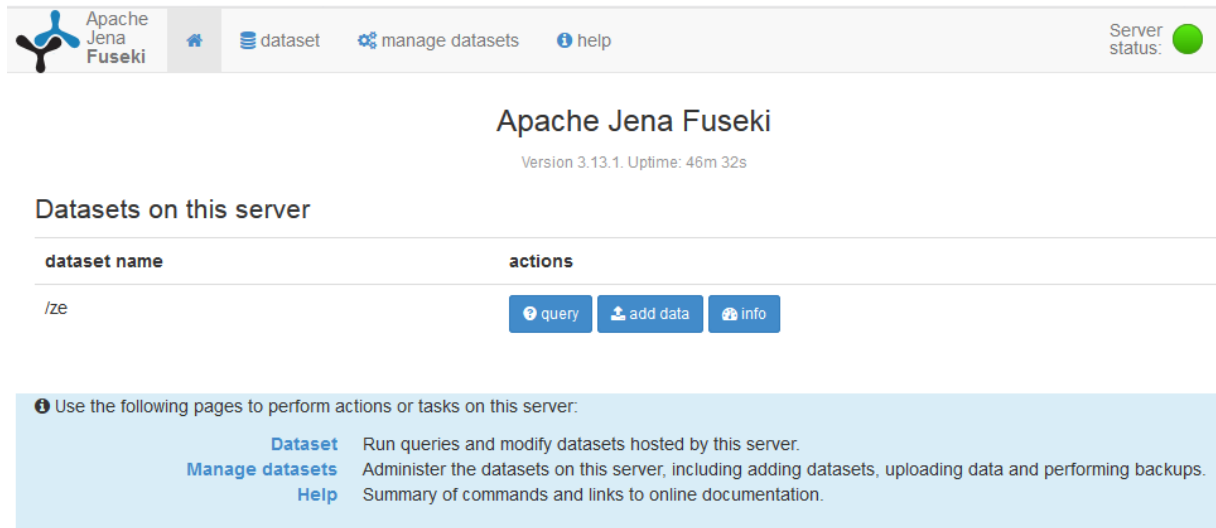


Figura 5.1: Página inicial do servidor local Fuseki.

Ao acessar o servidor, é necessário criar um novo banco de dados local na aba *manage datasets* e depois na aba *add new dataset*. Então, basta escolher um nome e selecionar uma das opções de persistência que mantêm os dados mesmo após a reinicialização, como mostrado na Figura 5.2.

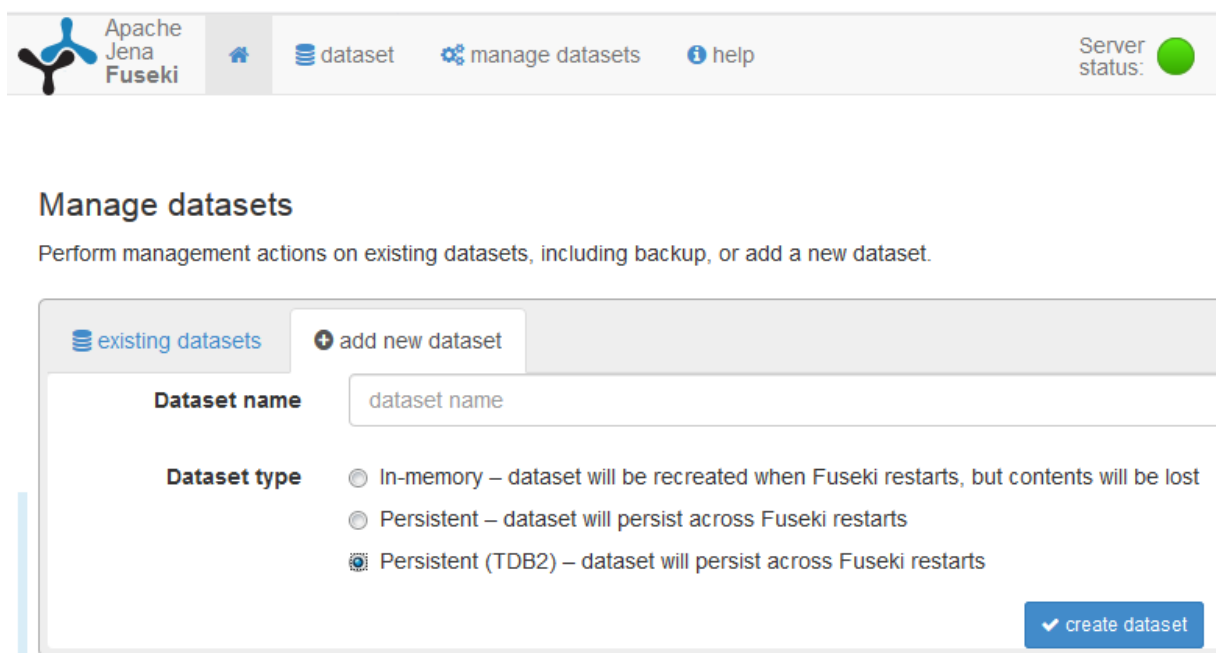


Figura 5.2: Página de inserção de banco de dados local.

Feito isso, é preciso fazer o *upload* do arquivo no formato Turtle correspondente à ontologia

escolhida para manipulação na aba *dataset* e depois na aba *upload files*. Ao clicar na aba, deve ser feita a escolha de um arquivo clicando no botão *select files* e, depois de selecionado, o arquivo pode ser colocado no servidor por meio dos botões *upload all* ou *upload now*. A Figura 5.3 ilustra a escolha do arquivo *CourseStructure_Turtle.ttl*, que é a ontologia utilizada.

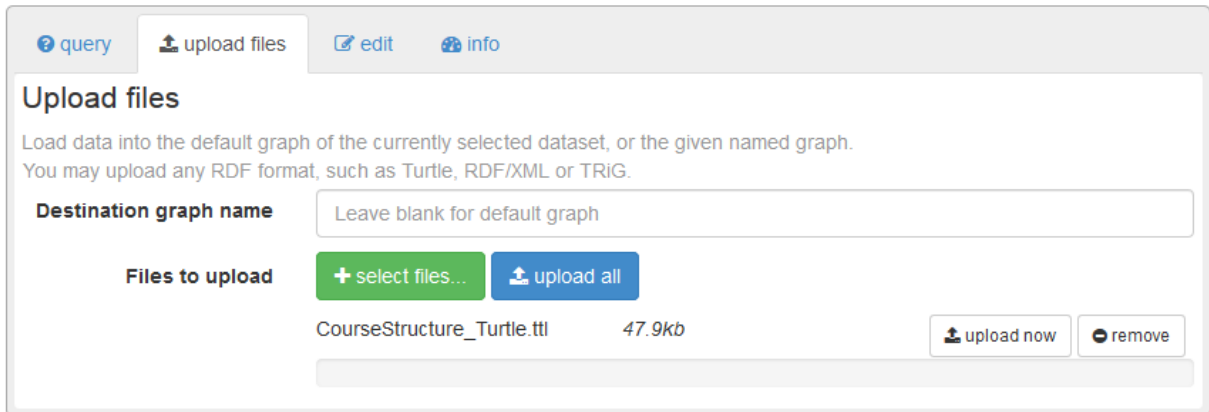


Figura 5.3: Página de *upload* de arquivo para o servidor.

Quando um arquivo que contém uma ontologia em um formato reconhecido pelo sistema é inserido, é possível visualizar e editar o código referente ao grafo por ele gerado na aba *edit*, como mostrado na Figura 5.4.

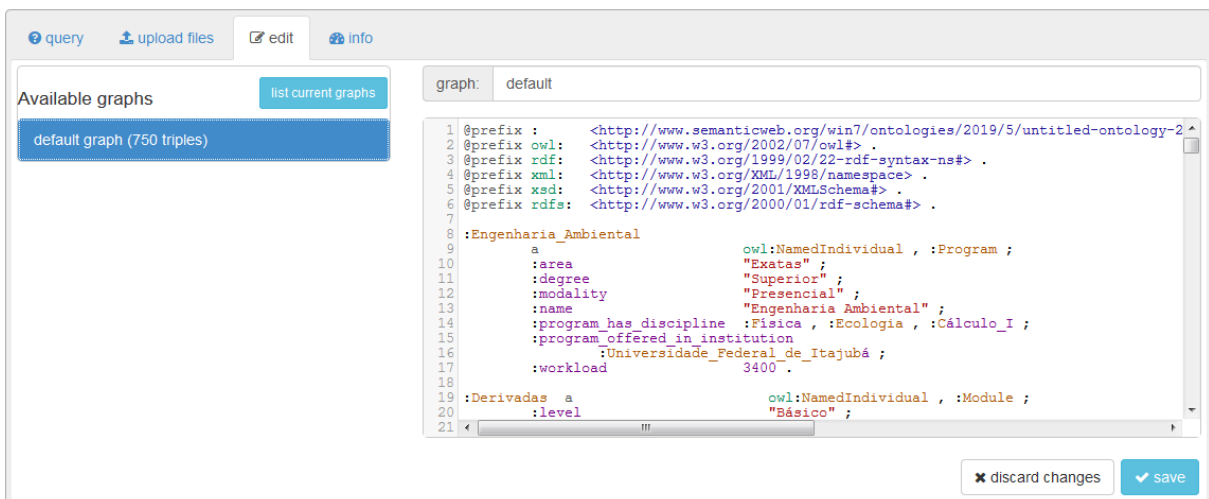


Figura 5.4: Página de visualização e edição do código referente ao grafo inserido.

Com o grafo criado, é possível executar as consultas usando a linguagem SparQL na aba *query*. Nessa página, também é possível editar o tipo de conteúdo nos campos correspondentes e determinar o tipo de comando SparQL que será executado, isto é, *query* ou *update*. Isso é definido no campo *SparQL endpoint*. A Figura 5.5 mostra a página com uma consulta genérica, com o campo *SparQL endpoint* definido para executar uma *query*. A Figura 5.6 destaca o mesmo campo definido para realizar uma atualização, ou *update*, no grafo.

The screenshot shows the 'SPARQL query' interface. At the top, there are tabs for 'query', 'upload files', 'edit', and 'info'. Below the tabs, the title 'SPARQL query' is followed by the instruction 'To try out some SPARQL queries against the selected dataset, enter your query here.' There are two buttons for 'EXAMPLE QUERIES': 'Selection of triples' and 'Selection of classes'. Below these are 'PREFIXES' buttons for 'rdf', 'rdfs', 'owl', 'xsd', and a gear icon. The 'SPARQL ENDPOINT' field contains '/ze/query'. The 'CONTENT TYPE (SELECT)' dropdown is set to 'JSON', and the 'CONTENT TYPE (GRAPH)' dropdown is set to 'Turtle'. The query editor shows a sample query:


```

1
2
3 SELECT ?subject ?predicate ?object
4 WHERE {
5   ?subject ?predicate ?object
6 }
7 LIMIT 25
  
```

 On the right side of the editor, there are icons for undo, redo, and a play button.

Figura 5.5: Página de inserção do código da *query* ou *update*.

This is a close-up of the 'SPARQL ENDPOINT' field. The text '/ze/update' is entered into the input box, which is highlighted with a blue border and a blue selection bar.

Figura 5.6: Campo que determina a finalidade do código definido como *update*.

Por fim, a Figura 5.7 apresenta a execução de uma *query* no grafo da ontologia. Após a inserção do código, a *query* é executada por meio do botão *play* mostrado no canto superior direito da figura. O resultado é exibido em forma de tabela ou de código, conforme selecionado nos botões *Table* e *Raw Response*. Neste caso, os dados resultantes da *query* são mostrados em uma tabela.

The screenshot shows the 'SPARQL query' interface with the query editor and the 'QUERY RESULTS' section. The query editor contains the following query:


```

1 PREFIX : <http://www.semanticweb.org/win7/ontologies/2019/5/untitled-ontology-2>
2 SELECT ?Objeto
3 WHERE
4 {
5   :Francisco :student_knows_learningObject ?Objeto .
6 }
  
```

 The 'QUERY RESULTS' section has tabs for 'Table' and 'Raw Response', with 'Table' selected. It shows 'Showing 1 to 2 of 2 entries'. The results are displayed in a table with the header 'Objeto' and two rows:

	Objeto
1	:Introdução_à_Lógica_Video1
2	:Limites_Lista1

 Below the table, it says 'Showing 1 to 2 of 2 entries'. There is also a search bar and a 'Show 50 entries' dropdown.

Figura 5.7: Página de inserção do código da *query* ou *update*.

5.2 Implementação da PoC

Para a criação da PoC, foi feita uma adaptação na ontologia **CourseStructure** descrita na Seção 4.5.4 para que ela abrangesse, além da estrutura de um curso e do conhecimento nele contido, os alunos cujos perfis precisam ser gerenciados. Assim, foi criada uma nova classe, **Student**, que representa os alunos e se relaciona com as seis classes originais. A Figura 5.8 apresenta um diagrama com a estrutura da ontologia adaptada.

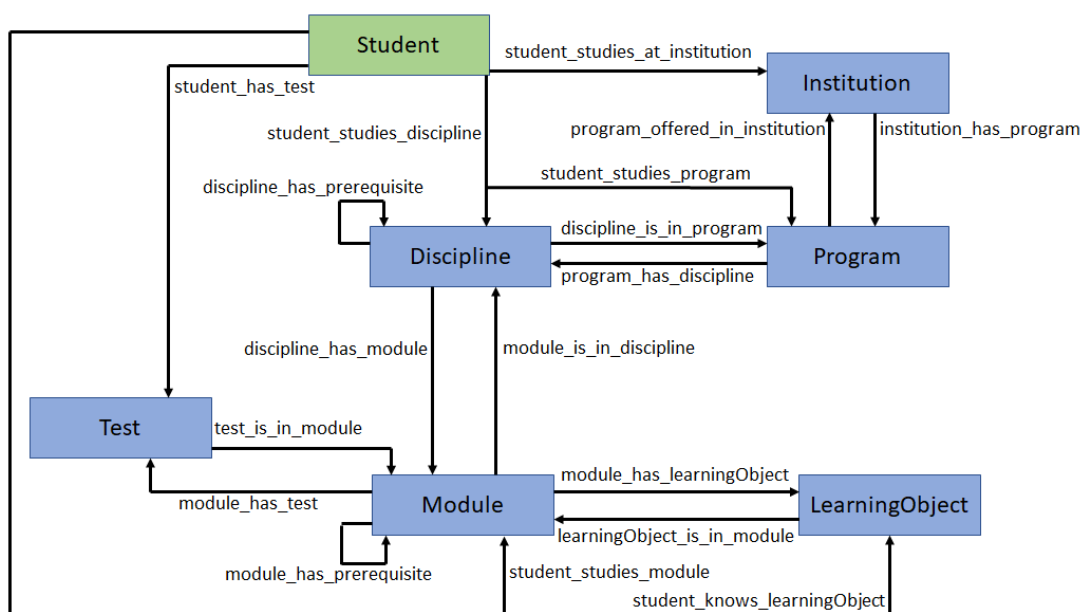


Figura 5.8: Diagrama de representação da ontologia **CourseStructure** adaptada com a classe **Student**.

Além disso, foram criados indivíduos com o objetivo de simular um ambiente real de uso da ontologia. Os indivíduos criados estão representados por meio de um grafo na Figura 5.9, desde a instituição de ensino até os objetos de aprendizagem. As arestas que ligam as instituições de ensino aos programas indicam que estes são oferecidos por aquelas, enquanto as arestas que conectam programas a disciplinas indicam que estas fazem parte da grade curricular daqueles. As demais arestas do grafo, entre disciplinas, módulos e objetos de aprendizagem, indicam uma relação de pertença, isto é, os objetos de aprendizagem pertencem aos módulos e os módulos pertencem às disciplinas. Além dos indivíduos listados na figura, também foi criado um indivíduo da classe **Test** para cada módulo. O endereço para o código OWL da ontologia já com os indivíduos pode ser visualizado no Apêndice C.

A Figura 5.10 apresenta a propriedade de objeto que expressa a relação de prerequisite entre as disciplinas, ao passo que a Figura 5.11 expressa a mesma relação entre os módulos.

Com relação aos indivíduos da classe **Student**, eles foram criados de acordo com a neces-

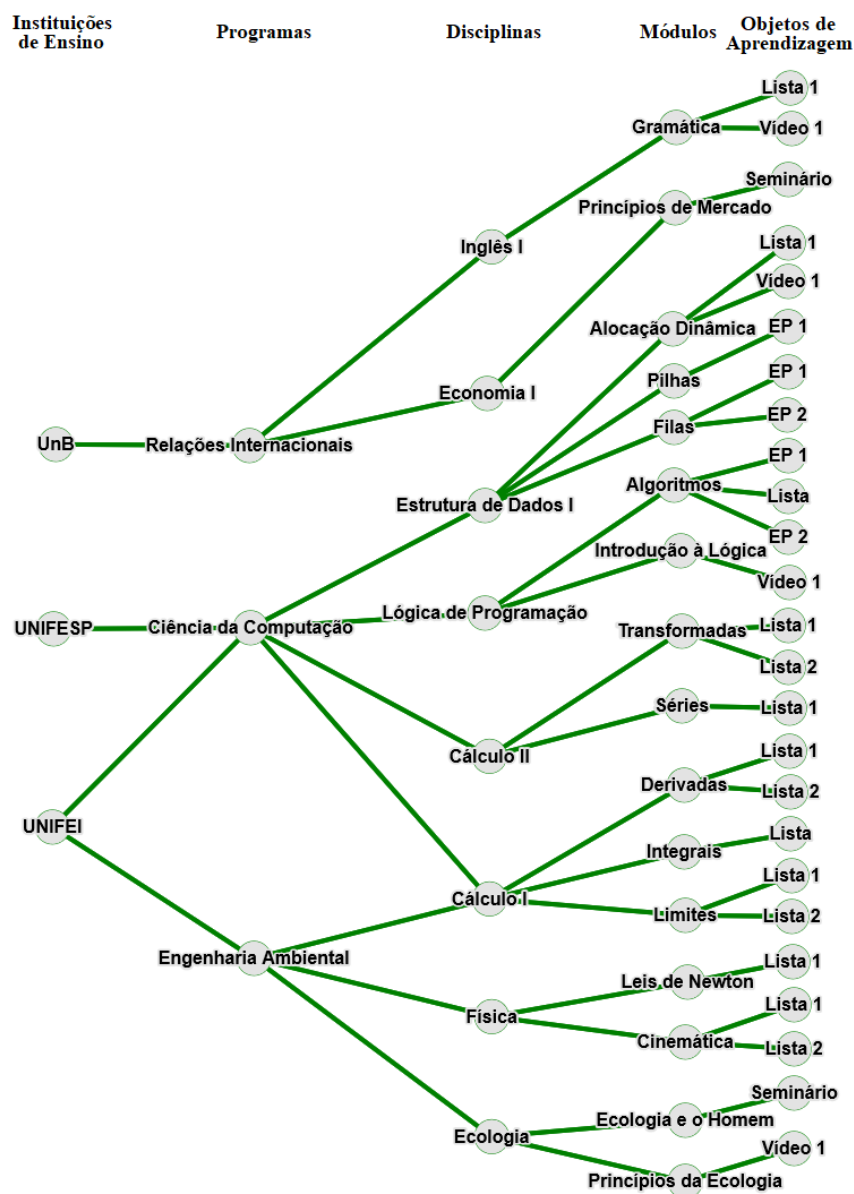


Figura 5.9: Grafo de representação dos indivíduos criados a partir da ontologia CourseStructure.

sidade dos casos de uso que serão apresentados nas seções a seguir. Um exemplo que pode ser analisado para o entendimento das estruturas de *query* e do retorno obtido com elas é o do aluno fictício Francisco.

Francisco é um aluno do programa de Ciência da Computação da Universidade Federal de São Paulo. Os dados dele podem ser visualizados por meio da *query* a seguir:

```
PREFIX : <http://www.semanticweb.org/win7/ontologies/2019/5/>
SELECT ?Predicado ?Objeto
WHERE{
    :Francisco ?Predicado ?Objeto .
}
```

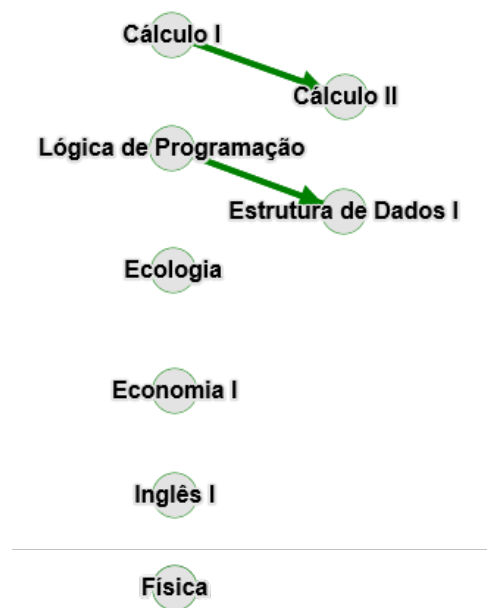


Figura 5.10: Grafo de representação das disciplinas e seus prerrequisitos. As setas representam o predicado “é prerrequisito de”.

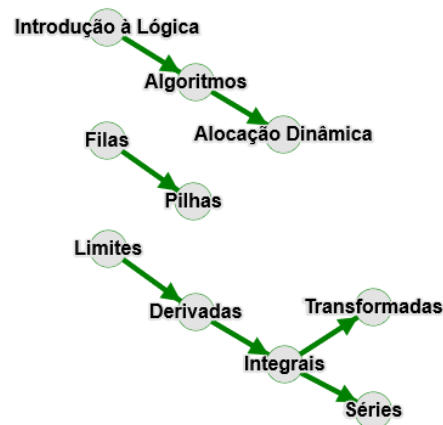


Figura 5.11: Grafo de representação dos módulos e seus prerrequisitos. As setas representam o predicado “é prerrequisito de”.

A Figura 5.12 apresenta as informações contidas nas triplas retornadas a partir da *query* acima, isto é, os dados atuais do aluno no sistema. Nesse caso, Francisco é o sujeito, a primeira coluna representa os predicados e a segunda os objetos. Segundo os dados, o sujeito é um aluno que pertence à classe **Student** (linha 8), se chama Francisco (linha 3), seu número de identificação é 111 (linha 11), ele está matriculado nas disciplinas de Lógica de Programação e Cálculo I (linhas 1 e 2), cursa Ciência da Computação na Universidade Federal de São Paulo (linhas 4 e 12), está estudando os módulos sobre Limites e Introdução à Lógica (linhas 6 e 5) e domina os objetos de aprendizagem Lista 1, sobre Limites, e Vídeo 1, sobre Introdução à Lógica (linhas 10 e 9).

	Predicado	Objeto
1	:student_studies_discipline	:Lógica_de_Programação
2	:student_studies_discipline	:Cálculo_I
3	:name	"Francisco"
4	:student_studies_program	:Ciência_da_Computação
5	:student_studies_module	:Introdução_à_Lógica
6	:student_studies_module	:Limites
7	<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>	<http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual>
8	<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>	:Student
9	:student_knows_learningObject	:Introdução_à_Lógica_Vídeo1
10	:student_knows_learningObject	:Limites_Lista1
11	:student_id	"111"^^xsd:integer
12	:student_studies_at_institution	:Universidade_Federal_de_São_Paulo

Showing 1 to 12 of 12 entries

Figura 5.12: Informações contidas nas triplas que representam os dados do Francisco.

Os mesmos dados apresentados na forma de tabela pela Figura 5.12 podem ser vistos na forma de triplas RDF, como explicado na Seção 4.2, da seguinte maneira:

```
@prefix :      <http://www.semanticweb.org/win7/ontologies/2019/5/> .
@prefix owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#> .

:Francisco a owl:NamedIndividual , :Student ;
    :name "Francisco" ;
    :student_id 111 ;
    :student_knows_learningObject :Introducao_a_Logica_Video1 ,
        :Limites_Lista1 ;
    :student_studies_at_institution :Universidade_Federal_de_Sao_Paulo ;
    :student_studies_discipline :Logica_de_Programacao ,
        :Calculo_I ;
    :student_studies_module :Introducao_a_Logica ,
        :Limites ;
    :student_studies_program :Ciencia_da_Computacao .
```

5.3 Caso de uso 1: atualização do sistema

O primeiro caso de uso abordado envolve a atualização do sistema quando um aluno completa uma disciplina, um módulo ou um objeto de aprendizagem, de modo que em seu perfil conste a nova competência adquirida. Para ilustrar essa situação, foram utilizados os dados do mesmo aluno tomado como exemplo na Seção 5, o Francisco, e a atualização é referente aos

módulos e objetos de aprendizagem da disciplina de *Cálculo I*.

O módulo sobre *Limites* contém duas listas de exercícios como objetos de aprendizagem: *Lista 1* e *Lista 2*. Inicialmente, Francisco tinha concluído apenas a *Lista 1*. No decorrer do curso, Francisco concluiu a *Lista 2* e conseguiu realizar a avaliação do módulo, estando apto a iniciar o módulo sobre *Derivadas*, que tem *Limites* como prerequisite. Para fazer essa atualização, foi utilizada a seguinte *query*:

```
PREFIX : <http://www.semanticweb.org/win7/ontologies/2019/5/>

INSERT DATA {
    :Francisco :student_knows_learningObject :Limites_Lista2.
    :Francisco :student_has_test :Limites_Teste.
    :Francisco :student_studies_module :Derivadas.
} ;
```

O comando **INSERT DATA** faz a inserção de três triplas no grafo: a primeira indicando que Francisco já concluiu a *Lista 2*; a segunda corresponde à avaliação do módulo sobre *Limites*; e a terceira indica que ele iniciou o módulo sobre *Derivadas*. Com essa atualização, ao executar a *query* para obter os dados de Francisco, são obtidos os dados apresentados na Figura 5.13, que exhibe as atualizações nas linhas 5, 6 e 13.

	Predicado	Objeto
1	:student_studies_discipline	:Lógica_de_Programação
2	:student_studies_discipline	:Cálculo_I
3	:name	"Francisco"
4	:student_studies_program	:Ciência_da_Computação
5	:student_has_test	:Limites_Teste
6	:student_studies_module	:Derivadas
7	:student_studies_module	:Introdução_à_Lógica
8	:student_studies_module	:Limites
9	<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>	<http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual>
10	<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>	:Student
11	:student_knows_learningObject	:Introdução_à_Lógica_Vídeo1
12	:student_knows_learningObject	:Limites_Lista1
13	:student_knows_learningObject	:Limites_Lista2
14	:student_id	"111"^^xsd:integer
15	:student_studies_at_institution	:Universidade_Federal_de_São_Paulo

Showing 1 to 15 of 15 entries

Figura 5.13: Informações contidas nas triplas que representam os dados do Francisco atualizados.

5.4 Caso de uso 2: verificação dos conhecimentos adquiridos

O segundo caso de uso consiste em uma consulta ao sistema para verificar quais são as disciplinas estudadas e os objetos de aprendizagem e módulos dominados por um aluno.

Para ilustrar essa situação, foram utilizados os dados de um aluno fictício chamado Raul. Para visualizar os dados que dizem respeito a ele, foi utilizada a *query* abaixo:

```
PREFIX : <http://www.semanticweb.org/win7/ontologies/2019/5/>
SELECT ?Predicado ?Objeto
WHERE{
    :Raul ?Predicado ?Objeto .
}
```

Predicado	Objeto
1 :student_studies_discipline	:Cálculo_II
2 :student_studies_discipline	:Cálculo_I
3 :name	"Raul"
4 :student_studies_program	:Ciência_da_Computação
5 :student_has_test	:Séries_Testes
6 :student_has_test	:Derivadas_Testes
7 :student_has_test	:Limites_Testes
8 :student_has_test	:Integrais_Testes
9 :student_studies_module	:Derivadas
10 :student_studies_module	:Limites
11 :student_studies_module	:Séries
12 :student_studies_module	:Integrais
13 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>	<http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual>
14 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>	:Student
15 :student_knows_learningObject	:Séries_Lista1
16 :student_knows_learningObject	:Integrais_Lista
17 :student_knows_learningObject	:Limites_Lista1
18 :student_knows_learningObject	:Limites_Lista2
19 :student_knows_learningObject	:Derivadas_Lista2
20 :student_knows_learningObject	:Derivadas_Lista1
21 :student_id	"050"^^xsd:integer
22 :student_studies_at_institution	:Universidade_Federal_de_São_Paulo

Showing 1 to 22 of 22 entries

Figura 5.14: Informações contidas nas triplas que representam os dados do Raul.

A Figura 5.14 apresenta as triplas retornadas a partir da *query* acima, isto é, os dados de Raul no sistema. Contudo, há mais informações do que as necessárias para o contexto deste caso de uso, que busca apenas as disciplinas estudadas e os objetos de aprendizagem e módulos que o aluno já domina. Assim, foi elaborada uma *query* para retornar apenas os dados interessantes

para o contexto:

```
PREFIX : <http://www.semanticweb.org/win7/ontologies/2019/5/>
SELECT ?Disciplina ?Modulo ?Objeto_de_Aprendizagem
WHERE{
    {
        :Raul :student_studies_discipline ?Disciplina .
    }UNION{
        :Raul :student_studies_module ?Modulo .
    }UNION{
        :Raul :student_knows_learningObject ?Objeto_de_Aprendizagem .
    }
}
```

	Disciplina	Modulo	Objeto_de_Aprendizagem
1	:Cálculo_II		
2	:Cálculo_I		
3		:Derivadas	
4		:Limites	
5		:Séries	
6		:Integrais	
7			:Séries_Lista1
8			:Integrais_Lista
9			:Limites_Lista1
10			:Limites_Lista2
11			:Derivadas_Lista2
12			:Derivadas_Lista1

Showing 1 to 12 of 12 entries

Figura 5.15: Informações contidas nas triplas que representam as disciplinas, os módulos e os objetos de aprendizagem que constam no perfil do Raul.

Desta vez, foram retornadas apenas as informações pertinentes ao caso de uso, como ilustrado na Figura 5.15. O comando **UNION** utilizado na pesquisa possibilita a visualização concomitante das três informações desejadas, representadas pelas variáveis “Disciplina”, “Modulo” e “Objeto_de_Aprendizagem” listadas no comando **SELECT**, pois ele faz a concatenação de consultas diferentes que retornam triplas diferentes. Neste caso específico, o sujeito, Raul, é o mesmo em todas as *subqueries*, o que muda são o predicado e o objeto para fazer a correspondência com as informações desejadas. As três consultas, caso feitas individualmente, retornariam as disciplinas, os módulos e os objetos de aprendizagem exibidos nas Figuras 5.16, 5.17 e 5.18, respectivamente.

Disciplina	
1	:Cálculo_II
2	:Cálculo_I
Showing 1 to 2 of 2 entries	

Figura 5.16: Informações contidas nas triplas que representam as disciplinas que constam no perfil do Raul.

Modulo	
1	:Derivadas
2	:Limites
3	:Séries
4	:Integrais
Showing 1 to 4 of 4 entries	

Figura 5.17: Informações contidas nas triplas que representam os módulos que constam no perfil do Raul.

Objeto_de_Aprendizagem	
1	:Séries_Lista1
2	:Integrais_Lista
3	:Limites_Lista1
4	:Limites_Lista2
5	:Derivadas_Lista2
6	:Derivadas_Lista1
Showing 1 to 6 of 6 entries	

Figura 5.18: Informações contidas nas triplas que representam os objetos de aprendizagem que constam no perfil do Raul.

Uma outra opção de *query* é relacionar as disciplinas, os módulos e os objetos de aprendizagem que constam no perfil de um aluno. Usando novamente o Raul como exemplo, a *query* seria:

```

PREFIX : <http://www.semanticweb.org/win7/ontologies/2019/5/>
SELECT ?Disciplina ?Modulo ?Objeto_de_Aprendizagem
WHERE{
    :Raul :student_knows_learningObject ?Objeto_de_Aprendizagem .
    ?Objeto_de_Aprendizagem :learningObject_is_in_module ?Modulo .
    ?Modulo :module_is_in_discipline ?Disciplina .
}

```

A Figura 5.19 exibe o resultado que relaciona as disciplinas, os módulos e os objetos de aprendizagem que constam no perfil do Raul.

	Disciplina	Modulo	Objeto_de_Aprendizagem
1	:Cálculo_I	:Integrais	:Integrais_Lista
2	:Cálculo_I	:Limites	:Limites_Lista1
3	:Cálculo_I	:Limites	:Limites_Lista2
4	:Cálculo_I	:Derivadas	:Derivadas_Lista2
5	:Cálculo_I	:Derivadas	:Derivadas_Lista1
6	:Cálculo_II	:Séries	:Séries_Lista1

Showing 1 to 6 of 6 entries

Figura 5.19: Informações contidas nas triplas que representam a relação entre disciplinas, módulos e objetos de aprendizagem que constam no perfil do Raul.

Além disso, é possível fazer essa relação para uma disciplina ou módulo específicos. Tomando como exemplo a disciplina de *Cálculo I* e ainda considerando o Raul, a *query* é:

```

PREFIX : <http://www.semanticweb.org/win7/ontologies/2019/5/>
SELECT ?Modulo ?Objeto_de_Aprendizagem
WHERE{
    :Raul :student_knows_learningObject ?Objeto_de_Aprendizagem .
    ?Objeto_de_Aprendizagem :learningObject_is_in_module ?Modulo .
    ?Modulo :module_is_in_discipline :Calculo_I .
}

```

A Figura 5.20 exibe o resultado que relaciona os módulos e os objetos de aprendizagem que constam no perfil do Raul para a disciplina de *Cálculo I*.

	Modulo	Objeto_de_Aprendizagem
1	:Derivadas	:Derivadas_Lista2
2	:Derivadas	:Derivadas_Lista1
3	:Integrais	:Integrais_Lista
4	:Limites	:Limites_Lista1
5	:Limites	:Limites_Lista2

Showing 1 to 5 of 5 entries

Figura 5.20: Informações contidas nas triplas que representam a relação entre os módulos e os objetos de aprendizagem referentes à disciplina de *Cálculo I* que constam no perfil do Raul.

5.5 Caso de uso 3: verificação dos conhecimentos que não foram cobertos

O terceiro caso de uso tem objetivo semelhante ao segundo, porém em sentido oposto, isto é, o aluno faz uma consulta ao sistema para listar o que ele ainda não aprendeu, considerando um determinado curso ou disciplina.

Para ilustrar esse cenário, foram utilizados novamente os dados do aluno tomado como exemplo na Seção 5.2, o Francisco. A verificação foi feita considerando o programa de Ciência da Computação, no qual Francisco está matriculado. A fim de melhor visualizar o contexto do caso de uso, a *query* abaixo pode ser usada para a obtenção das disciplinas contidas no programa:

```
PREFIX : <http://www.semanticweb.org/win7/ontologies/2019/5/>
SELECT ?Disciplinas_Comp
WHERE{
    :Ciencia_da_Computacao :program_has_discipline ?Disciplinas_Comp .
}
```

A Figura 5.21 apresenta todas as disciplinas contidas no programa de Ciência da Computação fictício usado para ilustrar o caso. Agora, pode-se fazer o mesmo para a obtenção das disciplinas que constam no perfil do Francisco:

```
PREFIX : <http://www.semanticweb.org/win7/ontologies/2019/5/>
SELECT ?Disciplinas_Francisco
WHERE{
    :Francisco :student_studies_discipline ?Disciplinas_Francisco .
}
```

A Figura 5.22 apresenta todas as disciplinas cursadas por Francisco. Assim, é possível fazer uma *query* que retorne todas as disciplinas do programa de Ciência de Computação que Francisco ainda não cursou, isto é, as disciplinas sobre as quais ele ainda não tem conhecimento:

```
PREFIX : <http://www.semanticweb.org/win7/ontologies/2019/5/>
SELECT ?Disciplinas_Faltantes
WHERE{
    {
        :Ciencia_da_Computacao :program_has_discipline ?Disciplinas_Faltantes .
    }MINUS{
        :Francisco :student_studies_discipline ?Disciplinas_Faltantes .
    }
}
```

Disciplinas_Comp	
1	:Banco_de_Dados
2	:Compiladores
3	:Cálculo_I
4	:Cálculo_II
5	:Cálculo_Numérico
6	:Engenharia_de_Software
7	:Estrutura_de_Dados_I
8	:Estrutura_de_Dados_II
9	:Grafos
10	:Lógica_de_Programação
11	:Probabilidade_e_Estatística
12	:Programação_Orientada_a_Objeto
13	:Sistemas_Distribuídos
14	:Sistemas_Embarcados
15	:Sistemas_Móveis
16	:Sistemas_Operacionais
Showing 1 to 16 of 16 entries	

Figura 5.21: Informações contidas nas triplas que representam as disciplinas do programa de Ciência da Computação.

A *query* descreve dois padrões de triplas no comando **WHERE** em duas linhas, uma que retorna as disciplinas do programa de Ciência da Computação e outra que retorna as disciplinas cursadas por Francisco, e usa o comando **MINUS** para listar, como retorno para a *query*, os resultados obtidos a partir da primeira linha excluindo os resultados da segunda (como em uma operação matemática de subtração). A Figura 5.23 apresenta todas as disciplinas do Programa de Ciência da Computação que ainda não foram estudadas por Francisco e, portanto, não constam no perfil dele. A mesma lógica pode ser utilizada para fazer, por exemplo, o levantamento dos módulos de uma disciplina que ainda faltam ser estudados, ou listar os objetos de aprendizagem de um módulo que ainda não foram dominados.

Disciplinas_Francisco	
1	:Lógica_de_Programação
2	:Cálculo_I
Showing 1 to 2 of 2 entries	

Figura 5.22: Informações contidas nas triplas que representam as disciplinas cursadas por Francisco.

5.6 Caso de uso 4: levantamento do que é mais estudado

O quarto caso de uso consiste em uma consulta para levantar um mapa geral de disciplinas, módulos ou objetos de aprendizagem, indicando quais são os mais estudados e dominados.

Para ilustrar esse caso, foi considerada uma turma de trinta alunos fictícios da disciplina de Cálculo I. Os alunos foram inseridos arbitrariamente para que o caso de uso fosse demonstrado e o código com a inserção pode ser visualizado no Apêndice D. Feitas as inserções, a *query* para visualizar os objetos de aprendizagem mais estudados pela turma é:

```
PREFIX : <http://www.semanticweb.org/win7/ontologies/2019/5/>
SELECT ?Objeto_de_Aprendizagem
      (COUNT(*) AS ?Quantidade_de_alunos_que_dominam)
WHERE{
    ?alunos :student_studies_discipline :Calculo_I .
    :Calculo_I :discipline_has_module ?modulo .
    ?modulo :module_has_learningObject ?Objeto_de_Aprendizagem .
    ?alunos :student_knows_learningObject ?Objeto_de_Aprendizagem .
}
GROUP BY ?Objeto_de_Aprendizagem ORDER BY DESC(COUNT(*))
```

A cláusula **WHERE** da *query* usa quatro linhas:

- a primeira busca alunos que estudam a disciplina de Cálculo I;
- a segunda busca os módulos existentes na disciplina de Cálculo I;
- a terceira busca os objetos de aprendizagem contidos nos módulos de Cálculo I;
- e a quarta relaciona os alunos da primeira linha com os objetos de aprendizagem da terceira linha.

O comando **COUNT** faz a contagem da variável que representa o número de alunos que

Disciplinas_Faltantes	
1	:Sistemas_Móveis
2	:Grafos
3	:Engenharia_de_Software
4	:Estrutura_de_Dados_I
5	:Sistemas_Embarcados
6	:Sistemas_Distribuídos
7	:Compiladores
8	:Probabilidade_e_Estatística
9	:Banco_de_Dados
10	:Cálculo_Numérico
11	:Estrutura_de_Dados_II
12	:Cálculo_II
13	:Sistemas_Operacionais
14	:Programação_Orientada_a_Objeto

Showing 1 to 14 of 14 entries

Figura 5.23: Informações contidas nas triplas que representam as disciplinas do programa de Ciência de Computação que Francisco ainda não cursou.

estudam os objetos de aprendizagem, enquanto o comando **GROUP BY**, da última linha da *query*, associado ao comando **ORDER BY DESC** faz o agrupamento dos resultados em ordem decrescente segundo a contagem feita. A Figura 5.24 apresenta o resultado da *query*, isto é, a quantidade de alunos que estudou cada um dos objetos de aprendizagem da disciplina de Cálculo I. Vale lembrar que, segundo a ontologia proposta, um aluno não necessariamente precisa estudar todos os objetos de aprendizagem de um módulo para dominá-lo e poder seguir adiante com o conteúdo. O domínio de um módulo, para fins de prerequisite, é indicado pelo teste do mesmo, que é um indivíduo da classe **Test**.

5.7 Considerações sobre o capítulo

Este capítulo apresentou a PoC com o objetivo de validar as *queries* realizadas na ontologia elaborada a partir de quatro casos de uso que utilizam *queries* e atualizações na linguagem SparQL.

	Objeto_de_Aprendizagem	⊗	Quantidade_de_alunos_que_dominam
1	:Limites_Lista1		"15" ^{AA} xsd:integer
2	:Derivadas_Lista1		"11" ^{AA} xsd:integer
3	:Derivadas_Lista2		"10" ^{AA} xsd:integer
4	:Limites_Lista2		"8" ^{AA} xsd:integer
5	:Integrais_Lista		"7" ^{AA} xsd:integer

Showing 1 to 5 of 5 entries

Figura 5.24: Informações contidas nas triplas que representam os objetos de aprendizagem mais estudados na disciplina de Cálculo I em uma turma de 30 alunos.

Para a implementação dos casos de uso, a ontologia *CourseStructure* foi adaptada para conter, além dos conhecimentos dos programas de aprendizagem, os perfis dos alunos e os conhecimentos por eles adquiridos. Além disso, foi utilizado um ambiente computacional com o servidor Apache Tomcat e o servlet Apache Jena Fuseki para a execução local das *queries*.

Os casos de uso abordaram operações que cobrem a atualização dos perfis dos alunos, a verificação de aquisição e lacuna de conhecimentos e o levantamento dos conteúdos mais estudados. Esses contextos servem como base para uma eventual implementação de casos mais específicos e contêm os comandos SparQL essenciais para viabilizá-los.

Capítulo 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crise mundial deflagrada no início de 2020 com o vírus SARS-CoV-2, que obrigou a população a praticar o isolamento social em uma quarentena global para conter a pandemia, evidenciou a importância da tecnologia na educação e do conceito de *self-paced learning* para que o processo de aprendizagem se dê mesmo em situações nas quais a presença física nos ambientes acadêmicos não é possível. No Brasil, o próprio Ministério da Educação autorizou em caráter excepcional, por meio da Portaria nº 343, de 17 de março de 2020 e publicada no Diário Oficial da União do dia 18 de março de 2020 (<http://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-343-de-17-de-marco-de-2020-248564376>), a substituição das disciplinas presenciais por aulas que utilizem meios e tecnologias de informação e comunicação.

Atualmente, há diversas plataformas que abordam e promovem os conceitos de *e-learning* e *self-paced learning*, como a *Khan Academy* (KHAN ACADEMY, 2018), a *Codecademy* (CODECADEMY, 2019), a *Code.org* (CODE.ORG, 2019) e o *Scratch* (SCRATCH, 2019). Estas ferramentas têm como objetivo possibilitar a aprendizagem gratuita e de qualidade para o maior número possível de pessoas. Há ainda outras como o edX e o Coursera, que são exemplos de MOOC que oferecem cursos gratuitos nas mais diversas áreas do conhecimento. Todas essas plataformas já são uma realidade e estão cada vez mais consolidadas no mundo todo, porém não há nenhuma integração entre elas. O modo como se dá a aprendizagem está em constante mudança, principalmente com a velocidade dos avanços tecnológicos, e é importante que o Ensino Superior acompanhe esse processo (SELINGO, 2013).

Analisar e utilizar ferramentas e métodos já existentes, mesmo que estes tenham uma abrangência maior do que a proposta neste projeto, é fundamental para que as novas tecnologias sejam incorporadas de forma eficiente à metodologia de ensino praticada, possibilitando uma transição ordenada e positiva entre o modelo de ensino clássico e o que se espera com os avanços tecnológicos.

Assim, a partir da análise e da comparação entre as metodologias já empregadas (MORAIS;

CONCEIÇÃO, 2018), foi possível identificar quais são os pontos positivos e as dificuldades e desafios da promoção do *self-paced learning* por meio do *e-learning*. O fator positivo mais observado nesse contexto foi a flexibilidade no processo de aprendizagem, ao passo que o principal desafio levantado foi a falta de interação observada nos modelos existentes. Também foi possível constatar que existem diversas plataformas *e-learning*, mas que a gestão do conhecimento e a indicação de caminhos de aprendizagem personalizados ainda são pouco exploradas.

Essa análise propiciou também, vide Capítulo 3, uma contextualização sobre a atual utilização do *self-paced learning* no Ensino Superior e uma projeção do cenário ideal no qual o processo de aprendizagem se dá de forma personalizada e eficiente.

A forma *ad hoc* como o conhecimento é tratado atualmente, com a escassez de ferramentas adequadas para avaliar o conhecimento já adquirido e escolher um objeto de aprendizagem adequado para o nível de conhecimento do aluno, levou à elaboração da arquitetura do sistema proposta no Capítulo 4, cujo objetivo é apoiar o aprendizado no contexto do Ensino Superior, viabilizando a construção de caminhos de aprendizagem por meio de ontologias e da representação do conhecimento. Com isso, espera-se contribuir com o processo de aprendizagem a partir do conceito de *self-paced learning*, priorizando o aluno e seus interesses e dificuldades.

Um dos principais desafios futuros deste trabalho está relacionado à complexidade computacional das *queries*, já que algumas das buscas em grafos são um problema NP-difícil (PÉREZ; ARENAS; GUTIERREZ, 2009). Assim, é necessário otimizar não só as *queries*, mas também as estruturas de dados que representam os perfis dos alunos. Esse ponto leva à segunda questão relacionada à complexidade computacional: a escalabilidade do sistema. Conforme o volume de dados cresce, a ontologia aumenta e o grafo que a representa se torna cada vez maior e mais complexo. A solução para esta questão passa pelo uso da ferramenta Spark, que tem a escalabilidade como uma de suas principais características (ARMBRUST et al., 2015). Outro aspecto importante a ser trabalhado é a segurança do sistema, visto que os dados dos alunos são sensíveis e, portanto, deve haver confidencialidade em seu tratamento.

Como trabalho futuro, uma das questões que devem ser abordadas é o desvanecimento do conhecimento, isto é, o fato de que um conteúdo há muito estudado pode ser esquecido pelos alunos. Portanto, é importante criar e incorporar ao sistema um mecanismo de revisão dos conteúdos, em especial aqueles que não têm relação alguma com os conteúdos recentes visitados pelos alunos.

A partir deste trabalho espera-se, ainda, abrir portas para que o conceito de *self-paced learning* seja cada vez mais conhecido e aplicado no processo de aprendizagem. No futuro, espera-se implementar o sistema de gerenciamento em uma versão completa a partir da arqui-

tetura proposta, estender seu uso para outros contextos além do Ensino Superior e inseri-lo de forma consistente na rotina dos alunos. Outra possibilidade para desenvolvimento posterior é a parceria e a integração efetiva com as plataformas já existentes, o que consequentemente aumentaria o alcance e a utilidade do sistema.

Assim, a perspectiva é que, um dia, existirá um sistema de gestão de conhecimento que apoie a aprendizagem de maneira integral, mantendo uma visão mais clara sobre os conhecimentos obtidos e a serem adquiridos, e integre todas as plataformas e instituições em todos os níveis de ensino. A arquitetura desse sistema deverá atender aos requisitos propostos e analisados neste trabalho.

Por fim, fica o convite para que o leitor imagine como seria a realidade educacional se sistemas de gestão do conhecimento existissem nos moldes propostos por esta dissertação e fossem aplicados de maneira integrada.

REFERÊNCIAS

- ALENEZI, A. M.; SHAHI, K. K. Interactive e-learning through second life with blackboard technology. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 176, p. 891 – 897, 2015. ISSN 1877-0428. International Educational Technology Conference, IETC 2014, 3-5 September 2014, Chicago, IL, USA. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042815005923>.
- ALMAHASHEER, M. B. A study of faculty motivation to develop and deliver a basic blended e-course in community college at the University of Dammam, Saudi Arabia. In: IEEE. *SAI Computing Conference (SAI)*, 2016. [S.l.], 2016. p. 788–795.
- ANITHA, A.; KRISHNAN, N. A web usage mining based recommendation model for learning management systems. In: IEEE. *2010 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research*. [S.l.], 2010. p. 1–4.
- APACHE. *Apache Spark*. 2019. <https://spark.apache.org/>. Último acesso em: 22/07/2019.
- APACHE. *Tutorial Apache Jena*. 2019. <https://jena.apache.org/tutorials/sparql-pt.html>. Último acesso em: 22/07/2019.
- ARMBRUST, M. et al. Spark sql: Relational data processing in spark. In: *Proceedings of the 2015 ACM SIGMOD international conference on management of data*. [S.l.: s.n.], 2015. p. 1383–1394.
- BAE, E. et al. Framework to improve delivery methods in higher education through online learning. In: IEEE. *Engineering Education (ICEED)*, 2015 IEEE 7th International Conference on. [S.l.], 2015. p. 130–134.
- BECKETT, D. et al. Rdf 1.1 turtle. *World Wide Web Consortium*, 2014.
- BERGMANN, J.; SAMS, A. *Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day*. International Society for Tech in Ed., 2012. ISBN 9781564845603. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=-YOZCgAAQBAJ>.
- BOUIHI, B.; BAHAI, M. An ontology-based architecture for context recommendation system in e-learning and mobile-learning applications. In: IEEE. *2017 International Conference on Electrical and Information Technologies (ICEIT)*. [S.l.], 2017. p. 1–6.
- BRALIĆ, A.; DIVJAK, B. Integrating MOOCs in traditionally taught courses: achieving learning outcomes with blended learning. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, v. 15, n. 1, p. 2, Feb 2018. ISSN 2365-9440. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s41239-017-0085-7>.

- BRASIL. *Censo da Educação Superior 2018: notas estatísticas*. 2019. (inep.gov.br/educacao_superior/censo_superior/documentos/2019/censo_da_educacao_superior_2018-notas_estatisticas.pdf). Último acesso em: 02/01/2019.
- BRASIL. *Portaria Nº 2.117, de 06 de dezembro de 2019*. 2019. (<http://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-2.117-de-6-de-dezembro-de-2019-232670913>). Último acesso em: 11/02/2019.
- BRITTAİN, J.; DARWIN, I. F. *Tomcat: The Definitive Guide*. [S.l.]: O'Reilly Media, Inc., 2007.
- CHANDLER, D. L. *Study: Online classes really do work*. 2014. (<http://news.mit.edu/2014/study-shows-online-courses-effective-0924>). Último acesso em: 11/10/2017.
- CHELLATAMILAN, T. et al. Effect of mining educational data to improve adaptation of learning in e-learning system. IET, 2011.
- CHENG, B.; ZHANG, Y.; SHI, D. Ontology-based personalized learning path recommendation for course learning. p. 531–535, 2018.
- CHISM, N. V. N. *Peer Review of Teaching. A Sourcebook*. [S.l.]: ERIC, 1999.
- CLARK, R. C.; MAYER, R. E. *E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2016.
- CODECADEMY. *Codecademy, About Us*. 2019. (<https://www.codecademy.com/about>). Último acesso em: 14/03/2020.
- CODE.ORG. *Code.org, About Us*. 2019. (<https://code.org/about>). Último acesso em: 14/03/2020.
- CORMEN, T. H. et al. *Introduction to algorithms*. [S.l.]: MIT press, 2009.
- COURSERA. *Coursera, About Us*. 2018. (<https://about.coursera.org/>). Último acesso em: 10/05/2018.
- CUNNINGHAM, M. Technology-enhanced learning in Kenya universities: Influences on wider adoption and take up. *IEEE Technology and Society Magazine*, IEEE, v. 35, n. 3, p. 28–35, 2016.
- DEBNATH, B. et al. Learning and evaluation of blended learning approach for ICT undergraduate students. In: IEEE. *Electrical Engineering and Information & Communication Technology (ICEEICT), 2014 International Conference on*. [S.l.], 2014. p. 1–6.
- DORÇA, F.; RESENDE, D. Recomendação de conteúdo personalizada com base em estilos de aprendizagem: uma abordagem prática. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 23, p. 12, 12 2015.
- DORÇA, F. A. et al. An approach for automatic and dynamic analysis of learning objects repositories through ontologies and data mining techniques for supporting personalized recommendation of content in adaptive and intelligent educational systems. In: IEEE. *2017 IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*. [S.l.], 2017. p. 514–516.

- DUART, J. M.; GIL, M. *La universidad en la sociedad red: usos de Internet en educación superior*. [S.l.]: Grupo Planeta (GBS), 2008.
- DUCHARME, B. *Learning SPARQL: querying and updating with SPARQL 1.1*. [S.l.]: O'Reilly Media, Inc., 2013.
- DUOLINGO. *Duolingo, About Us*. 2019. <<https://www.duolingo.com/design/>>. Último acesso em: 10/02/2019.
- EDX. *edX, About Us*. 2018. <<https://www.edx.org/about-us>>. Último acesso em: 10/05/2018.
- GANGEMI, A. et al. Sweetening ontologies with dolce. In: SPRINGER. *International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management*. [S.l.], 2002. p. 166–181.
- GHAVIFEKR, S.; MAHMOOD, H. Factors affecting use of e-learning platform (SPeCTRUM) among university students in Malaysia. *Education and Information Technologies*, v. 22, n. 1, p. 75–100, Jan 2017. ISSN 1573-7608. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10639-015-9435-z>>.
- GÓMEZ, L. A. O.; DUART, J. M. A hybrid approach to university subject learning activities. *British Journal of Educational Technology*, Blackwell Publishing Ltd, v. 43, n. 2, p. 259–271, 2012. ISSN 1467-8535. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8535.2011.01175.x>>.
- GUARINO, N.; OBERLE, D.; STAAB, S. What is an ontology? In: _____. *Handbook on Ontologies*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009. p. 1–17. ISBN 978-3-540-92673-3. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-92673-3_0>.
- GULATI, N. Framework for cognitive agent based expert system for metacognitive and collaborative e-learning. In: IEEE. *Innovation and Technology in Education (MITE), 2013 IEEE International Conference in MOOC*. [S.l.], 2013. p. 421–426.
- HERATH, C. P.; THELIJAGODA, S.; GUNARATHNE, W. Stakeholders' psychological factors affecting e-learning readiness in higher education community in Sri Lanka. In: IEEE. *Ubi-Media Computing (UMEDIA), 2015 8th International Conference on*. [S.l.], 2015. p. 168–173.
- HERATH, C. P.; WEERAKKODY, W.; GUNARATHNE, W. Infrastructure factors affection for e-learning practice of students in Wayamba university of Sri Lanka: Case study: Makandura premises. In: IEEE. *Ubi-Media Computing (UMEDIA), 2015 8th International Conference on*. [S.l.], 2015. p. 196–201.
- HILL, P. Emerging student patterns in moocs: A (revised) graphical view. *WordPress, e-Literate*, v. 10, 2013.
- HRASTINSKI, S. Asynchronous and synchronous e-learning. *EDUCAUSE Quarterly (October–December 2008)*, EDUCAUSE, v. 31, n. 4, 2008.
- IBRAHIM, M. E. et al. Ontology-based personalized course recommendation framework. *IEEE Access*, IEEE, v. 7, p. 5180–5199, 2018.
- ISOTANI, S. et al. Estado da arte em web semântica e web 2.0: potencialidades e tendências da nova geração de ambientes de ensino na internet. *Revista Brasileira de informática na educação*, v. 17, n. 01, p. 30, 2009.

- JAIN, H. et al. Applying data mining techniques for generating moocs recommendations on the basis of learners online activity. In: IEEE. *2018 IEEE 6th International Conference on MOOCs, Innovation and Technology in Education (MITE)*. [S.l.], 2018. p. 6–13.
- JENA, A. Apache jena fuseki. *The Apache Software Foundation*, 2014.
- JURISICA, I.; MYLOPOULOS, J.; YU, E. Ontologies for knowledge management: an information systems perspective. *Knowledge and Information systems*, Springer, v. 6, n. 4, p. 380–401, 2004.
- KAPOOR, A.; KABRA, S.; DUA, H. Development, use and impact of e-learning based modules for teaching electronics: To undergraduate girl students: A case study. In: IEEE. *MOOC, Innovation and Technology in Education (MITE), 2014 IEEE International Conference on*. [S.l.], 2014. p. 215–218.
- KEEGAN, D.; AMADO, T. *E-learning: o papel dos sistemas de gestão da aprendizagem na Europa*. [S.l.: s.n.], 2002.
- KHAN ACADEMY. *Khan Academy, About Us*. 2018. (<https://www.khanacademy.org/about>). Último acesso em: 10/05/2018.
- KHLAISANG, J.; LIKHITDAMRONGKIAT, M. E-learning system in blended learning environment to enhance cognitive skills for learners in higher education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 174, p. 759 – 767, 2015. ISSN 1877-0428. International Conference on New Horizons in Education, INTE 2014, 25-27 June 2014, Paris, France. Disponível em: (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042815006631>).
- KITCHENHAM, B. *Procedures for Performing Systematic Reviews*. Department of Computer Science, Keele University, UK, 2004.
- KOCHANG, A.; BRITZ, J.; SEYMOUR, T. Panel discussion. hybrid/blended learning: Advantages, challenges, design and future directions. In: *Proceedings of the 2006 Informing science and IT education joint conference*. [S.l.: s.n.], 2006. p. 155–157.
- LENNON, A.; ABBOTT, M.; MCINTOSH, K. Chasing higher solar cell efficiencies: Engaging students in learning how solar cells are manufactured. In: IEEE. *Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE), 2015 IEEE International Conference on*. [S.l.], 2015. p. 267–271.
- MCGUINNESS, D. L.; HARMELEN, F. V. et al. Owl web ontology language overview. *W3C recommendation*, v. 10, n. 10, p. 2004, 2004.
- MITRA, S. The future of learning. In: ACM. *Proceedings of the Third (2016) ACM Conference on Learning@ Scale*. [S.l.], 2016. p. 61–62.
- MORAIS, J. L. M.; CONCEIÇÃO, A. F. Ferramentas tecnológicas e metodologias de apoio à aprendizagem personalizada no ensino superior: uma revisão sistemática. *Informática na educação: teoria & prática*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, v. 21, n. 3, 2018.
- MOTA, R. Inovação e aprendizagem independente na educação básica. *Ciência e Natura*, Universidade Federal de Santa Maria, v. 36, 2014.

- MOTA, R.; SCOTT, D. *Educando para inovação e aprendizagem independente*. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2014.
- MUSEN, M. A. et al. The protégé project: a look back and a look forward. *AI matters*, NIH Public Access, v. 1, n. 4, p. 4, 2015.
- NACKE, L. E.; DETERDING, S. The maturing of gamification research. *Computers in Human Behavior*, Elsevier, p. 450–454, 2017.
- NOY, N. F.; FERGERSON, R. W.; MUSEN, M. A. The knowledge model of protege-2000: Combining interoperability and flexibility. In: SPRINGER. *International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management*. [S.l.], 2000. p. 17–32.
- NOY, N. F.; MCGUINNESS, D. L. *Ontology development 101: A guide to creating your first ontology*. [S.l.]: Stanford knowledge systems laboratory technical report KSL-01-05 and, 2001.
- PAGE, S. E. *Diversity and complexity*. [S.l.]: Princeton University Press, 2010. v. 2.
- PÉREZ, J.; ARENAS, M.; GUTIERREZ, C. Semantics and complexity of sparql. *ACM Transactions on Database Systems (TODS)*, ACM New York, NY, USA, v. 34, n. 3, p. 1–45, 2009.
- REAY, J. Blended learning-a fusion for the future. *Knowledge Management Review*, v. 4, n. 3, p. 6, 2001.
- SARWAR, S. et al. Ontology based e-learning systems: A step towards adaptive content recommendation. *International Journal of Information and Education Technology*, v. 8, n. 10, 2018.
- SCHULZ, R.; ISABWE, G. M.; REICHERT, F. Supporting teachers' needs within and through e-learning systems. In: IEEE. *Web and Open Access to Learning (ICWOAL), 2014 International Conference on*. [S.l.], 2014. p. 1–4.
- SCRATCH. *Scratch, About Us*. 2019. <<https://scratch.mit.edu/about>>. Último acesso em: 10/05/2019.
- SELINGO, J. J. *College Unbound: The Future of Higher Education and What It Means for Students*. [S.l.]: New Harvest, 2013.
- STEFANSSON, G.; LENTIN, J. From smileys to smileycoins: Using a cryptocurrency in education. *Ledger*, v. 2, p. 38–54, 2017.
- USCHOLD, M.; KING, M. *Towards a methodology for building ontologies*. [S.l.]: Citeseer, 1995.
- VIALARDI, C. et al. Recommendation in higher education using data mining techniques. *International Working Group on Educational Data Mining*, ERIC, 2009.
- VRANDEČIĆ, D. et al. The diligent knowledge processes. *Journal of Knowledge Management*, Emerald Group Publishing Limited, v. 9, n. 5, p. 85–96, 2005.
- VULCANI, R. d. L. M. et al. *Grafos eulerianos e aplicações*. Unicamp, 2015.

WILEY, D. A. et al. *The instructional use of learning objects*. [S.l.]: Agency for instructional technology Bloomington, IN, 2002. v. 1.

WITTEN, I. H. et al. *Data Mining: Practical machine learning tools and techniques*. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 2016.

ZHANG, D. et al. Can e-learning replace classroom learning? *Communications of the ACM*, ACM, v. 47, n. 5, p. 75–79, 2004.

ZHANG, Y.; DANG, Y.; AMER, B. A large-scale blended and flipped class: Class design and investigation of factors influencing students' intention to learn. *IEEE Transactions on Education*, IEEE, v. 59, n. 4, p. 263–273, 2016.

GLOSSÁRIO

EDM – *Educational Data Mining*

EaD – *Educacao à Distância*

IA – *Inteligência Artificial*

MOOCs – *Massive Open Online Courses*

OWL – *Ontology Web Language*

PoC – *Proof of Concept*

RDF – *Resource Description Framework*

W3C – *World Wide Web Consortium*

Apêndice A

RDF UTILIZADO NO EXEMPLO

```
<rdf:RDF
  xmlns:rdf='http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#'
  xmlns:vCard='http://www.w3.org/2001/vcard-rdf/3.0#'
>

  <rdf:Description rdf:about="www.estruturacurso.com/CienciaDaComputacao">
    <vCard:FN>Ciencia da Computacao</vCard:FN>
    <vCard:N rdf:parseType="Resource">
      <vCard:Family>Exatas</vCard:Family>
      <vCard:Given>Computacao</vCard:Given>
    </vCard:N>
  </rdf:Description>

  <rdf:Description rdf:about="www.estruturacurso.com/Matematica">
    <vCard:FN>Matematica Computacional</vCard:FN>
    <vCard:N rdf:parseType="Resource">
      <vCard:Family>Exatas</vCard:Family>
      <vCard:Given>Matematica</vCard:Given>
    </vCard:N>
  </rdf:Description>

  <rdf:Description rdf:about="www.estruturacurso.com/EngenhariaEletrica">
    <vCard:FN>Engenharia Eletrica</vCard:FN>
    <vCard:N rdf:parseType="Resource">
      <vCard:Family>Exatas</vCard:Family>
```

```
<vCard:Given>Eletrica</vCard:Given>
  </vCard:N>
</rdf:Description>
```

```
  <rdf:Description rdf:about="www.estruturacurso.com/LetrasELiteratura">
    <vCard:FN>Letras e Literatura</vCard:FN>
    <vCard:N
vCard:Family="Humanas"
vCard:Given="Letras"/>
  </rdf:Description>

</rdf:RDF>
```

Apêndice B

ARQUIVO DE *query* UTILIZADO NO EXEMPLO

```
PREFIX vcard: <http://www.w3.org/2001/vcard-rdf/3.0#>
```

```
SELECT ?URI ?Nome_Disciplina
```

```
WHERE {
```

```
?URI vcard:FN ?Nome_Disciplina
```

```
}
```

Apêndice C

LINK PARA O REPOSITÓRIO NO GITHUB

O repositório que contém as diversas versões ontologia, as *queries* utilizadas e os arquivos usados para realizar a PoC podem ser acessados por meio do link (<https://github.com/jlmmorais/CourseStructure>).

Apêndice D

CÓDIGO DE INSERÇÃO DE ALUNOS PARA O CASO DE USO NÚMERO 4

PREFIX : <<http://www.semanticweb.org/win7/ontologies/2019/5/>>

PREFIX owl: <<http://www.w3.org/2002/07/owl#>>

INSERT DATA {

:a1 :student_studies_discipline :Cálculo_I.

:a1 :student_studies_module :Derivadas.

:a1 :student_studies_module :Limites.

:a1 :student_studies_module :Integrais.

:a1 :student_knows_learningObject :Derivadas_Lista1.

:a1 :student_knows_learningObject :Derivadas_Lista2.

:a1 :student_knows_learningObject :Limites_Lista2.

:a1 :student_knows_learningObject :Limites_Lista1.

:a1 :student_knows_learningObject :Integrais_Lista.

:a2 :student_studies_discipline :Cálculo_I.

:a2 :student_studies_module :Limites.

:a2 :student_knows_learningObject :Limites_Lista1.

:a3 :student_studies_discipline :Cálculo_I.

:a3 :student_studies_module :Limites.

:a3 :student_knows_learningObject :Limites_Lista2.

:a3 :student_knows_learningObject :Limites_Lista1.

:a4 :student_studies_discipline :Cálculo_I.

```
:a4 :student_studies_module :Limites.
:a4 :student_studies_module :Derivadas.
:a4 :student_knows_learningObject :Derivadas_Lista2.
:a4 :student_knows_learningObject :Limites_Lista2.

:a5 :student_studies_discipline :Cálculo_I.
:a5 :student_studies_module :Derivadas.
:a5 :student_studies_module :Limites.
:a5 :student_studies_module :Integrais.
:a5 :student_knows_learningObject :Integrais_Lista.

:a6 :student_studies_discipline :Cálculo_I.
:a6 :student_studies_module :Derivadas.
:a6 :student_knows_learningObject :Derivadas_Lista2.

:a7 :student_studies_discipline :Cálculo_I.
:a7 :student_studies_module :Integrais.
:a7 :student_knows_learningObject :Integrais_Lista.

:a8 :student_studies_discipline :Cálculo_I.
:a8 :student_studies_module :Derivadas.
:a8 :student_knows_learningObject :Derivadas_Lista1.

:a9 :student_studies_discipline :Cálculo_I.
:a9 :student_studies_module :Limites.
:a9 :student_knows_learningObject :Limites_Lista1.

:a10 :student_studies_discipline :Cálculo_I.
:a10 :student_studies_module :Derivadas.
:a10 :student_studies_module :Limites.
:a10 :student_studies_module :Integrais.
:a10 :student_knows_learningObject :Derivadas_Lista1.
:a10 :student_knows_learningObject :Derivadas_Lista2.
:a10 :student_knows_learningObject :Limites_Lista2.
:a10 :student_knows_learningObject :Limites_Lista1.
```

:a10 :student_knows_learningObject :Integrais_Lista.

:a11 :student_studies_discipline :Cálculo_I.

:a11 :student_studies_module :Limites.

:a11 :student_knows_learningObject :Limites_Lista1.

:a12 :student_studies_discipline :Cálculo_I.

:a12 :student_studies_module :Limites.

:a12 :student_knows_learningObject :Limites_Lista1.

:a13 :student_studies_discipline :Cálculo_I.

:a13 :student_studies_module :Derivadas.

:a13 :student_knows_learningObject :Derivadas_Lista1.

:a13 :student_knows_learningObject :Derivadas_Lista2.

:a14 :student_studies_discipline :Cálculo_I.

:a14 :student_studies_module :Derivadas.

:a14 :student_knows_learningObject :Derivadas_Lista2.

:a15 :student_studies_discipline :Cálculo_I.

:a15 :student_studies_module :Integrais.

:a15 :student_knows_learningObject :Integrais_Lista.

:a16 :student_studies_discipline :Cálculo_I.

:a16 :student_studies_module :Derivadas.

:a16 :student_knows_learningObject :Derivadas_Lista1.

:a17 :student_studies_discipline :Cálculo_I.

:a17 :student_studies_module :Limites.

:a17 :student_knows_learningObject :Limites_Lista1.

:a17 :student_knows_learningObject :Limites_Lista2.

:a18 :student_studies_discipline :Cálculo_I.

:a18 :student_studies_module :Derivadas.

:a18 :student_studies_module :Limites.

```
:a18 :student_knows_learningObject :Derivadas_Lista2.
:a18 :student_knows_learningObject :Limites_Lista1.

:a19 :student_studies_discipline :Cálculo_I.
:a19 :student_studies_module :Derivadas.
:a19 :student_studies_module :Limites.
:a19 :student_knows_learningObject :Derivadas_Lista1.
:a19 :student_knows_learningObject :Derivadas_Lista2.
:a19 :student_knows_learningObject :Limites_Lista1.

:a20 :student_studies_discipline :Cálculo_I.
:a20 :student_studies_module :Limites.
:a20 :student_knows_learningObject :Limites_Lista1.

:a21 :student_studies_discipline :Cálculo_I.
:a21 :student_studies_module :Limites.
:a21 :student_knows_learningObject :Limites_Lista1.

:a22 :student_studies_discipline :Cálculo_I.
:a22 :student_studies_module :Derivadas.
:a22 :student_knows_learningObject :Derivadas_Lista1.

:a23 :student_studies_discipline :Cálculo_I.
:a23 :student_studies_module :Derivadas.
:a23 :student_studies_module :Limites.
:a23 :student_studies_module :Integrais.
:a23 :student_knows_learningObject :Derivadas_Lista1.
:a23 :student_knows_learningObject :Derivadas_Lista2.
:a23 :student_knows_learningObject :Limites_Lista2.
:a23 :student_knows_learningObject :Limites_Lista1.
:a23 :student_knows_learningObject :Integrais_Lista.

:a24 :student_studies_discipline :Cálculo_I.
:a24 :student_studies_module :Limites.
:a24 :student_knows_learningObject :Limites_Lista2.
```

```
:a25 :student_studies_discipline :Cálculo_I.  
:a25 :student_studies_module :Derivadas.  
:a25 :student_knows_learningObject :Derivadas_Lista1.  
  
:a26 :student_studies_discipline :Cálculo_I.  
:a26 :student_studies_module :Integrais.  
:a26 :student_knows_learningObject :Integrais_Lista.  
  
:a27 :student_studies_discipline :Cálculo_I.  
:a27 :student_studies_module :Limites.  
:a27 :student_knows_learningObject :Limites_Lista1.  
  
:a28 :student_studies_discipline :Cálculo_I.  
:a28 :student_studies_module :Limites.  
:a28 :student_studies_module :Derivadas.  
:a28 :student_knows_learningObject :Derivadas_Lista1.  
:a28 :student_knows_learningObject :Limites_Lista2.  
:a28 :student_knows_learningObject :Limites_Lista1.  
  
:a29 :student_studies_discipline :Cálculo_I.  
:a29 :student_studies_module :Derivadas.  
:a29 :student_knows_learningObject :Derivadas_Lista1.  
  
:a30 :student_studies_discipline :Cálculo_I.  
:a30 :student_studies_module :Derivadas.  
:a30 :student_knows_learningObject :Derivadas_Lista2.  
} ;
```