

PUCRS

ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO
DOUTORADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

JOÃO PEDRO DEWES GUTERRES

**FRAMEWORK PARA CONSTRUÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM COM
LEARNING ANALYTICS**

Porto Alegre
2021

PÓS-GRADUAÇÃO - *STRICTO SENSU*



Pontifícia Universidade Católica
do Rio Grande do Sul

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

***FRAMEWORK PARA CONSTRUÇÃO DE
OBJETOS DE APRENDIZAGEM COM *LEARNING ANALYTICS****

JOÃO PEDRO DEWES GUTERRES

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Ciência da Computação na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Milene Selbach Silveira

Porto Alegre

2021

Ficha Catalográfica

G983f Guterres, João Pedro Dewes

Framework para Construção de Objetos de Aprendizagem com Learning Analytics / João Pedro Dewes Guterres. – 2021.

169 p.

Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, PUCRS.

Orientadora: Profa. Dra. Milene Selbach Silveira.

1. Learning Analytics. 2. Objetos de Aprendizagem. 3. Framework. I. Silveira, Milene Selbach. II. Título.

João Pedro Dewes Guterres

Framework para Construção de Objetos de Aprendizagem com Learning Analytics

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Ciência da Computação do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Escola Politécnica na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Aprovado em 09 de março de 2021.

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Taciana Pontual da Rocha Falcão (PPGIA/UFRPE)

Profa. Dra. Isabela Gasparini (PPGCA/UDESC)

Prof. Dr. Márcio Sarroglia Pinho (PPGCC/PUCRS)

Profa. Dra. Milene Selbach Silveira (PPGCC/PUCRS - Orientador)

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Leocadia e João Batista pelo amor, amizade, incentivo e pela educação plena dada por eles que me fez chegar aqui. À minha esposa Mariah pelo amor, companheirismo, amizade, inspiração e apoio para realização de minhas conquistas. Aos meus avôs e avós (em memória), tios, primos, padrinhos, madrinhas e familiares (que são muitos) que auxiliaram na minha formação pessoal, me aconselhando, apoiando e me acolhendo sempre com muito carinho e amor.

Em especial, um agradecimento para minha orientadora Prof.^a Dra. Milene, pelos incentivos, conselhos, muitas ideias e pela grande ajuda e companhia nessa pesquisa, desde o TCC até o Doutorado. Agradeço aos bolsistas Otávio e Enzo pela contribuição, ajuda e empenho na pesquisa prática. Agradeço também a todos os professores da PUCRS que contribuíram para minha aprendizagem durante a Graduação, Especialização, Mestrado e Doutorado.

Aos amigos, colegas e funcionários da PUCRS que deram apoio, ensinamentos e colaborações que me auxiliaram nessa jornada.

À PUCRS, pelo ambiente propício para a aprendizagem e pela excelente infraestrutura. Aos programas de bolsas e incentivo de bolsas BPA-PUCRS, CAPES, CNPQ e UOL que proporcionaram a realização desta pesquisa.

FRAMEWORK PARA CONSTRUÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM COM *LEARNING ANALYTICS*

RESUMO

O uso de técnicas de *Learning Analytics* tem se destacado como uma alternativa para compreender melhor o comportamento e a performance dos alunos em ambientes virtuais. Nesse contexto, abre-se a possibilidade de introduzir tais técnicas na produção de Objetos de Aprendizagem, aprimorando esses recursos e possibilitando *feedback* quanto à avaliação dos alunos e quanto à efetividade do Objeto de Aprendizagem em relação a seus objetivos pedagógicos. No entanto, existem muitos desafios associados a essa introdução, incluindo a falta de padronização das métricas capturadas, dificuldades de padronização de dados, problemas de interoperabilidade, além do reuso limitado de Objetos de Aprendizagem contendo tais técnicas. Neste sentido, esta tese apresenta um *framework* para apoio à introdução de técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem. Para sua elaboração, foram realizadas revisões sistemáticas sobre o tema, uma *survey* com pesquisadores da área e prototipagens exploratórias sobre a aplicação das técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem. Com base na triangulação desses resultados, o *framework* apresenta uma arquitetura alinhada com princípios de reuso para produção de Objetos de Aprendizagem com técnicas de *Learning Analytics*, um conjunto de dados analíticos que podem ser obtidos a partir de tais técnicas e um conjunto de práticas relevantes a serem integradas no processo de produção de Objetos, sendo esta última uma extensão do *framework* QPPOA (Qualificação do Processo de Produção de Objetos de Aprendizagem). A utilização deste *framework* pode auxiliar centros de produção de Objetos de Aprendizagem na introdução de práticas de *Learning Analytics*, de modo a proporcionar um aprimoramento pedagógico, técnico e gerencial dessa produção.

Palavras-chave: *Learning Analytics*; Objetos de Aprendizagem; *Framework*.

FRAMEWORK FOR CONSTRUCTION OF LEARNING OBJECTS WITH LEARNING ANALYTICS

ABSTRACT

The use of Learning Analytics techniques has stood out as an alternative to better understand students' behavior and performance in virtual environments. In this context, the possibility of introducing such techniques in the production of Learning Objects opens up, improving these resources and providing feedback on the students' evaluation and on the effectiveness of the Learning Object in relation to its pedagogical objectives. However, there are many challenges associated with this introduction, including the lack of standardization of the captured metrics, difficulties in standardizing data, and interoperability problems, in addition to the limited reuse of Learning Objects containing such techniques. In this sense, this thesis presents a framework to support the introduction of Learning Analytics techniques in Learning Objects. For its elaboration, systematic reviews on the subject were carried out, a survey with researchers in the area was realized and exploratory prototyping on the application of Learning Analytics techniques in Learning Objects were done. Based on the triangulation of these results, the framework presents an architecture aligned with principles of reuse for production of Learning Objects with Learning Analytics techniques, a set of analytical data that can be obtained from such techniques and a set of relevant practices to be integrated into the Object production process, the latter being an extension of the QPPOA framework (Qualification of the Learning Object Production Process). The use of this framework can assist Learning Object production centers in the introduction of Learning Analytics practices, in order to provide a pedagogical, technical and managerial improvement of this production.

Keywords: Learning Analytics; Learning Objects; Framework.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Desenho da Pesquisa.	17
Figura 2. Práticas do <i>framework</i> QPPOA. Fonte: Guterres e Silveira [60].	22
Figura 3. Dimensões do <i>Learning Analytics</i> . Fonte: Traduzida de Waheed et al. [152]	27
Figura 4. Processo de <i>Learning Analytics</i> . Fonte: Traduzido de Dyckhoff et al. [43].	28
Figura 5. Estrutura do Caliper Analytics. Fonte: Traduzido de Mattson [93].	31
Figura 6. Estrutura do xAPI. Fonte: Traduzido de ADL [1].	32
Figura 7. Principais etapas da produção de Objetos de Aprendizagem.	38
Figura 8. Objeto de Aprendizagem Quiforca.	101
Figura 9. Implementação das funcionalidades das técnicas de <i>Learning Analytics</i>	102
Figura 10. Arquivos com técnicas de <i>Learning Analytics</i>	103
Figura 11. Objeto Algoritmos e Programação 1.	106
Figura 12. Arquivos com técnicas de <i>Learning Analytics</i> baseadas no xAPI.	107
Figura 13. <i>Framework</i> para introdução de técnicas de <i>Learning Analytics</i> em Objetos de Aprendizagem.	112
Figura 14. Contextualização da arquitetura do Objeto de Aprendizagem com técnicas de <i>Learning Analytics</i>	114
Figura 15. Diagrama de sequência - Acesso e saída do Objeto.	115
Figura 16. Novas práticas do QPPOA.	120

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Práticas da etapa de Requisitos e suas respectivas atividades.....	22
Tabela 2. Práticas da etapa de Análise e suas respectivas atividades.....	23
Tabela 3. Práticas da etapa de Design e suas respectivas atividades.....	24
Tabela 4. Práticas da etapa de Desenvolvimento e suas respectivas atividades.....	24
Tabela 5. Práticas da etapa de Avaliação e suas respectivas atividades.....	25
Tabela 6. Outras práticas e suas respectivas atividades.....	26
Tabela 7. Dados qualitativos da seleção dos artigos em bases internacionais (revisão de 2015).	36
Tabela 8. Dados qualitativos da seleção dos artigos em bases internacionais (revisão de 2019).	37
Tabela 9. Dados qualitativos da seleção dos artigos em bases internacionais (2018).	60
Tabela 10. Dados qualitativos da seleção dos artigos em bases nacionais (2018). .	60
Tabela 11. Dados qualitativos da seleção dos artigos em bases internacionais (2020).....	61
Tabela 12. Dados qualitativos da seleção dos artigos em bases nacionais (2020). .	61

LISTA DE SIGLAS

ADL - *Advanced Distributed Learning*
AP – *Activity Provider*
API – *Application Programming Interface*
BI – *Business Intelligence*
CBIE – *Congresso Brasileiro de Informática na Educação*
DesafIE – *Workshop de Desafios da Computação Aplicada à Educação*
ESB – *Enterprise Service Bus*
GLO – *Generative Learning Objects*
HTML5 – *Hypertext Markup Language versão 5*
JSON – *JavaScript Object Notation*
LMS – *Learning Management System*
LRP – *Learning Record Provider*
LTI – *Learning Tools Interoperability Specification*
MOOC – *Massive Online Open Courses*
PHP – *Hypertext Preprocessor*
PLO – *Personalised Learning Objects*
QPPOA – *Qualificação do Processo de Produção de Objetos de Aprendizagem*
RENTE – *Revista Novas Tecnologias na Educação*
SBIE – *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*
SCORM – *Sharable Content Object Reference Model*
SLO – *Smart Learning Objects*
SOA – *Service Oriented Architecture*
TISE – *International Congress on Educational Informatics*
UML – *Unified Model Language*
WCF – *Windows Communication Foundation*
WIE – *Workshop de Informática na Escola*
xAPI – *Experience API*
XML – *Extensible Markup Language*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	15
1.2	METODOLOGIA	15
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	OBJETOS DE APRENDIZAGEM	19
2.2	<i>FRAMEWORK</i> QPPOA	20
2.2.1	Etapa de Requisitos	22
2.2.2	Etapa de Análise	23
2.2.3	Etapa de Design	24
2.2.4	Etapa de Desenvolvimento	24
2.2.5	Etapa de Avaliação	25
2.2.6	Práticas Aplicáveis ao Processo como um Todo	25
2.3	<i>LEARNING ANALYTICS</i>	26
2.4	ESPECIFICAÇÕES PARA INTEGRAÇÃO DE <i>LEARNING ANALYTICS</i> E OBJETOS DE APRENDIZAGEM	29
2.4.1	Caliper Analytics	30
2.4.2	Experience API (xAPI)	31
2.5	CONSIDERAÇÕES SOBRE OBJETOS DE APRENDIZAGEM E <i>LEARNING ANALYTICS</i>	33
3	ESTUDOS PARA COMPREENSÃO DO PROBLEMA	34
3.1	REVISÃO SISTEMÁTICA: PROCESSO DE PRODUÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM	34
3.1.1	RQ1: Quais são as etapas fundamentais para a produção de Objetos de Aprendizagem?	37
3.1.2	RQ2: Quais são as atividades fundamentais para a produção de Objetos de Aprendizagem?	39
3.1.3	RQ3: Quais artefatos são utilizados no processo de desenvolvimento de Objetos?	46
3.1.4	RQ4: Quais são os papéis envolvidos no processo de desenvolvimento de Objetos?	49

3.1.5 RQ5: Quais ferramentas/sistemas são utilizadas para suportar o processo de desenvolvimento de Objetos?	52
3.1.6 RQ6: Quais princípios constituem a produção de Objetos de Aprendizagem? 54	
3.1.7 <i>Learning Analytics</i> no Processo de Produção de Objetos de Aprendizagem.	57
3.1.8 Considerações sobre a Revisão Sistemática: Processo de Produção de Objetos de Aprendizagem.....	57
3.2 REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE <i>LEARNING ANALYTICS</i> E OBJETOS DE APRENDIZAGEM	58
3.2.1 RQ1: Técnicas de <i>Learning Analytics</i>	62
3.2.2 RQ2: Tecnologias para Possibilitar <i>Learning Analytics</i> em Objetos de Aprendizagem.....	64
3.2.3 RQ3: Dados Analíticos dos Objetos de Aprendizagem	68
3.2.4 RQ4: Benefícios em usar <i>Learning Analytics</i> em Objetos de Aprendizagem.	72
3.2.5 RQ5: Atividades para introdução das técnicas de <i>Learning Analytics</i> no Processo de Produção de Objetos de Aprendizagem.....	74
3.2.6 Desafios e Possibilidades de uso de <i>Learning Analytics</i> em Objetos de Aprendizagem.....	79
3.2.7 Considerações sobre a Revisão Sistemática: <i>Learning Analytics</i> e Objetos de Aprendizagem.....	87
3.3 SURVEY COM PESQUISADORES DA ÁREA DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM E DE <i>LEARNING ANALYTICS</i>	88
3.3.1 Informações relevantes para coleta durante o acesso dos alunos aos Objetos de Aprendizagem.....	90
3.3.2 Técnicas de <i>Learning Analytics</i> em Objetos de Aprendizagem.....	92
3.3.3 Etapas de Inclusão e de Implementação das Técnicas de <i>Learning Analytics</i> em Objetos de Aprendizagem	93
3.3.4 Dados analíticos coletados a partir das interações dos alunos nos Objetos de Aprendizagem.....	94
3.3.5 Linguagens de programação utilizadas nos Objetos de Aprendizagem	95
3.3.6 Dificuldades de implementação	95
3.3.7 Utilização de diretrizes na implementação de <i>Learning Analytics</i> em Objetos de Aprendizagem.....	97

3.3.8	Consideração sobre a <i>survey</i> com Pesquisadores de <i>Learning Analytics</i> e Objetos de Aprendizagem.....	98
3.4	PROTOTIPAGEM EXPLORATÓRIA COM INTRODUÇÃO DE <i>LEARNING ANALYTICS</i> EM OBJETOS DE APRENDIZAGEM	99
3.4.1	Prototipagem Exploratória 1	101
3.4.2	Prototipagem Exploratória 2 – Baseada na Especificação xAPI.....	105
3.4.3	Conclusões sobre a Prototipagem Exploratória de Objetos de Aprendizagem com <i>Learning Analytics</i>	109
3.5	SÍNTESE DAS CONTRIBUIÇÕES PARA A TESE	110
4	FRAMEWORK DE APOIO A PRODUÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM COM TÉCNICAS DE <i>LEARNING ANALYTICS</i>	111
4.1	ARQUITETURA.....	112
4.2	DADOS ANALÍTICOS	116
4.2.1	Tempo no Objeto de Aprendizagem	116
4.2.2	Número de acessos e saída no Objeto de Aprendizagem.....	117
4.2.3	Desempenho em atividades avaliativas no Objeto de Aprendizagem	118
4.3	PRÁTICAS DE <i>LEARNING ANALYTICS</i> PARA QUALIFICAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM – EXTENSÃO QPPOA	119
4.3.1	Requisitos.....	120
4.3.2	Análise	121
4.3.3	Design	122
4.3.4	Desenvolvimento.....	122
4.3.5	Avaliação	123
4.3.6	Práticas aplicáveis ao processo como um todo	124
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	127
5.1	CONCLUSÕES	127
5.2	PUBLICAÇÕES.....	128
5.3	LIMITAÇÕES DE PESQUISA.....	129
5.4	TRABALHOS FUTUROS.....	130
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131
	APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	149
	APÊNDICE B – <i>SURVEY</i>	150

APÊNDICE C – REFERÊNCIAS DA REVISÃO SISTEMÁTICA: PROCESSO DE PRODUÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM.....	152
APÊNDICE D – REFERÊNCIAS DA REVISÃO SISTEMÁTICA: <i>LEARNING ANALYTICS</i> E OBJETOS DE APRENDIZAGEM.....	159
ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA.....	167

1 INTRODUÇÃO

Objetos de Aprendizagem são “quaisquer materiais eletrônicos (como imagens, vídeos, páginas web, animações ou simulações), desde que tragam informações destinadas à construção do conhecimento (conteúdo autocontido), explicitem seus objetivos pedagógicos e estejam estruturados de tal forma que possam ser reutilizados e re combinados com outros Objetos de Aprendizagem (padronização)” [28].

Desde a concepção do termo Objetos de Aprendizagem [52] [22], a produção desses recursos vem evoluindo e se qualificando. Nesse contexto, cita-se a evolução tecnológica em seu desenvolvimento, como a substituição do *flash* pelo *Hypertext Transfer Protocol* na versão 5 (HTML5) [12] [26] [61], e uma evolução metodológica no processo de produção, como a criação de metodologias de produção e *frameworks* para aprimorar e qualificar essa produção [60].

No cenário dessa evolução, abrem-se possibilidades de quebrar paradigmas tanto quanto à implementação e produção quanto à avaliação de Objetos de Aprendizagem, principalmente no que diz respeito ao retorno do uso ou à análise da efetividade dos conteúdos dos Objetos pelos alunos. Nesse sentido, a introdução de técnicas de *Learning Analytics* na produção de Objetos de Aprendizagem se apresenta como uma importante ferramenta para possibilitar a análise do comportamento dos alunos no uso de Objetos de Aprendizagem, bem como avaliar se estes de fato são eficientes em atingir seus objetivos pedagógicos.

Learning Analytics são um conjunto de técnicas para medir, coletar, analisar e relatar dados sobre estudantes e seu contexto, tendo como propósito entender e otimizar o aprendizado no ambiente de educacional [128]. Segundo Johnson et al. [77], *Learning Analytics* referem-se à interpretação de um grande volume de dados produzidos pelos alunos, a fim de avaliar o seu progresso acadêmico, prever o desempenho e detectar possíveis problemas de aprendizagem. Moissa et al. [97] relatam que estes dados podem vir de diferentes fontes (navegação do usuário, dados demográficos, etc.), utilizando diversas técnicas (mineração de dados, estatísticas, visualização da informação, etc.) e com diferentes objetivos (predição, tutoria, adaptação, personalização, recomendação, etc.).

Considera-se que a introdução das técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem possibilita a obtenção de informações valiosas para professores e instrutores, tais como prever o desempenho do aluno, descobrir os caminhos reais de aprendizagem, extrair padrões de comportamento do aluno, entre outros [113].

Nesse contexto, neste trabalho se investigam formas e modelos de introdução de técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem, bem como dados analíticos que podem ser coletados por tais técnicas e quais atividades e práticas necessárias para introduzi-las no processo de produção de Objetos. Assim, foram realizadas revisões sistemáticas sobre *Learning Analytics* e Objetos de Aprendizagem, uma revisão sobre processos de produção de Objetos de Aprendizagem, uma *survey* com pesquisadores da área de Objetos de Aprendizagem e *Learning Analytics*, objetivando compreender a introdução de tais técnicas na produção dos Objetos, bem como prototipagens exploratórias sobre introdução de técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem.

Ao analisar as possibilidades dessa introdução, verifica-se que existem inúmeras formas de conduzi-la [61], o que pode dificultar o processo de produção e integração de dados com outros Objetos ou, até mesmo, com outros sistemas de aprendizagem ou diretamente em banco de dados para este fim. Desse modo, a inexistência de uma padronização do uso de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem [61] acarreta geração de informações e dados analíticos desconexos, imprecisos, ambíguos [37] ou inconsistentes [140] e se apresenta como um dos problemas nesse tema. Tendo em vista os pilares conceituais dos Objetos de Aprendizagem, as possibilidades de introdução das técnicas de *Learning Analytics* analisadas esbarram na limitação do reuso [106] [74], sugerindo a existência de arquiteturas inadequadas para a produção de Objetos, bem como dificuldades no empacotamento e compartilhamento do Objeto [74], por conta de configurações locais, índices de banco de dados e outros dados analíticos específicos de cada modelo implementado.

Considerando essas particularidades e a gama de dados analíticos que podem ser gerados a partir da introdução das técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem, verifica-se que são muitas as lacunas teóricas e práticas que dificultam a produção e reuso de Objetos de Aprendizagem que incluam estas técnicas.

Nesse contexto, esta pesquisa propõe um *framework* para apoiar a **introdução de técnicas de *Learning Analytics* na produção de Objetos de Aprendizagem**, sendo composto por uma arquitetura alinhada com princípios de reuso de Objetos para essa produção, uma documentação sobre quais dados analíticos podem ser coletados por tais técnicas, além de atividades e práticas para a introdução de ditas técnicas no processo de produção de Objetos de Aprendizagem.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa é **apoiar a introdução de técnicas de *Learning Analytics* na produção de Objetos de Aprendizagem**. E, como objetivos específicos, a fim de se atingir o objetivo geral, encontram-se:

- a) Elencar dados analíticos que podem ser coletados pelas técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem;
- b) Analisar a capacidade de geração de dados analíticos a partir das interações dos alunos;
- c) Elaborar uma arquitetura alinhada com princípios de reuso para construção de Objetos de Aprendizagem contendo técnicas de *Learning Analytics*;
- d) Elaborar práticas para a introdução de técnicas de *Learning Analytics* no processo de produção de Objetos de Aprendizagem;
- e) Compilar os achados desta pesquisa em um *framework* de apoio a introdução de técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem.

1.2 METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo proposto - de apoiar a introdução de técnicas de *Learning Analytics* na produção de Objetos de Aprendizagem - o trabalho se desenvolveu majoritariamente sobre pesquisas qualitativas. Essa escolha foi estabelecida por conta do cenário de produção de Objetos de Aprendizagem que consiste em uma tarefa realizada colaborativamente por uma equipe multidisciplinar. Desse modo, os métodos qualitativos permitem uma compreensão mais abrangente de todo o fenômeno [125].

Para Corbin e Strauss [35], o método qualitativo é mais flexível que o quantitativo e permite a combinação de diversas fontes de dados, contudo, os autores ressaltam que um dos fatores mais importantes está na qualidade dos materiais envolvidos na análise.

Para ampliar as fontes de análise, foram conduzidas etapas de pesquisas teóricas e práticas de modo a compreender os aspectos correlacionados envolvidos nesse processo.

Em relação à etapa de pesquisa teórica, ela envolveu duas revisões sistemáticas, uma sobre *Learning Analytics* e Objetos de Aprendizagem, foco desta pesquisa, e outra sobre os processos de produção de Objetos de Aprendizagem, de modo a compreender o uso de técnicas de *Learning Analytics* na produção desses recursos. Além disso, de modo a compreender a introdução das técnicas de *Learning Analytics* no cenário brasileiro de produção de Objetos de Aprendizagem, foi elaborada uma *survey* com pesquisadores na área de Objetos de Aprendizagem e de *Learning Analytics* objetivando coletar opiniões, sugestões, experiências e dificuldades nesse processo.

Na etapa de pesquisa prática, foram realizadas prototipagens exploratórias envolvendo a introdução de técnicas de *Learning Analytics* na produção de Objetos de Aprendizagem, sendo analisadas diferentes possibilidades de introdução dessas técnicas nos Objetos.

Por fim, foi realizada uma triangulação e análise dos resultados, que originou a elaboração de um *framework*, incluindo uma arquitetura alinhada com princípios de reuso para produção de Objetos de Aprendizagem com tais técnicas, estudos sobre dados analíticos que podem ser obtidos a partir dessa implementação, além de práticas a serem incorporadas no processo de produção de Objetos de Aprendizagem para contemplar técnicas de *Learning Analytics*.

Para melhor compreensão das etapas apresentadas, a Figura 1 ilustra um resumo do desenho da pesquisa.

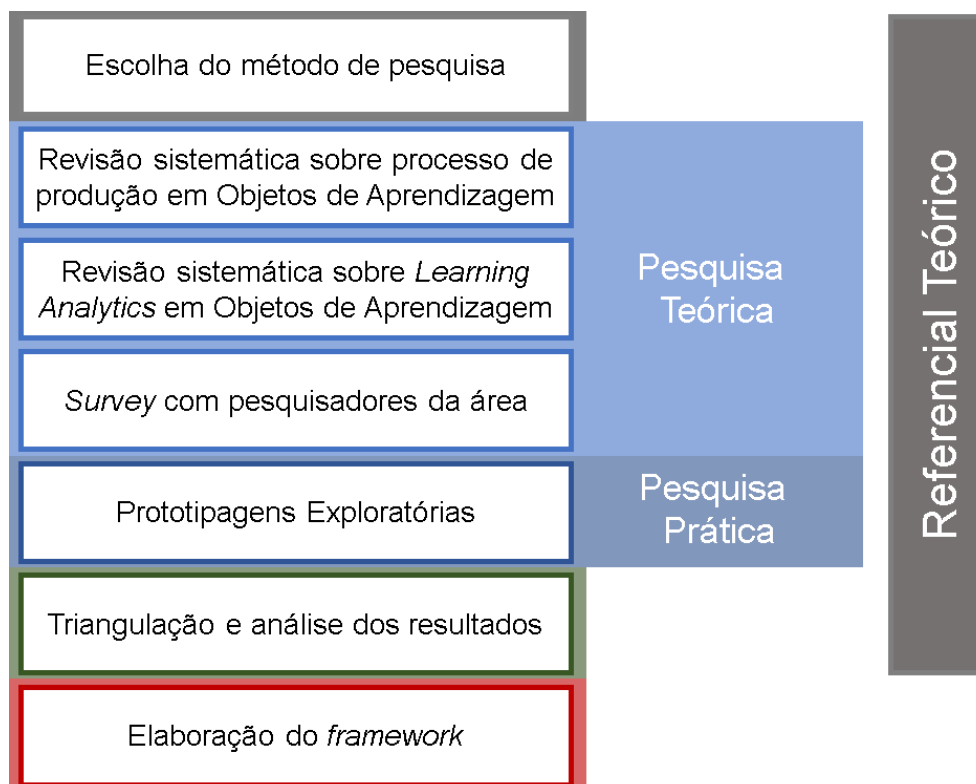


Figura 1. Desenho da Pesquisa.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está organizado a partir de 5 Capítulos. No capítulo 2 é apresentada a fundamentação teórica de pesquisa deste trabalho. No capítulo 3 são apresentados estudos teóricos e práticos utilizados na pesquisa, trazendo resultados duas revisões sistemáticas: uma sobre o processo de produção de Objetos de Aprendizagem, incluindo etapas, atividades, papéis, artefatos e sistemas utilizados nas metodologias existentes para a produção de Objetos de Aprendizagem, sendo esta uma reprodução de uma revisão sistemática realizada anteriormente, atualizando para um panorama atual; e outra sobre revisão sobre *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem. Ainda no capítulo 3, são apresentados resultados de uma *survey* realizada com pesquisadores na área de Objetos de Aprendizagem e *Learning Analytics*, com a qual se buscou compreender a introdução das técnicas de *Learning Analytics* na produção de Objetos de Aprendizagem, bem como apresenta prototipagens exploratórias realizadas para introdução de técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem. Finalizando o capítulo 3, são apresentadas sínteses das contribuições dos estudos apresentados para a tese. No capítulo 4 é

apresentado o *framework* elaborado para apoiar a introdução de técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem, sendo este composto por uma arquitetura para a produção de Objetos de Aprendizagem com técnicas de *Learning Analytics*, uma documentação teórica sobre dados analíticos que podem ser obtidos a partir das técnicas de *Learning Analytics*, bem como práticas pertinentes sobre para introdução de técnicas de *Learning Analytics* no processo de produção de Objetos de Aprendizagem. No capítulo 5 são apresentadas as conclusões, publicações realizadas no período de Doutorado, limitações da pesquisa e possibilidades de trabalhos futuros. Por fim, são apresentadas as referências utilizadas. Na sequência, o Apêndice A apresenta o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido utilizado na *survey*, o Apêndice B apresenta as questões da *survey* realizada, o Apêndice C e o Apêndice D apresentam as referências das revisões sistemáticas, por fim, o Anexo A apresenta o parecer favorável do Comitê de Ética sobre a realização da *survey*.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentados conceitos básicos sobre Objetos de Aprendizagem, sobre o *framework* QPPOA, sobre *Learning Analytics* e sobre especificações que podem ser utilizadas para integrar Objetos de Aprendizagem com *Learning Analytics*.

2.1 OBJETOS DE APRENDIZAGEM

Existem muitas definições para o termo Objeto de Aprendizagem, sendo umas muito específicas e outras muito amplas [40]. Uma das primeiras definições foi elaborada por Hodgins [68], que trouxe a ideia dos blocos de LEGO™ com encaixes padronizados, de modo que cada Objeto de Aprendizagem poderia se associar a outros, a fim de permitir o reuso dos Objetos de Aprendizagem de acordo com as necessidades e características de cada aluno [68]. Já Wiley [151] define Objetos de Aprendizagem como “materiais didáticos disponíveis em meio digital que podem ser acessados simultaneamente por vários usuários”. De acordo com a IEEE [69], os Objetos de Aprendizagem são “qualquer entidade digital ou não digital que possa ser utilizada para aprendizagem, educação ou treinamento”.

Como referência neste trabalho, adota-se a definição de Carneiro e Silveira [28]:

Quaisquer materiais eletrônicos (como imagens, vídeos, páginas web, animações ou simulações), desde que tragam informações destinadas à construção do conhecimento (conteúdo autocontido), explicitem seus objetivos pedagógicos e estejam estruturados de tal forma que possam ser reutilizados e recombinaados com outros Objetos de Aprendizagem (padronização).

Os Objetos de Aprendizagem não devem ser considerados como mecanismos tecnológicos individuais, pois devem ser introduzidos por professores a partir de um planejamento estratégico pedagógico [137]. Nesse contexto, em contraste com os conteúdos digitais tradicionais de aprendizagem, a reusabilidade é uma das funcionalidades mais atrativas dos Objetos de Aprendizagem [155]. A partir

dela, é possível reutilizar o mesmo Objeto de Aprendizagem em diferentes contextos e realidades.

O uso dos Objetos de Aprendizagem tem a capacidade de estimular habilidades cognitivas ao envolver o aluno em atividades de aprendizagem interativas [66]. Para isso, é necessário que a versão final do Objeto esteja em conformidade com os objetivos pedagógicos originais propostos pelo professor e, também, em conformidade com critérios de reutilização, usabilidade, acessibilidade, adaptabilidade, além da qualidade técnica para que os resultados de aprendizagem sejam satisfativos.

Na conceituação do termo, há também uma evolução arquitetural, denominada *Generative (Smart) Learning Objects (GLO/SMO)* [86]: a proposta de separação da estrutura (*template*) do Objeto dos seus conteúdos, de modo a facilitar o reuso do Objeto, a fim de que um tutor ou um aluno instancie o GLO adicionando conteúdo específico do assunto ao modelo [23].

Nesse contexto, há vertentes de pesquisa indicando a criação automática de Objetos personalizados ao aluno, de acordo com suas preferências e contextos de aprendizagem. Assim, temos a especificação do *Personalised Learning Objects (PLO)* [23] que propõe essa geração semiautomática de Objetos utilizando diferentes narrativas pré-estabelecidas na criação do Objeto, podendo conter diferentes tipos de recursos multimídias.

No contexto de busca e interoperabilidade, Johnson e Hall [76] mencionam a capacidade do Objeto de Aprendizagem ser executado em diversos sistemas, além de possuir metadados para que possa ser processado por outros LMS e Repositórios (federativos).

2.2 FRAMEWORK QPPOA

Para apoiar a qualificação da produção de Objetos de Aprendizagem e a reflexão sobre as práticas realizadas nesse processo foi elaborado o *framework* QPPOA [60] (Qualificação do Processo de Produção de Objetos de Aprendizagem), fruto da dissertação de Mestrado [58] do autor desta pesquisa. O *framework* QPPOA busca, por meio de 22 práticas, arquitetar um alinhamento de atividades vistas como

importantes na produção de Objetos e que impactam positivamente em sua qualidade final.

O *framework*, inspirado no CMMI¹ (*Capability Maturity Model – Integration*), propõe um modelo de avaliação de software que mede a maturidade e os níveis de capacidade de empresas na produção de software. No quesito avaliativo e reflexivo, o QQPOA busca avaliar a aderência das 22 práticas utilizadas no centro de produção com as práticas elencadas, abordando uma adaptação da classificação utilizada pela norma ISO-IEC 15504² (SPICE) adotando as seguintes aderências: **Não Atingido**, pouca ou nenhuma evidência de realização (0 a 5% de evidência); **Parcialmente Atingido**, alguma evidência e realizações relativas (de 15 a 50%); **Largamente Atingido**, evidências de uma realização significativa, porém com algumas fraquezas (de 50 a 85%); e **Totalmente Atingido**, evidências de uma abordagem sistemática (de 85 a 100%). A elaboração das práticas elencadas no QQPOA emergiu a partir da aplicação das técnicas de análise textual da metodologia *Grounded Theory* [35] sobre entrevistas realizadas em 9 centros brasileiros que desenvolvem Objetos de Aprendizagem juntamente com revisões de literatura sobre processos de produção existentes, além de outras referências (artigos, livros, etc.) associadas ao tema. Nesse processo, as práticas foram criadas a partir de teorias, sendo resultantes do processo de codificação (codificação aberta, axial e seletiva) e análise dos dados.

Essas práticas são segmentadas entre as cinco principais etapas do processo, além de um conjunto de práticas aplicável ao processo como um todo³.

¹ <http://www.sei.cmu.edu/cmmi/>

² <https://www.iso.org/standard/38932.html>

³ O detalhamento completo das práticas e seu protocolo de aplicação pode ser acessado em: <https://drive.google.com/file/d/0B7H8IbJM9Nj5RVQ5Z2VjWXVRU1E/view?usp=sharing>.

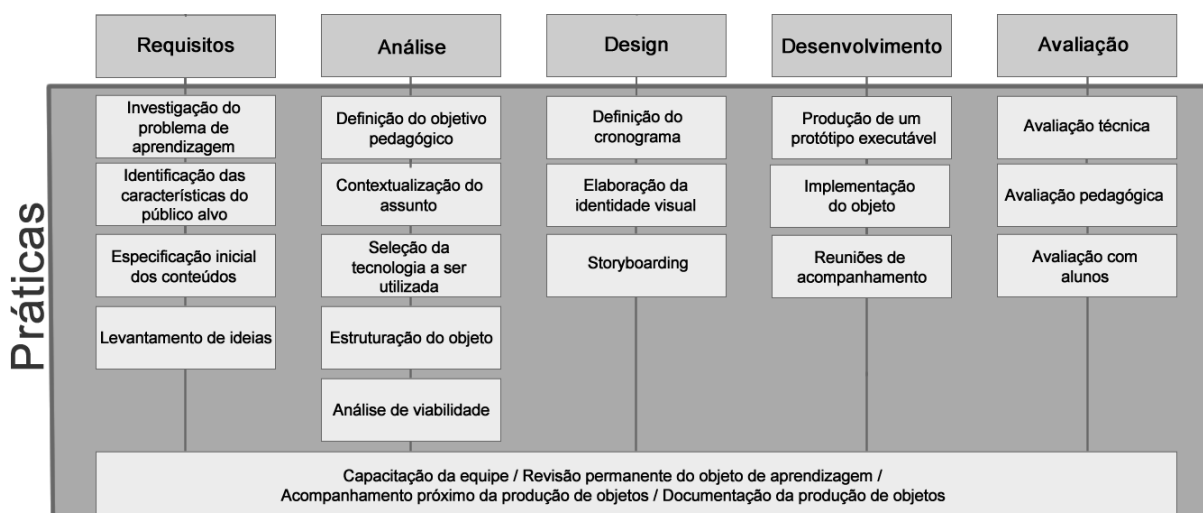


Figura 2. Práticas do *framework* QPPOA.

Fonte: Guterres e Silveira [60].

Na sequência são apresentados resumos dessas práticas, apresentando de acordo com as etapas as práticas e as atividades relacionadas.

2.2.1 Etapa de Requisitos

O objetivo desta etapa é realizar um levantamento sobre o público-alvo e dificuldades de aprendizagem que guiem a especificação inicial, além de ideias para enfrentar tais obstáculos (Tabela 1).

Tabela 1. Práticas da etapa de Requisitos e suas respectivas atividades.

Prática	Atividades
Investigação do Problema de Aprendizagem	Identificação, por parte dos professores, de dificuldades de aprendizagem em determinados conteúdos. Percepção, por parte do professor ou equipe pedagógica, que uma abordagem interativa relacionada a determinado conteúdo melhoraria a compreensão do aluno, superando determinada dificuldade.
Identificação das Características do Público-alvo	Elaboração do perfil do aluno (idade, gênero, preferências, etc.). Consideração da acessibilidade dos recursos a estes alunos, sendo o recurso disponível em qualquer local e para qualquer pessoa.

Prática	Atividades
Especificação Inicial dos Conteúdos	Organização de materiais e informações relacionadas, como pré-requisitos, sobre o conteúdo do problema identificado. Apresentação, por parte dos professores, dos materiais à equipe pedagógica e técnica sobre o tema abordado.
Levantamento de Ideias	Apresentação, pela equipe técnica de ideias sobre recursos tecnológicos, e apresentação das limitações técnicas das ideias, incluindo narrativas, navegação, design e tecnologias. Debate de ideias sobre como apresentar o conteúdo em forma de Objeto.

2.2.2 Etapa de Análise

O objetivo desta etapa é investigar os requisitos elaborados, resultando num esboço inicial do Objeto com seu conteúdo contextualizado, estruturado, além da escolha da tecnologia adotada com sua viabilidade de produção (Tabela 2).

Tabela 2. Práticas da etapa de Análise e suas respectivas atividades.

Prática	Atividades
Definição do Objetivo Pedagógico	Justificativa do motivo da construção do Objeto de Aprendizagem. Descrição do objetivo pedagógico. Descrição do público-alvo e quais dificuldades o Objeto busca solucionar.
Contextualização do Assunto	Criação de situações-problema com base nos problemas identificados. Contextualização das situações com um desafio, estudo de caso, etc. Escolha de personagens e elementos lúdicos.
Seleção da Tecnologia Utilizada	Apresentação de modelos pré-existent de Objetos, de modo a exibir as possibilidades dos recursos. Exposição das limitações e possibilidades das tecnologias selecionadas.
Estruturação do Objeto	Definição dos principais elementos do Objeto, tais como personagens, animações, vídeos, etc. Estruturação e decomposição dos principais conteúdos do Objeto de Aprendizagem.

Prática	Atividades
Análise de Viabilidade	Avaliação de viabilidade, pela equipe técnica, das atividades propostas na estruturação inicial do Objeto. Definição do reuso de elementos no Objeto.

2.2.3 Etapa de Design

O objetivo desta etapa é a elaboração do roteiro final (*storyboarding*) do Objeto, juntamente com sua identidade visual e cronograma das tarefas (Tabela 3).

Tabela 3. Práticas da etapa de Design e suas respectivas atividades.

Prática	Atividades
Definição do Cronograma	Identificação de tarefas concorrentes e dependentes. Definição dos papéis responsáveis pelas tarefas. Estipulação de prazos e encadeamento das tarefas.
Elaboração da Identidade Visual	Elaboração dos principais elementos de design. Prototipagem de baixa fidelidade para validação. Validação da identidade visual.
<i>Storyboarding</i>	Estruturação dos conteúdos. Orientações sobre eventos dinâmicos dos conteúdos e animações.

2.2.4 Etapa de Desenvolvimento

O objetivo desta etapa é a prototipagem e implementação do Objeto, incluindo revisões cíclicas e reuniões de acompanhamento (Tabela 4).

Tabela 4. Práticas da etapa de Desenvolvimento e suas respectivas atividades.

Prática	Atividades
Produção de um Protótipo Executável	Implementação dos principais elementos do Objeto. Validação do protótipo.
Implementação do Objeto	Implementação incremental do Objeto. Revisões cíclicas de qualidade.

Prática	Atividades
Reuniões de Acompanhamento	Exposição do progresso, por parte dos desenvolvedores, das suas tarefas. Análise das dificuldades e realização de ajustes, por parte da coordenação, na distribuição de tarefas. Documentação do progresso das tarefas e dificuldades encontradas.

2.2.5 Etapa de Avaliação

O objetivo desta etapa é verificar se o Objeto produzido atende às especificações em aspectos técnicos e pedagógicos, incluindo uma avaliação piloto com alunos, de modo a validar a eficácia do objeto em auxiliar o processo de aprendizagem (Tabela 5).

Tabela 5. Práticas da etapa de Avaliação e suas respectivas atividades.

Prática	Atividades
Avaliação Técnica	Testes de unidade na implementação dos incrementos. Testes de integração na integração dos incrementos.
Avaliação Pedagógica	Avaliação de adequação do Objeto a seu objetivo pedagógico. Verificação da adequação pedagógica do Objeto de Aprendizagem às características do público-alvo.
Avaliação Piloto com Alunos	Coleta de dados sobre o uso do Objeto pelos alunos. Análise das dificuldades encontradas no uso do Objeto. Avaliação da eficácia do Objeto. Documentação da avaliação com alunos.

2.2.6 Práticas Aplicáveis ao Processo como um Todo

Estas práticas estão relacionadas a aspectos do centro de produção não atrelados a nenhuma etapa específica, procedendo como princípios envolvidos na produção de Objetos (Tabela 6).

Tabela 6. Outras práticas e suas respectivas atividades.

Prática	Atividades
Capacitação da Equipe	Capacitação da equipe técnica sobre os conceitos envolvidos na elaboração dos Objetos. Capacitação da equipe pedagógica sobre quais recursos são possíveis de se implementar.
Revisão Permanente dos Objetos de Aprendizagem	Verificação dos conteúdos após uma determinada data. Atualização de tecnologia, se verificada falta de suporte. Refinamento na programação, tornando Objetos mais modulares e facilitando o reuso.
Acompanhamento Próximo da Produção de Objetos	Utilização de software de gerenciamento e alocação de atividades. Realocação de equipe para atender as demandas mais urgentes. Gerencia de conflitos de atividades e demandas.
Documentação da Produção de Objetos	Documentação de atas de reuniões. Documentação das ideias e decisões tomadas. Documentação das dificuldades e soluções encontradas.

2.3 LEARNING ANALYTICS

Learning Analytics são um conjunto de técnicas, inseridas no ambiente educacional, que coletam dados do contexto de aprendizagem do aluno para serem analisadas posteriormente, com o propósito de entender e otimizar a aprendizagem do aluno [128]. Segundo Elias [44], a área de *Learning Analytics* está ligada, principalmente, às áreas de análise de negócio (*business intelligence*), *Análise Web (Web Analytics)*, *Análise Acadêmica (Academic Analytics)*, *Mineração de Dados Educacionais (Educational Data Mining)* e *Análise de Ações (Action Analytics)*. Ao examinar a perspectiva bibliográfica, Waheed et al. [152] indicam que o *Learning Analytics* surgiu em 2011 e foi evoluindo e englobando diversas dimensões (Figura 3). Nesse cenário, ressalta-se o foco dessa pesquisa nas dimensões de *Learning Analytics*.

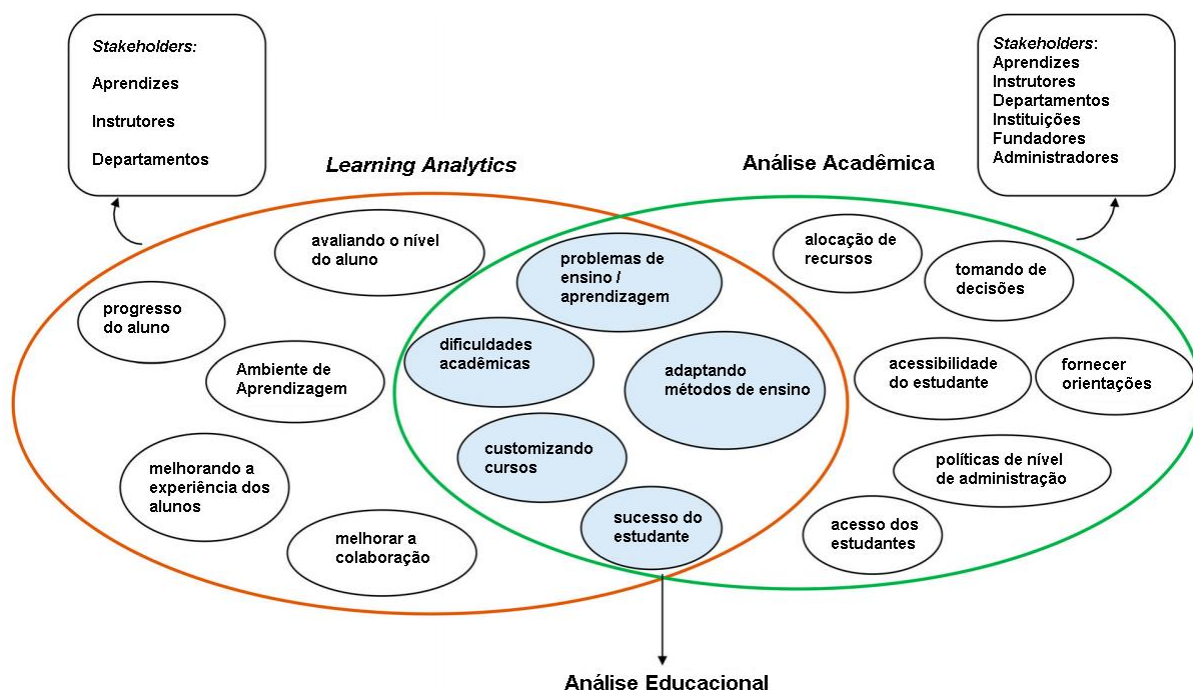


Figura 3. Dimensões do *Learning Analytics*.

Fonte: Traduzida de Waheed et al. [152]

Segundo Moissa et al. [97], pode-se obter dados a partir de diversas fontes e diferentes tipos de dados, que podem ser combinados com o uso de diversas técnicas de análise de dados. Destaca-se que essas técnicas de coleta são adotadas em recursos disponíveis na internet, contendo um banco de dados para salvar os dados de interações dos alunos.

Para descrever o ciclo completo de medição, coleta, análise e relatório, foram elaborados processos que guiam o *Learning Analytics*. Chatti et al. [29] descrevem o processo de *Learning Analytics* em um ciclo iterativo de três etapas: coleta e pré-processamento, que inclui busca, integração e refinamento de dados de diversas fontes; análise e ações, que explora padrões, previsões de comportamento, intervenções, adaptações, etc.; e pós-processamento, que inclui o melhoramento contínuo pelo refinamento dos dados, determinação de novos atributos, indicadores e variáveis para análise.

Já Dyckhoff et al. [43] descrevem um típico processo de *Learning Analytics* com início na etapa de coleta de dados, em que são coletadas e pré-processadas as diferentes interações e atividades dos alunos no *Learning Management System* (LMS), citando a possibilidade de existir outro banco de dados para armazenamento das informações. A próxima etapa é a mineração dos dados já pré-processados, utilizando diferentes técnicas de Análise de Negócio, como agrupamento,

classificação, mineração de regras de associação e análise de redes sociais. Por fim, os autores citam a existência de um sistema para visualização dos resultados, no entanto, ressaltam que só o sistema não garante a eficácia da interpretação pelos professores. A Figura 4 apresenta o típico processo de *Learning Analytics* citado por Dyckhoff et al. [43].

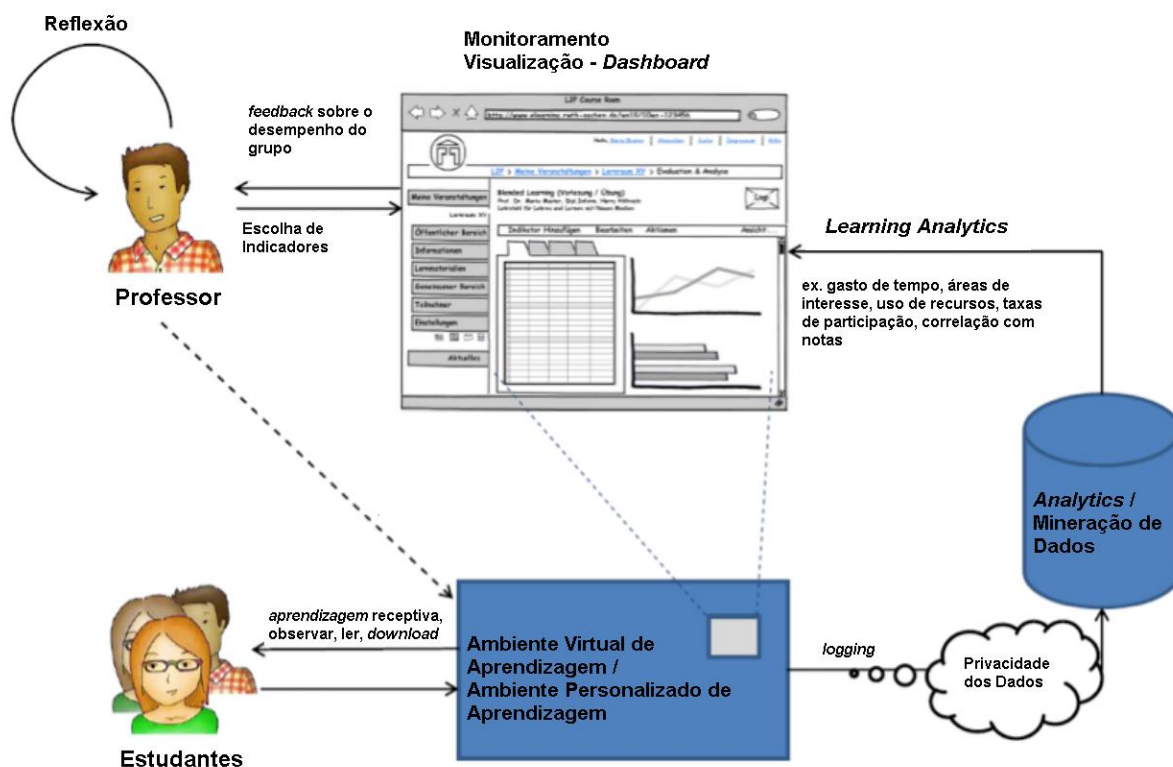


Figura 4. Processo de *Learning Analytics*.

Fonte: Traduzido de Dyckhoff et al. [43].

A proposta de Atif et al. [9] inclui quatro dimensões: entrada, *stakeholders*, objetivos e técnicas utilizadas. Na entrada, os autores mencionam os elementos que compõem os dados dos alunos, citando o Sistema de informação estudantil, Sistema de gerenciamento de aprendizado, Livro de notas, Fóruns de discussão, Páginas de mídia social e Sistemas específicos da Universidade. Os *stakeholders* incluem os interessados nas ações possíveis de serem feitas pelo *Learning Analytics*, como a instituição, o departamento e o estudante. Os objetivos são as possibilidades a partir dos dados extraídos: monitoramento, análise, predição, intervenção, adaptação, tutoria/mentoria, avaliação, *feedback*, personalização do recurso, recomendação e reflexão. Já as técnicas incluem os procedimentos realizados sobre os dados para chegar nos objetivos: análise de aprendizagem, análise de redes sociais, visualização, estatísticas e inteligência emocional.

Clow [33] apresentou um modelo cíclico, iniciando com alunos, dados e métricas e terminando com intervenções a alunos, que não necessariamente são os mesmos que geraram a ação. Nesse cenário, o autor cita que o *feedback* aos alunos, ou seja, o retorno ao início do ciclo é necessário para que haja melhorias no processo de ensino e de aprendizagem.

Já Chatti et al. [29] propõem um modelo de referência de quatro etapas de *Learning Analytics*, expandindo as quatro dimensões propostas por Atif et al. [9] e Clow [33]. As dimensões são: “O que?”, representando os tipos de dados coletados; “Quem?”, representando quem irá analisar os resultados; “Por que?”, representando os objetivos da análise, incluindo monitoramento e análise, avaliação e *feedback*, adaptação, personalização e recomendação, reflexão, etc.; e por fim, “Como?”, representando as diferentes técnicas adotadas, incluindo análise acadêmica, mineração de dados educacionais, etc.

No mapeamento sistemático realizado por Moissa et al. [97], as autoras identificaram tendências dos trabalhos envolvendo *Learning Analytics*, mostrando que grande parte destes envolviam monitoramento e análise e os dados das pesquisas eram exclusivamente de cursos tradicionais, sendo coletadas informações de LMS como Moodle, Blackboard, entre outros.

2.4 ESPECIFICAÇÕES PARA INTEGRAÇÃO DE *LEARNING ANALYTICS* E OBJETOS DE APRENDIZAGEM

Para apoiar a integração de *Learning Analytics* e Objetos de Aprendizagem, foram desenvolvidas especificações (também citadas por alguns autores como *frameworks*) com padrões para coleta, armazenamento e transporte de dados analíticos de interações dos usuários em recursos educacionais.

Nesse contexto, ocorre a interoperabilidade de dados analíticos oriundos das técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem [sejam eles dentro de *Massive Online Open Courses* (MOOC), LMS ou Repositórios de Objetos] utilizando a tecnologia *web services* para comunicação entre diferentes aplicações. Nesse cenário, se destacam o Caliper Analytics e o *Experience API* (xAPI), especificações elaboradas com foco no contexto de aprendizagem dos alunos. Outras

especificações, como o *Activity Streams*⁴, por exemplo, tem seu foco voltado para fluxos de atividades, de modo genérico. Assim, apresentaremos nessa seção apenas as especificações voltadas a área da Educação.

2.4.1 Caliper Analytics

O Caliper Analytics⁵®, da *IMS Global* [70], define como Objetos de Aprendizagem devem disparar eventos e registrá-los durante uma interação de um usuário, para que seja possível salvar essas interações para posterior análise. Para isso, ele fornece um modelo de informação, um vocabulário compartilhado e um formato comum de intercâmbio de dados para descrever, salvar e trocar dados de atividades de aprendizagem entre sistemas [105]. Deste modo, a especificação permite acompanhar o envolvimento do aprendiz em todo o ecossistema da tecnologia de aprendizagem, incluindo LMS, *eBooks*, artigos, repositórios institucionais, etc. Nesse cenário, ele possibilita um fluxo de dados entre diferentes sistemas, tendo, por exemplo, o LMS como o centralizador das informações.

A especificação adota o conceito de evento, que aborda um contexto de utilização com a seguinte estrutura: um ator, que pode ser um estudante, um professor, ou um usuário; uma ação (ou intervenção), que representa o que o ator está realizando; e um objeto, que representa o material que o ator está utilizando. Além disso, o Caliper Analytics possui métricas padronizadas extensíveis para cada tipo de atividade, como, por exemplo, leitura, avaliação, vídeos, etc. Todos esses eventos são capturados por sensores espalhados pelos recursos, que possuem suporte nas linguagens de programação Java, Javascript, PHP, Python, .NET e Ruby. A Figura 5 ilustra os conceitos envolvidos no Caliper Analytics.

⁴ <https://www.w3.org/TR/activitystreams-core/>

⁵ <http://www.imsglobal.org/activity/caliper>

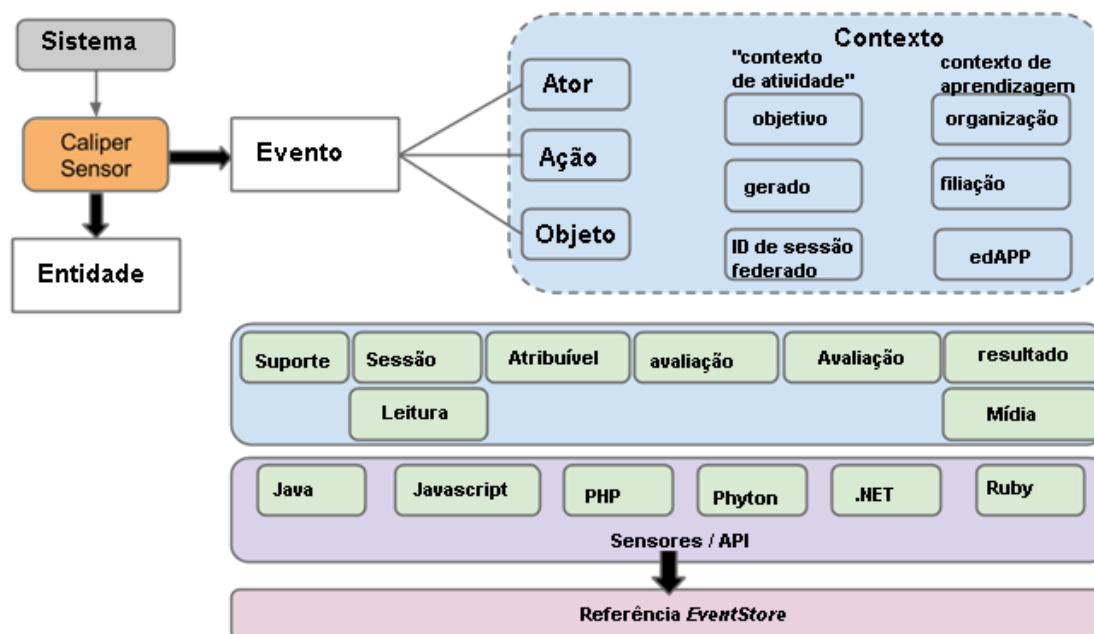


Figura 5. Estrutura do Caliper Analytics.

Fonte: Traduzido de Mattson [93].

O transporte dos dados é realizado pelo formato JSON (*JavaScript Object Notation*), similar ao XML (*Extensible Markup Language*). Nesse contexto, a especificação Caliper Analytics é responsável por criar uma interface entre o provedor e o consumidor, no qual o provedor de dados é o recurso educacional acessado e o consumidor pode ser um banco de dados ou um LMS.

2.4.2 Experience API (xAPI)

O *Experience API (xAPI)*⁶ da ADL (*Advanced Distributed Learning*) fornece um modelo similar ao Caliper Analytics, denominando declarações de atividades (*activity statements*) para transmitir as ações realizadas pelo usuário ao banco de dados [82]. Segundo a ADL [1], a estrutura dos dados deve possuir pelo menos três propriedades: ator, verbo e atividade. A Figura 6 ilustra os conceitos envolvidos na especificação xAPI.

⁶ <https://www.adlnet.gov/xapi/>

Declaração xAPI

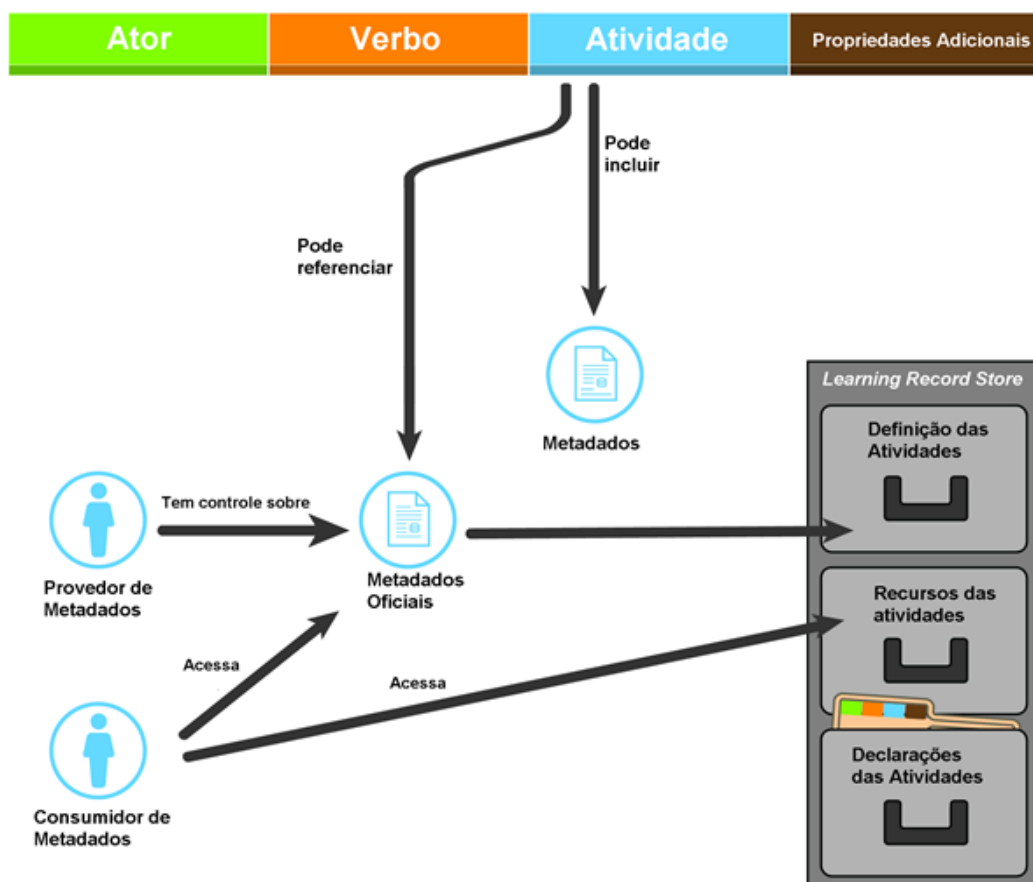


Figura 6. Estrutura do xAPI.

Fonte: Traduzido de ADL [1].

Segundo Kevan e Ryan [82], o xAPI possui propriedades predefinidas para incluir informações adicionais como contexto e dados de avaliação (resultados), sendo projetado para ser extensível para necessidades imprevistas de coleta de dados. Além disso, os autores destacam que as declarações de atividades seguem uma sintaxe legível para humanos, citando o seguinte exemplo: um aluno do ensino médio ao qual foi atribuído a leitura de um livro para a sua aula de inglês pode ter a seguinte declaração: *Bruce* (ator) *read* (verbo) *The Great Gatsby* (objeto).

Nesse contexto, as atividades realizadas pelo usuário podem ser rastreadas por estas declarações, sendo possível verificar o comportamento dos usuários durante o uso de recursos educacionais, incluindo diferentes tipos de recursos.

2.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE OBJETOS DE APRENDIZAGEM E *LEARNING ANALYTICS*

Nesse capítulo foram apresentados conceitos relacionados a Objetos de Aprendizagem, um *framework* para qualificação da produção de Objetos, conceitos de *Learning Analytics* e especificações para integração das técnicas de *Learning Analytics* nos Objetos.

No contexto desta pesquisa, buscou-se compreender os elementos envolvidos na integração de Objetos de Aprendizagem e *Learning Analytics*, demonstrando ser possível a utilização de especificações como Caliper e xAPI para este fim. O funcionamento dessas especificações envolve a modificação de alguns elementos no código fonte do Objeto, que disparam eventos que são enviados para um banco de dados contendo as atividades realizadas pelo aluno no formato de declarações.

No entanto, a introdução dessas especificações nos Objetos requer a introdução de elementos arquiteturais (*web services* ou conexão com bases de dados) que implicam na redução do reuso dos Objetos de Aprendizagem, sendo necessárias configurações de banco de dados, bem como implementação de configurações locais para conexão e envio dos dados analíticos para tornar possível a interoperabilidade desses dados.

Considerando o cenário brasileiro de produção de Objetos de Aprendizagem, considera-se que essa integração envolve esforços adicionais tanto técnicos quanto pedagógicos para se obter os benefícios do *Learning Analytics*. Nesse sentido, verificam-se hiatos quanto a introdução das técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem, incluindo a falta de padronização arquitetural para o desenvolvimento de Objetos, falta de processos e práticas para introduzir as técnicas no processo de produção dos Objetos, conhecimentos sobre dados que podem ser extraídos dos Objetos, entre outros. Nesse contexto, torna-se necessária a criação de um *framework* específico para introdução das técnicas de *Learning Analytics* nos Objetos de Aprendizagem, bem como a extensão do *framework* QPPOA de modo a qualificar o processo de produção contendo tais técnicas.

3 ESTUDOS PARA COMPREENSÃO DO PROBLEMA

No intuito de compreender as formas e práticas de introdução das técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem, conduzimos revisões sistemáticas sobre o tema, uma *survey* com pesquisadores na área de Objetos de Aprendizagem e de *Learning Analytics* e prototipagens exploratórias sobre a introdução de técnicas de *Learning Analytics* em Objetos. No encerramento do capítulo, sintetizamos as principais contribuições desses estudos para esta pesquisa.

3.1 REVISÃO SISTEMÁTICA: PROCESSO DE PRODUÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM

Aprimorando os estudos sobre o processo de produção de Objetos de Aprendizagem, bem como indícios da introdução de *Learning Analytics* nesse processo, propusemos a reprodução de uma revisão sistemática, realizada em 2015 pelo autor desta pesquisa [59] [60], incorporando os anos de 2016 a 2019 para uma atualização de literatura sobre o tema.

Seguindo o protocolo proposto por Kitchenham [81], esta revisão foi realizada um pesquisador júnior e um pesquisador pleno, apoiados por um pesquisador sênior na área de Informática na Educação e Objetos de Aprendizagem.

No intuito de compreender o panorama atualizado sobre o processo de produção de Objetos de Aprendizagem, reproduziu-se a revisão sistemática com as mesmas questões de pesquisa:

- RQ1: Quais são as **etapas** fundamentais para a produção de Objetos de Aprendizagem?
- RQ2: Quais são as **atividades** fundamentais para a produção de Objetos de Aprendizagem?
- RQ3: Quais **artefatos** são utilizados para auxiliar o processo de produção de Objetos?
- RQ4: Quais são os **papéis** envolvidos no processo de produção de Objetos?
- RQ5: Quais **ferramentas/sistemas** são utilizadas para suportar o processo de produção de Objetos?
- RQ6: Quais **princípios** constituem a produção de Objetos de Aprendizagem?

As contribuições na área de Objetos de Aprendizagem podem ser encontradas em diferentes domínios (Ciência da Computação, Educação, Engenharia, Psicologia, Medicina, etc.), devido a sua utilização para complementar diferentes situações de aprendizagem. Com este cenário de larga abrangência sobre a produção de Objetos de Aprendizagem foram pesquisados artigos nas principais bases de dados online: Elsevier⁷ (modo *search* do Science Direct), IEEE⁸, Springer⁹, ACM¹⁰ e Scopus¹¹.

A terminologia para denominação de processos de produção de Objetos de Aprendizagem é muito heterogênea. Para identificarmos os processos de produção foram utilizados termos como: *Methodology, Process, Model, Creation Cycle, Design, Production, Software Engineering, Process Model, Modelling Process, Method, Building*. Assim, na composição da *string* de busca, foram incluídas todas essas terminologias associadas a *Learning Object*, dando origem a seguinte string:

'(process OR method OR methodology OR model* OR develop* OR construct* OR build* OR creat*) AND ("learning object" OR "learning objects")'*.

Visando reduzir o escopo de pesquisa para seleção dos artigos, os seguintes critérios de inclusão foram utilizados para determinar se os artigos iriam ser incluídos na revisão:

- IC1: O artigo está escrito em inglês;
- IC2: O artigo apresenta um processo de produção de Objetos de Aprendizagem;
- IC3: O artigo apresenta atividades envolvidas na produção de Objetos;
- IC4: O artigo cita ferramentas que apoiam o processo de produção;
- IC5: O artigo cita princípios envolvidos na produção de Objetos.

Para exclusão, de forma não redundante aos critérios de inclusão, foram utilizados os seguintes critérios:

⁷<http://www.sciencedirect.com/>

⁸<http://ieeexplore.ieee.org>

⁹<http://www.springerlink.com>

¹⁰<http://portal.acm.org/dl.cfm>

¹¹<http://www.scopus.com>

- EC1: O artigo não apresenta um processo, apenas uma ferramenta que auxilia no desenvolvimento;
- EC2: O artigo apresenta a produção de materiais de aulas ou cursos ou disciplinas, sem considerar os princípios dos Objetos de Aprendizagem;
- EC3: O artigo apresenta apenas etapas de produção, sem detalhar quais atividades estão envolvidas no processo.

Os dados da primeira revisão sistemática foram coletados em julho de 2015 nas bases de dados internacionais selecionadas (Science Direct, IEEE, Springer, ACM e Scopus). O processo de refinamento da seleção final dos artigos, foi proposto para ser realizado em três estágios: no primeiro estágio foi realizada a leitura do título, resumo e palavras-chave, de modo a refinar pesquisas na área do tema selecionado; no segundo estágio, a leitura dinâmica dos artigos, selecionando os artigos para o próximo estágio e justificando a escolha ou rejeição; o terceiro estágio compreendeu a leitura e análise dos artigos na íntegra. A Tabela 7 apresenta os dados qualitativos do estágio de seleção dos artigos selecionados em bases internacionais.

Tabela 7. Dados qualitativos da seleção dos artigos em bases internacionais (revisão de 2015).

Base de dados	Total	1º Estágio	2º Estágio
ACM	1570	144	5
Sciencedirect	105	27	5
IEEE	955	162	23
Springer	967	46	1
Scopus	346	56	5
Total	3943	435	39

Para a reprodução da revisão sistemática, os dados foram coletados em novembro de 2018 e janeiro de 2019 nas mesmas bases de dados internacionais, seguindo o mesmo processo de refinamento da seleção final dos artigos, de modo a investigar artigos entre 2016 e 2019. A Tabela 8 apresenta os dados qualitativos do estágio de seleção dos artigos selecionados em bases internacionais.

Tabela 8. Dados qualitativos da seleção dos artigos em bases internacionais (revisão de 2019).

Base de dados	Total	1º Estágio	2º Estágio
ACM	56	5	2
Science Direct	44	2	1
IEEE	444	11	7
Springer	396	14	8
Scopus	34	1	1
Total	974	33	19

As referências desta revisão sistemática são apresentadas no Apêndice C. A análise dos dados complementou a já realizada na revisão sistemática realizada em 2015 utilizando o pacote RQDA, também utilizado para responder as questões de pesquisa, adotando técnicas de análise textual da metodologia *Grounded Theory* [35].

Nesse cenário, obteve-se um panorama atualizado quanto a produção de Objetos de Aprendizagem, incluindo atividades, ferramentas e papéis envolvidos nesse processo.

3.1.1 RQ1: Quais são as etapas fundamentais para a produção de Objetos de Aprendizagem?

Para responder a essa questão de pesquisa, considerou-se a existência de diferentes tipos de processos de produção de Objetos de Aprendizagem: a tradicional, a espiral e a ágil. Considerando estas denominações, identificou-se que os processos de Ying e Qunli [159], Banerjee e Murthy [10], Khlaif [80], Claros e Cobos [31], Cochrane [34] e Mohan e Daniel [95] introduzem a metodologia tradicional de produção. Os processos de Vlachos [148], Banerjee e Murthy [10] e Barajas et al. [11] seguem uma abordagem espiral. Já os processos de Bettio et al. [16], Boyle et al. [22], Leinonen et al. [87] e Boot et al. [19] praticam a abordagem ágil para a produção de Objetos.

Nas abordagens tradicionais, nota-se a utilização de etapas em forma de cascata, de modo que as etapas de produção de Objetos seguem um único fluxo

desde a concepção até a conclusão. Na abordagem espiral, a produção de Objetos passa por diversas vezes pelas suas diferentes etapas, de modo a propiciar o refinamento das especificações dinamicamente, durante a produção do Objetos. Já na abordagem ágil, a produção do Objetos ocorre em *sprints* (unidades de tempo fixo nas quais ocorrem o desenvolvimento de partes dos Objetos), a partir de uma especificação inicialmente proposta. Nesse contexto, a produção do Objetos ocorre em iterações, incrementando partes do Objeto a cada *sprint*.

Considerando as especificidades de cada tipo de abordagem, identificou-se algumas convergências entre os processos de produção analisados, permitindo a adaptação de diferentes de abordagens em uma única metodologia. Nesse contexto, estudaram-se os processos existentes em cada tipo de metodologia e, de forma empírica, organizaram-se as atividades para ficarem atreladas a determinadas etapas, que seguem a mesmas atividades e princípios.

Com isso, as principais etapas encontradas para a produção de Objetos de Aprendizagem são: Requisitos, Análise, Design, Desenvolvimento e Avaliação. Nesse contexto, vale mencionar que foram citadas as etapas de Uso e Evolução, a primeira antes da Avaliação e, a segunda, após a etapa de Avaliação. Entretanto, foram descritas poucas atividades em suas etapas, o que permitiu a sua incorporação na etapa Avaliação. A Figura 7 ilustra as principais etapas para a produção de Objetos de Aprendizagem.

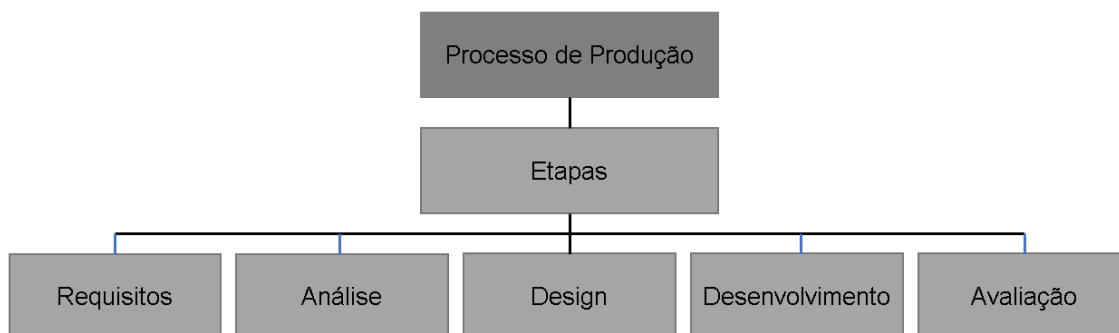


Figura 7. Principais etapas da produção de Objetos de Aprendizagem.

As respostas às demais questões de pesquisa serão discutidas utilizando estas etapas como base.

3.1.2 RQ2: Quais são as atividades fundamentais para a produção de Objetos de Aprendizagem?

Para responder essa pergunta, serão percorridas as etapas, indicando suas respectivas atividades.

3.1.2.1 Requisitos

A etapa de **Requisitos** é a fase inicial, onde a proposta conceitual do Objeto de Aprendizagem é elaborada [10]. Segundo Brady et al. [23], ocorre a seleção do domínio de conteúdo que será abordado pelo Objeto de Aprendizagem. Bertoncello et al. [15] mencionam uma *survey* das necessidades e requisitos do Objeto de Aprendizagem e a identificação dos estilos de aprendizagem dos alunos, de modo a priorizá-los no desenvolvimento do Objeto. Queiros et al. [112] consideram uma pesquisa bibliográfica para esta etapa, com objetivo de realizar *surveys*, de modo a coletar dissertações, teses e artigos, entre outros documentos relevantes ao tema do Objeto. No entanto, esse conteúdo deve ser pensado e elaborado de forma diferente da tradicional, de modo a contemplar a interatividade proporcionada pelos Objetos de Aprendizagem.

Após, é sugerida a realização de *workshops* para gerar ideias de possíveis Objetos de Aprendizagens, a partir identificação de problemas comuns e *brainstorms* de especificações [22]. Boyle et al. [22] sugerem que alunos também participem dos *workshops* para dar uma visão do aluno junto a visão do tutor para os problemas de aprendizagem.

A especificação dos requisitos pode ocorrer a partir da criação de situações problema relacionadas a um assunto particular [121]. Esses requisitos devem estar de acordo com padrões definidos em diretrizes [51] e, de forma coesa, considerar as restrições de tempo e tamanho, de modo que o Objeto aborde apenas um único objetivo pedagógico [148]. Aspectos de acessibilidade devem ser considerados desde o planejamento inicial do Objeto, de modo que ele não precise ser adaptado depois de sua criação [91].

3.1.2.2 Análise

Na etapa de **Análise**, Boyle et al. [22] atribuem uma forte ênfase à compreensão do problema antes de tentar propor soluções. Para Ying e Qunli [159] é necessário, portanto, encontrar as razões do problema de performance dos alunos para então propor soluções apropriadas para elas. Nesse contexto, Mohan e Daniel [95] consideram crucial a identificação da necessidade específica dos alunos e seu contexto de aprendizagem. Para Muñoz-Soto et al. [100], é necessário apresentar o principal problema que requer resolução e a seleção das ideias mais viáveis para implementação, utilizando roteiros gráficos ou *storyboards* para explicar como o sistema é aplicado em um cenário real. Para Queiros et al. [112], é necessária a criação de um mapa conceitual pelos clientes (elaboradores do Objeto), utilizando tanto o *canvas* apresentado quanto as ideias contidas em cartões de *insights*.

Para esta etapa, Barajas et al. [11] citam quatro competências essenciais: estruturação, interpretação, conhecimento e análise. Essas competências podem ser aplicadas para resolver problemas presentes em: entender os principais conceitos de produtos de software, aplicar o modelo de maturidade de processo e entender e conhecer a estrutura dos ciclos de vida [11].

Nessa etapa é feita a investigação e documentação sobre os alunos pretendidos, os objetivos de aprendizagem e os resultados de aprendizagem esperados com a utilização do Objeto [95]. Para Boyle et al. [22], nessa etapa ocorre a especificação inicial do Objeto de Aprendizagem que começará a ser planejado e desenvolvido nas próximas etapas.

A partir da interpretação das situações-problemas elaboradas na etapa anterior, nessa etapa ocorre a separação do problema da situação-problema, a realização de pesquisas e a organização do conhecimento para resolver o problema, dando origem a um roteiro para a produção do Objeto de Aprendizagem [121].

Nesta etapa também pode ser realizada a descrição dos objetivos pedagógicos do Objeto de Aprendizagem [159]. Esses objetivos pedagógicos devem ser criados por pedagogos especialistas no conteúdo abordado [132]. Nesse contexto, Barajas et al. [11] citam que os pedagogos e os analistas irão criar uma estratégia pedagógica para cobrir um problema apresentado. Essa estratégia, segundo Khlaif [80], leva em conta a identificação de uma solução alternativa para o

problema identificado. Já Ying e Qunli [159], consideram que a estratégia é criada com a seleção da melhor solução baseada nos resultados esperados.

A seleção das plataformas tecnológicas para implementação do Objeto de Aprendizagem, nessa etapa, afetará diretamente a programação e a reusabilidade do Objeto [95]. Rosatelli et al. [121] consideram que é necessário, ainda nessa etapa, detectar problemas e realizar as correções necessárias. Por fim, Razak e Palanisamy [114] destacam a importância de planejar o conteúdo antes de realizar o *storyboarding* do Objeto de Aprendizagem, que ocorrerá na próxima etapa.

3.1.2.3 Design

Wu e Doulai [155] apontam que na fase de **Design** são definidos os padrões de desenvolvimento, além das funcionalidades de reusabilidade, acessibilidade e adaptabilidade. Uma das formas de elaborar o design é através do uso de *storyboard*, que deve conter, segundo Hashim et al. [67], o fluxo de apresentação, o *layout* e a navegação do Objeto, além da escolha dos elementos multimídias para produção de vozes, de acordo com o roteiro. Já para Rosatelli et al. [121], nesta etapa, é criado o roteiro do Objeto de Aprendizagem, contendo todas suas telas detalhadas com descrições, passos de interações, movimento dos personagens, *feedback* de acordo com as interações, etc. Boyle et al. [22] citam, além disso, a necessidade de criação do design conceitual do Objeto e a definição do seu detalhamento.

Para isso, é necessário que requisitos identificados na etapa de Requisitos (atividades, elementos contextuais e recursos informativos) estejam bem estabelecidos, claros e explícitos, para que o designer especifique um diagrama geral de *layout* contendo todos esses elementos de forma padronizada [11]. Wu e Doulai [155] consideram que os objetivos pedagógicos (instrucionais) do Objeto de Aprendizagem são preparados e documentados nessa etapa, e, além disso, são estabelecidos o plano de projeto e o documento de design detalhado.

Bettio et al. [16] consideram a criação de um roteiro do Objeto, contendo conteúdos textuais para dialogar com o aluno durante a utilização do Objeto de Aprendizagem. Já Razak e Palanisamy [114] comentam que, durante o *storyboarding*, o foco deve estar na busca de recursos externos, na elaboração de

atividades com *feedback* e na programação de recursos midiáticos. Ying e Qunli [159] citam a possibilidade de realização de mineração em busca de soluções já existentes, de forma a avaliar essas soluções e adaptá-las, adicionando novos elementos a essas soluções e reaproveitando-as.

Uma das formas de aumentar a compreensão sobre as funcionalidades existentes para compor os Objetos de Aprendizagem é comentada por Leinonen et al. [87], que utilizam cenários e *workshops*. O design dos Objetos é criado a partir de um processo baseado em pesquisa dividido em etapas interativas de design participativo e design de produto [87].

Guenaga et al. [55] citam que nessa etapa são definidas as tecnologias e os padrões e regras [11] utilizados na produção do Objeto, de forma a propor recursos multimídias e alternativas a esses recursos. A partir das definições de padrões e tecnologias, são identificadas e documentadas as variáveis (dados) que podem impactar na etapa de Desenvolvimento [155].

Considerando o processo de produção de Bettio et al. [16], a etapa de Design envolve a criação do “*selected product backlog*”, estimando os requisitos e obtendo mais detalhes sobre os requisitos iniciais. Baseado no tempo disponível da equipe de desenvolvimento e na projeção de 144 horas para produção de um Objeto de Aprendizagem, são sugeridos ao professor alguns cortes e simplificações.

Para Guenaga et al. [55], a etapa de Design deve se preocupar em propor Objetos de Aprendizagem acessíveis em seus conteúdos e interações tecnológicas (via teclado, esquema de navegação claro, etc.), além de se preocupar com aspectos característicos dos alunos, tais como o ritmo de aprendizagem, aptidões pessoais, habilidades tecnológicas, relacionadas à diversidade, entre outros. Nesse contexto, Macedo e Ulbricht [91] destacam que a acessibilidade do Objeto de Aprendizagem deve ser considerada como um aspecto de todo o processo de Design e não uma atividade adicional. Um exemplo dessa acessibilidade é a produção de dois mapas de navegação, sendo um específico para usuários com baixa visão ou cegos [47].

Já considerando aspectos de usabilidade, a interface gráfica dos Objetos de Aprendizagem deve ser desenvolvida utilizando os mesmos recursos que os usuários normalmente utilizam em seu dia a dia [34].

Macedo e Ulbricht [91] destacam ainda que o design do Objeto deve tentar satisfazer as necessidades de todos os usuários, incluindo nesse processo pessoas

de todas as idades, capacidades físicas, sensoriais e cognitivas; enfatizando habilidades, entre outras especificidades.

Uma das formas de permitir a visualização de como será o Objeto de Aprendizagem com o objetivo de validar seu design é utilizando um protótipo inicial [22]. Essa prototipagem permite que o desenvolvedor expresse as ideias iniciais criadas pelo tutor em ciclos intensos de prototipagem [22]. Já Khlaif [80] aponta um teste piloto para validação do Objeto de Aprendizagem, antes de sua implementação.

Para Boyle et al. [22], a avaliação crítica e construtiva da produção do Objeto de Aprendizagem começa desde a etapa de Design, considerando nesta fase a avaliação do protótipo. Hashim et al. [67] apontam para uma revisão de qualidade, de design e linguística no *storyboard*, antes do Objeto de Aprendizagem começar a ser desenvolvido.

3.1.2.4 Desenvolvimento

A etapa de **Desenvolvimento** é responsável pela transformação dos conteúdos elaborados para a versão final do Objeto de Aprendizagem [11]. Essa transformação pode ser apoiada pelo “*Detail Design Document*”, que possui detalhes dos recursos, atividades e da interatividade esperada para o Objeto [159]. Segundo Wu e Doulai [155], o processo de desenvolvimento segue detalhes dos documentos criados na etapa de Design.

Um deles é o *storyboard* do Objeto, que pode ser utilizado para guiar a equipe técnica (programadores e designers) na produção da interface, da lógica de navegação e dos elementos customizáveis do Objeto de Aprendizagem [137] [10] [51] [80].

Segundo o processo de Boyle et al. [22], a produção pode ser conduzida por um processo iterativo de desenvolvimento. Rosatelli et al. [121] também comentam essa interação dinâmica na produção do Objeto. Essa interação permite que o Objeto de Aprendizagem reflita exatamente o que foi elaborado pelo autor [159]. Barajas et al. [11] citam que os autores contribuem na etapa de Desenvolvimento, alimentando com informações de elementos contextuais e de recursos.

Durante o desenvolvimento do Objeto, Khlaif [80] comenta que os protótipos criados na etapa de Desenvolvimento podem ser submetidos para revisão e *feedback*.

Silva et al. [132] citam que existem várias etapas de Desenvolvimento, sendo que cada fase requer um tipo específico de desenvolvedor. Nesse contexto, a colaboração entre habilidades dos designers com perfis diversos é crucial no processo de produção [51].

Para a criação do Objeto de Aprendizagem, Iorio et al. [73] propõem uma formatação do Objeto para uso na web que deve considerar todos os guias de padronização e acessibilidade web. Hashim et al. [67] citam que todo o processo de desenvolvimento deve incluir medidas de qualidade em forma de uma avaliação formativa.

Já Wu e Doulai [155] propõem, em sua abordagem, a criação de Objetos com controle e inspeções de qualidade. A composição dos aspectos de controle de qualidade e inspeção inclui os recursos de aprendizagem, Objetos criados, processos e práticas de aprendizagem e resultados de aprendizagem como forma de reduzir problemas de acessibilidade e oferecer uma melhor experiência de aprendizagem. Essa inspeção, por assegurar a qualidade do produto, reforça a reutilização dos conteúdos. Para os autores, os custos e o tempo gastos na garantia de qualidade e melhoria no processo de desenvolvimento são necessários nos projetos de desenvolvimento dos conteúdos de aprendizagem.

Como citado na etapa de Design, é possível a reutilização de materiais para a produção de um novo Objeto. Com isso, Wu e Doulai [155] comentam que deve ser realizada uma verificação dos direitos autorais, antes da utilização no Objeto. Segundo o processo de produção de Vlachos [148], os elementos dos Objetos podem ser desenvolvidos separados e combinados no final do desenvolvimento, criando relações entre os elementos dos Objetos. Nesse contexto, Alvarado et al. [4] mencionam que a arquitetura do Objeto de Aprendizagem deve considerar os três requisitos: características de qualidade e atributos que os Objetos de Aprendizagem devem possuir; características a serem consideradas no desenvolvimento voltado para dispositivos móveis; diretrizes de integração no Objeto de Aprendizagem com tecnologia de realidade aumentada.

Na metodologia de Bettio et al. [16], também é proposta essa separação dos requisitos dos Objetos, de modo que alguns dos elementos do Objeto sejam

desenvolvidos em ciclos (*sprints*) e combinados no final do desenvolvimento. Segundo os autores, o final de cada ciclo de desenvolvimento é composto por uma retrospectiva, com o objetivo de identificar problemas e soluções para serem usados no próximo ciclo.

3.1.2.5 Avaliação

Na etapa de **Avaliação** verifica-se se o Objeto produzido atende às especificações descritas na etapa de Análise e que nada foi perdido no processo de desenvolvimento [22]. Ela é uma etapa necessária para garantir o controle de qualidade do Objeto de Aprendizagem [34] [156]. Se necessário, o Objeto deve retornar para o desenvolvimento para as modificações necessárias [22]. Boyle et al. [22] consideram a utilização de revisões aos pares para avaliar as funcionalidades do Objeto de Aprendizagem, de modo a encorajar a crítica construtiva e sugestões de melhorias.

Para Barajas et al. [11], a avaliação do Objeto determinará se ele é realmente útil aos alunos. Os autores citam dois pontos de vista em sua avaliação: a pertinência dos conteúdos, para cobrir o contexto do problema, e a qualidade dos conteúdos, de modo a analisar se eles realmente são suficientes para cobrir a temática do problema.

Guenaga et al. [55] citam algum dos indicadores de qualidade dos Objetos: coerência com os objetivos pedagógicos, qualidade do conteúdo, *feedback*, adaptação, motivação, design, apresentação, usabilidade, interação, acessibilidade, reusabilidade e conformidade com padrões. Já para Bettio et al. [16], os critérios de adoção do Objeto de Aprendizagem devem ser a clareza, a objetividade e a viabilidade técnica da proposta, em conformidade com os objetivos educacionais.

Para Daniel e Mohan [36], a avaliação é um processo complexo que requer que o avaliador considere a interação entre multivariados aspectos durante todo o projeto, considerando etapas de Design, Desenvolvimento e ciclos de entrega do Objeto de Aprendizagem. Nesse contexto, eles consideram a avaliação do design do conteúdo (foco nos princípios pedagógicos e tecnológicos), design do motor de entrega (*back-end* e gerenciamento de conteúdo), design de apresentação (interface e apresentação *front-end*) e aprendizagem (processo de aprendizagem e resultados

da aprendizagem). De forma muito parecida, Hashim et al. [67] citam três critérios de avaliação: precisão do conteúdo, design de apresentação e usabilidade.

Já para Khlaif [80] e Hashim et al. [67], a avaliação passa por duas etapas: a formativa (avaliação conduzida durante o processo de desenvolvimento) e somativa (avaliação do produto final).

Cochrane [34] cita que a avaliação do Objeto de Aprendizagem deve ser realizada em paralelo com o desenvolvimento, a etapa anterior em sua metodologia. Nesse contexto, Mohan et al. [96] descrevem, em sua metodologia, a adoção de uma estratégia para validar o Objeto de Aprendizagem por meio de testes de unidade.

Para Wu e Doulai [155], a concepção bem sucedida da estrutura e dos conteúdos pode ser refletida nos resultados da avaliação. Rodríguez e Morgado [118] propõem uma avaliação de Objetos, considerando aspectos pedagógicos e técnicos. Nesse contexto, o Objeto de Aprendizagem que obteve as menores pontuações nos aspectos pedagógicos deve ser revisto, como dificuldades que foram avaliadas com baixo desempenho recorrentemente.

Bettio et al. [16] consideram importante realizar uma comparação entre o tempo estimado e o tempo real da produção, de modo a avaliar a técnica proposta para o desenvolvimento. Considerando esses critérios, Ying e Qunli [159] comentam que a etapa de avaliação determina: o desempenho da experiência de aprendizagem e do impacto dos programas sobre os alunos, a análise de satisfação do aluno, o conhecimento e as habilidades de aprendizagem e o retorno sobre o investimento.

3.1.3 RQ3: Quais artefatos são utilizados no processo de desenvolvimento de Objetos?

Para responder essa pergunta, serão percorridas novamente as principais etapas, indicando seus respectivos artefatos.

3.1.3.1 Requisitos

Para a etapa de **Requisitos**, Banerjee e Murthy [10] consideram a criação de um documento contendo a proposta conceitual do Objeto, visando auxiliar todo o processo de produção, contendo nele o objetivo pedagógico do Objeto de Aprendizagem. Bettio et al. [16] também relatam a utilização de documentos, contendo a proposta dos Objetos de Aprendizagem.

Na metodologia de Bettio et al. [16], a etapa de requisitos é composta pela criação do *product backlog*, no qual os requisitos iniciais do cliente (autor do Objeto) são identificados e descritos em um documento.

3.1.3.2 Análise

Na etapa de **Análise**, vários autores mencionam a utilização de *templates* em forma de guias para auxiliar a especificação dos conteúdos dos Objetos de Aprendizagem [10] [51] [23]. Slotkiene [135] cita também a utilização do formalismo de Backus-Naur para definição do problema do Objeto de Aprendizagem, além de cenários para sequenciamento das atividades. Já Fuentes et al. [51] citam a utilização da *Unified Model Language* (UML) com Diagramas de Sequência e de Caso de Uso para ajudar o sequenciamento das atividades e identificação entre atores e casos de uso. O uso de diagramas UML, assim como cenários, visa estruturar os conteúdos a partir da análise dos requisitos.

Segundo Razak e Palanisamy [114], o final da etapa de análise ocorre com a criação de dois documentos: o documento do conteúdo analisado (contendo natureza do conteúdo, resultado de aprendizagem, nível cognitivo do resultado de aprendizagem e sumário) e o documento do plano de design (contendo a introdução, método de apresentação do conteúdo, atividades e avaliações). Já Mohan e Daniel [95] citam o documento de análise de tarefas, que busca descrever como ocorre a interação do aluno com o Objeto de Aprendizagem para atingir o objetivo pedagógico.

3.1.3.3 Design

Na etapa de **Design**, o principal artefato citado é o *storyboard* [121] [10] [67] [114] [137]. Nesse contexto, Razak e Palanisamy [114] consideram que os documentos desenvolvidos nas etapas anteriores auxiliam na redução de tempo para a criação dos *storyboard*.

Além dos *storyboard*, são citados artefatos como enredo [137] [121] e o *Design Document* do Objeto de Aprendizagem [67]. Bettio et al. [16] relatam que o conteúdo textual deve utilizar a linguagem para facilitar o processo de diálogo, uma vez que os Objetos de Aprendizagem são construídos para auxiliar o aluno em seu estudo particular.

Nesta etapa também ocorre a utilização de *templates*, mas com um objetivo mais técnico que na etapa anterior. Nesse contexto, os *templates* contêm ferramentas e estruturas básicas que são utilizadas como uma forma de facilitar a criação do conteúdo para a web [87] ou como ponto de partida para criação das telas [54]. Boot et al. [19] também comentam que essas estruturas pré-fabricadas, como questões, itens práticos, atividades, exemplos, casos, *feedback*, etc., são utilizadas na estruturação do Objeto de Aprendizagem. Boyle et al. [22] citam que criação de conteúdos usando *templates* especiais ajuda a organização desses materiais para o desenvolvimento do Objeto. A utilização de padrões para elaborar as páginas do Objeto também é comentada por Fuentes et al. [51].

Razak e Palanisamy [114] mencionam o uso de guias, que permitem uma padronização no processo de transferência dos requisitos especificados em forma de ideias para recursos multimídia, tornando a tarefa mais organizada e estruturada.

E Souza et al. [137] descrevem que a utilização de uma linguagem específica para ajudar a descrever a arquitetura e os elementos para criação do enredo ou *storyboard* do Objeto. Já Sierra et al. [129] propõem que seja criado um documento com os conteúdos e a estruturação do Objeto de Aprendizagem, utilizando uma linguagem de marcação como XML para isso. Nesse mesmo contexto, Silva et al. [132] utilizam mapas conceituais com elementos intrínsecos com relações de composição e agregação entre elementos do Objeto de Aprendizagem.

Ao final da etapa, Banerjee e Murthy [10] sugerem aplicar um *checklist* para revisão de design, com o objetivo de verificar se o design do Objeto está de acordo com o que foi especificado na etapa de análise.

3.1.3.4 Desenvolvimento

Para a etapa de **Desenvolvimento**, Hashim et al. [67] comentam que o desenvolvimento do Objeto de Aprendizagem segue o *storyboard* elaborado na etapa anterior. Outro artefato citado é o quadro de tarefas [16], que permite o controle de tarefas, representadas por tipo, código, começo, fim, responsável. Além disto, a utilização de guias para produção de Objetos acessíveis é citada por Macedo e Ulbricht [91].

3.1.3.5 Avaliação

Na etapa de **Avaliação**, Guenaga et al. [55] sugerem a utilização de questionários avaliativos, tanto para alunos quanto para profissionais técnicos, coletando informações sobre aspectos pedagógicos e técnicos. Além disso, Barajas et al. [11] e Boyle et al. [22] sugerem a utilização de observações do uso dos Objetos em testes. Já Cochrane [34] aponta para o uso de *checklists* para avaliação dos Objetos. Para avaliação de acessibilidade, as diretrizes do *Web Content Accessibility Guidelines 2.0* são mencionadas por Guenaga et al. [55].

Além deles, Khlaif [80], Claros e Cobos [31] e Cochrane [34] mencionam a utilização do instrumento *Learning Object Review Instrument* para avaliação dos Objetos de Aprendizagem.

3.1.4 RQ4: Quais são os papéis envolvidos no processo de desenvolvimento de Objetos?

Para responder essa pergunta, novamente serão percorridas as etapas do processo, mencionando a atuação dos papéis associados a cada uma delas.

3.1.4.1 Requisitos

Na etapa de **Requisitos**, Boyle et al. [22] citam que a fase inicial da criação dos Objetos de Aprendizagem provém de uma discussão informal entre o coordenador e o tutor. Hashim et al. [67] citam a presença do autor do Objeto (especialista de domínio) na criação do esboço inicial do Objeto. Já Fuentes et al. [51] citam apenas a presença do professor (ou do designer instrucional) na elaboração dos requisitos (usando padrões pedagógicos) dos Objeto, tendo uma visão pedagógica na criação.

Segundo Bettio et al. [16], os professores e tutores criam os requisitos iniciais dos Objetos, preenchendo o *product backlog* mencionado nos artefatos. Já para Rosatelli et al. [121], a fase de requisitos é formada pela criação de um roteiro do Objeto de Aprendizagem, sendo ele criado por alunos com ajuda de professores.

3.1.4.2 Análise

Na etapa de **Análise**, Fuentes et al. [51] citam a presença do designer instrucional junto com o designer técnico nos requisitos dos Objetos, agora com uma perspectiva mais técnica, citando a criação de diagramas. Já Hashim et al. [67] citam a presença do autor do Objeto (especialista de domínio do conteúdo) na seleção dos conteúdos e atividades do Objeto.

Na metodologia de Rosatelli et al. [121], a etapa de análise ocorre com a avaliação do professor universitário sob um esboço inicial de um Objeto de Aprendizagem criado por alunos ou professores. Após isso, ocorre a especificação do Objeto pelo professor e um gerente.

3.1.4.3 Design

Na etapa de **Design**, Leinonen et al. [87] destacam uma integração entre professores e designers em sessões de design interativas, nas quais os professores apresentam seus cenários e os designers apresentam desenhos e ferramentas de modo a aumentar o entendimento das funcionalidades existentes. Boyle et al. [22] citam que o design e desenvolvimento constituem um processo interativo,

envolvendo um grupo colaborativo entre os tutores acadêmicos e os desenvolvedores multimídia. Segundo Fuentes et al. [51], o designer instrucional possui domínio sobre métodos pedagógicos e aspectos colaborativos na criação do Objeto de Aprendizagem.

Rosatelli et al. [121] citam a criação do roteiro do Objeto por professores e alunos. Já Hashim et al. [67] mencionam a presença do designer instrucional na criação do *storyboard* do Objeto de Aprendizagem. Segundo eles, após essa criação do *storyboard*, o autor do Objeto realiza a revisão do *storyboard* e, o editor linguístico, a revisão dos conteúdos. Para Fuentes et al. [51] inicia-se a produção dos elementos gráficos do Objeto a partir da presença do designer técnico na criação de padrões do Objeto.

Para o final desta etapa, Wu e Doulai [155] comentam que o gerente do projeto pode completar o plano de projeto, incluindo o escalonamento do tempo de desenvolvimento.

3.1.4.4 Desenvolvimento

Na etapa de **Desenvolvimento**, Hashim et al. [67] comentam que uma equipe multimídia irá implementar o Objeto de Aprendizagem. Para Boyle et al. [22], o processo de desenvolvimento pode ser conduzido por um processo iterativo de desenvolvimento, envolvendo um grupo colaborativo, formado por um especialista no conteúdo sendo o núcleo do time, um desenvolvedor multimídia e um avaliador (testador). Rosatelli et al. [121] também comentam a importância dessa interação dinâmica entre desenvolvedores e professores em conteúdo na produção do Objeto.

Hashim et al. [67] citam a presença do desenvolvedor, do especialista em conteúdo (*subject matter experts*), do designer instrucional, do editor linguístico, do engenheiro de som e do desenvolvedor de vozes no desenvolvimento do Objeto de Aprendizagem. Nesse contexto, para Sierra et al. [129], a comunidade de desenvolvedores participa ativamente da produção. Silva et al. [132] citam que existem várias etapas de desenvolvimento, que requerem um tipo específico de desenvolvedor para cada etapa. Nesse contexto, a colaboração entre habilidades dos designers com perfis diversos é crucial no processo de produção [51].

Sendo mais específico, Banerjee e Murthy [10] citam que uma equipe para produção de Objetos de Aprendizagem deve ser formada por um especialista de conteúdo, um designer instrucional, um pedagogo especialista, um designer de interação e pelo menos três desenvolvedores. Para Barajas et al. [11], os autores e os desenvolvedores possuem papéis complementares na etapa de Desenvolvimento.

3.1.4.5 Avaliação

Na etapa de **Avaliação**, Hashim et al. [67] citam a presença do designer instrucional e do autor do Objeto na revisão final do Objeto. Barajas et al. [11] relatam que o avaliador deve ser especialista em avaliações de Objetos de Aprendizagem.

3.1.5 RQ5: Quais ferramentas/sistemas são utilizadas para suportar o processo de desenvolvimento de Objetos?

Para responder essa questão de pesquisa, serão novamente percorridas as principais etapas, indicando sistemas que apoiam o desenvolvimento dos Objetos de Aprendizagem.

3.1.5.1 Requisitos

Na etapa de **Requisitos**, Ying e Qunli [159] consideram a utilização de ferramentas apropriadas para especificação de requisitos de Objetos de Aprendizagem, entretanto, mencionam ferramentas tradicionais como Microsoft Word e PowerPoint. Leinonen et al. [87] também mencionam a criação dos requisitos via PowerPoint, OpenOffice ou Slideshare.

3.1.5.2 Análise

Na etapa de **Análise**, não há menção direta a nenhum sistema específico.

3.1.5.3 Design

Na etapa de **Design**, Silva et al. [132] recomendam a utilização da ferramenta Latex na transformação dos conteúdos para a apresentação final do Objeto em slides. Já Bettio et al. [16] relatam a utilização de PowerPoint na elaboração dos slides, incluindo neles áudio e vídeo.

Já Buzatto et al. [27], consideram a utilização de softwares para criação de mapas conceituais para auxiliar a organização dos conteúdos e sua transferência para outras pessoas, neste caso os desenvolvedores. Nesse contexto, Boyle et al. [22] citam que o processo de envio especificação para o desenvolvimento deve ser suportado por um sistema eletrônico de envio.

3.1.5.4 Desenvolvimento

Na etapa de **Desenvolvimento**, uma das soluções para apoiar o desenvolvimento em larga escala é mencionada por Rosatelli et al. [121], que propõem a combinação das ferramentas colaborativas FLE3 e Sharepoint. Para apoiar colaboração entre desenvolvedores, Claros e Cobos [31] propõem um ambiente denominado SMLearning que permite reuso, interatividade entre recursos e interação social entre desenvolvedores. Nesse mesmo contexto, Silva et al. [132] propõem o uso da ferramenta *Learning Object Development Environment* para o desenvolvimento colaborativo de Objetos de Aprendizagem. Já Ahn et al. [3] mencionam a elaboração do sistema Enook para produção de Objetos de Aprendizagem, enumerando vantagens sobre outros sistemas semelhantes, como o eXelearning, SmartBuilder.

Para o desenvolvimento por especialistas técnicos, Han e Kramer [66] mencionam Flex Framework para criação de Objetos de Aprendizagem no formato de flash (arquivos swf) e importação de Java. Bettio et al. [16] citam, nesse contexto, o uso do Silverlight e Java FX. Na criação de simulações para os Objetos de Aprendizagem, Bettio et al. [16] também mencionam softwares de gravação de tela como Camtasia, ScreenCast e CamStudio na captura de simulações em softwares especializados.

Com uma abordagem de Objetos de Aprendizagem em vídeos, Turro et al. [141] propõem a utilização do software Polimidia para a produção dos Objetos de Aprendizagem. Leinonen et al. [87] citam o uso do sistema Trac para desenvolver os Objetos, que permite a gravação de aulas.

Cochrane [34], além do flash e Director para desenvolvimento técnico, cita vários softwares proprietários utilizados para desenvolver Objetos de Aprendizagem: LiveStage Pro, QuickTime Pro, Dreamweaver, Javascript, QuickTime VR Studio, e Final Cut Pro. Além desses, Guenaga et al. [55] citam JClic e Hotpotatoes na elaboração das atividades.

Para facilitar o desenvolvimento, Wu e Doulai [156] propõem a utilização de ferramentas como Reload Editor, CourseLab na conversão de Objetos de Aprendizagem em PowerPoint e software eXe para conteúdos web. Do mesmo modo, Iorio et al. [73] sugerem o software Isa-WebLOB para conversão e criação de Objetos sofisticados. Mohan et al. [96] citam o uso do Coopercore.

Já Gordillo et al. [54] propõem a criação do Objeto diretamente pelo professor através do software ViSH Editor, uma ferramenta que permite a criação de Objetos através de *templates*. Nesse mesmo contexto, Brady et al. [23] sugerem a utilização do software Generator para suportar professores na criação dos Objetos. Já Buzatto et al. [27] relatam o uso do sistema Cognitor na criação de Objetos de Aprendizagem em formato de hiperdocumentos.

3.1.5.5 Avaliação

Na etapa de **Avaliação**, Boyle et al. [22] mencionam o uso um rastreamento online do uso dos Objetos, com objetivo de avaliar o uso dos Objetos pelos alunos. Silva et al. [132] citam o uso do software Jabuti para teste.

3.1.6 RQ6: Quais princípios constituem a produção de Objetos de Aprendizagem?

Para responder essa questão de pesquisa, considera-se que os princípios não pertencem a uma etapa específica, mas a um contexto maior no processo de produção dos Objetos de Aprendizagem. Com isso, será apresentado um panorama

abrangente de todas as etapas, de modo a discutir os princípios envolvidos na produção do Objeto como um todo.

Um dos principais princípios mencionados está na colaboração entre a equipe no processo de produção dos Objetos. Para Banerjee e Murthy [10], um modelo de desenvolvimento de Objetos necessita ser colaborativo e multidisciplinar. Nesse contexto, a documentação produzida para os Objetos, segundo Mohan et al. [96], encoraja o trabalho em equipe e a colaboração.

Porém, para existir colaboração, num contexto mais amplo, envolvendo professores e designers, Fuentes et al. [51] comentam que devem ser utilizados padrões de desenvolvimento, para que os designers tenham uma linguagem em comum com os professores.

Outro princípio está na utilização de um sistema para auxiliar o desenvolvimento dos Objetos. Pukkhem e Vatanawood [111], considerando as etapas de Design e Desenvolvimento dos Objetos, relatam que os Objetos devem ser auxiliados por um sistema web. Nesse contexto, Wu e Doulai [155] consideram que a escolha certa da plataforma para produção dos Objetos pode acelerar o desenvolvimento, e com isso, reduzir o tempo e custo de implementação dos Objetos.

Nesse panorama, Wu e Doulai [155] consideram que as etapas de Design, Desenvolvimento, Publicação e Avaliação são responsáveis por até 60% do custo total da produção do Objeto. Já para Turro et al. [141], o custo está diretamente ligado com o reuso dos Objetos de Aprendizagem e seus recursos. Diante disso, a plataforma base escolhida para o desenvolvimento deve permitir, segundo Fuentes et al. [51], um fluxo de trabalho colaborativo dinâmico baseado em interações sociais, indo ao encontro do primeiro princípio. É comentado que esse fato pode criar uma consciência em grupo, de modo que os designers participem colaborativamente na produção dos Objetos de Aprendizagem, aumentando com isso o reuso de elementos [51].

A reutilização dos recursos e Objetos é um princípio muito discutido. Para Rosatelli et al. [121] existe a necessidade de uma troca e reutilização de código, personagens, cenas, animações e *scripts* na criação de Objetos de Aprendizagem. Uma das soluções para isso é utilizar um repositório público de recursos, facilitando com isso a busca de atividades, *feedbacks*, colaborações, etc. [121]. Nesse contexto, Alsubaie e Alshawi [5] consideram a criação de pequenos componentes de

aprendizagem, utilizando o paradigma da orientação a Objetos na composição de um Objeto de Aprendizagem. Nesse contexto, novas metodologias, como a proposta por Benitti [13], foram criadas para definir a granularidade dos Objetos, permitindo um maior reaproveitamento desses conteúdos. Outro princípio é o controle da produção dos Objetos. Nesse contexto, Barajas et al. [11] propõem o uso de modelos de processo da Engenharia de Software. A partir do seu uso, os autores afirmam que é possível obter um processo padronizado, propiciando a realização de melhorias tanto nos processos quanto nos Objetos. Para apoiar uma produção em massa de Objetos, Rosatelli et al. [121] comentam que é necessário um sistema que suporte escalabilidade de redes descentralizadas, distribuídas com suporte a colaboração. Vossen e Jaeschke [150] consideram que a criação dos Objetos deve ser versionada, de modo a criar novas versões conforme for sendo atualizado.

O refinamento do Objeto durante sua produção é outro princípio relatado. Nesse contexto, Rosatelli et al. [121] comentam que é importante, durante a implementação dos Objetos, ter pausas na produção para realização de revisões, *feedbacks* e gerar novas versões do Objeto. Sierra et al. [129] comentam que a evolução iterativa do Objeto, durante o processo de criação, possibilita o refinamento dos conteúdos e da estrutura dos Objetos, de modo a construir uma especificação mais madura do Objeto utilizando linguagem de marcação. Para os autores, o refinamento afeta tanto os conteúdos quanto a estrutura dos Objetos [129]. Esse refinamento não necessariamente envolve a modificação no Objeto, mas pode, por exemplo, adicionar exercícios para que se adeque a dificuldade do aluno. Essa diretriz vem ao encontro da proposta de Sánchez-Alonso e Vovides [123] de incorporar uma ontologia na produção dos Objetos, de modo a se adequar as necessidades dos alunos. No escopo de refinamento do Objeto, Essa [46] inclui a introdução de técnicas de *Learning Analytics* para coleta contínua de dados para atualizar e melhorar a qualidade dos modelos de aprendizagem.

Já para Wu e Doulai [155], inspeções de qualidade devem ser realizadas durante o desenvolvimento dos Objetos, de modo a oferecer uma melhor experiência de aprendizagem aos alunos.

3.1.7 *Learning Analytics* no Processo de Produção de Objetos de Aprendizagem

Considerando o tema abordado nesta pesquisa, realizou-se uma nova inspeção nos artigos selecionados em busca de evidências da introdução de técnicas de *Learning Analytics* nos processos de produção de Objetos, incluindo-se, nesse escopo, a incorporação de tais técnicas no escopo das Questões de Pesquisa propostas dessa revisão.

Nesse contexto, nos artigos referenciados dessa revisão, a menção ao termo *Learning Analytics* se inicia em 2016 no artigo de Essa [46] que indica “Um futuro possível para a próxima geração sistemas de aprendizagem adaptativos”, o qual descreve *Learning Analytics* como uma importante ferramenta para aprimorar sistemas de aprendizagem adaptativos por meio de Objetos de Aprendizagem modulares e reutilizáveis como blocos de construção. No entanto, a análise para introdução de tais técnicas se limita a descrever uma arquitetura interoperável usando a especificação Caliper como uma das possibilidades de implementação, sem descrever etapas, atividades, papéis envolvidos necessários para introduzir essa arquitetura na metodologia ou no processo de produção de Objetos de Aprendizagem.

Já em 2017, Ahn [3] apresenta o Enook, um sistema dividido entre cliente e servidor, que utiliza técnicas de *Learning Analytics* em módulos que traduzem as atividades de aprendizagem dos alunos em dados. Sobre os dados analíticos, os autores citam a coleta de leitura de conteúdo, anotações do usuário e resposta a perguntas, que são armazenados automaticamente em tempo real em um banco de dados. Por se tratar de um sistema de autoria de Objetos de Aprendizagem, o autor não descreve atividades envolvidas para essa inclusão, limitando-se a apresentar as funcionalidades e a arquitetura da ferramenta.

3.1.8 Considerações sobre a Revisão Sistemática: Processo de Produção de Objetos de Aprendizagem

A análise das publicações desta revisão sistemática permitiu compreender melhor o contexto de produção de Objetos de Aprendizagem, incluindo elementos

importantes para essa elaboração. A partir das publicações, verificou-se que a inclusão de técnicas de *Learning Analytics* não possui nenhuma atividade ou prática documentada no processo de produção.

Considerando o tema abordado nesta pesquisa, esta revisão não trouxe subsídios suficientes para compreender melhor a introdução de *Learning Analytics* nos Objetos de Aprendizagem. Nesse cenário, idealizou-se uma nova revisão sistemática, apresentada na próxima seção, de modo a contemplar publicações que contemplem ambos os temas: Objetos de Aprendizagem e *Learning Analytics*.

3.2 REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE *LEARNING ANALYTICS* E OBJETOS DE APRENDIZAGEM

Esta revisão buscou compreender o panorama da pesquisa no campo de *Learning Analytics* e Objetos de Aprendizagem, incluindo técnicas, tecnologias, dados analíticos e benefícios do uso de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem e atividades para introdução das técnicas de *Learning Analytics* no processo de produção de Objetos de Aprendizagem.

Para tanto, realizou-se uma pesquisa em bases de dados científicas para identificar a existência de revisões sistemáticas sobre o uso de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem. No entanto, nenhum artigo específico foi encontrado sobre o assunto.

Assim, foi elaborada uma revisão sistemática seguindo o protocolo proposto por Kitchenham [81], o qual foi aplicado por um pesquisador pleno, apoiado por um pesquisador sênior na área de Informática na Educação e Objetos de Aprendizagem. Nessa revisão, para compreensão do tema proposto, idealizou-se de responder as seguintes questões de pesquisa:

- RQ1: Quais **técnicas e possibilidades de uso** de *Learning Analytics* são adotadas em Objetos de Aprendizagem?
- RQ2: Quais **tecnologias** são utilizadas no desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem para apoiar *Learning Analytics*?
- RQ3: Quais são as **variáveis analíticas (dados analíticos)** utilizadas em Objetos de Aprendizagem?

- RQ4: Quais são os **benefícios** em utilizar *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem?
- RQ5: Quais são as **atividades** para implementação *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem?

Devido ao uso de Objetos de Aprendizagem em diferentes domínios (Ciência da Computação, Educação, Engenharia, Psicologia, Medicina, etc.), foram pesquisados artigos nas principais bases internacionais de dados online: Elsevier¹² (modo *search* do Science Direct), IEEE¹³, Springer¹⁴, ACM¹⁵ e Scopus¹⁶.

Considerando o escopo latino-americano, foram investigadas as bases de dados relacionadas à Comissão Especial de Informática na Educação¹⁷, incluindo os eventos SBIE (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação) e WIE (*Workshop* de Informática na Escola), os *Workshops* relacionados ao CBIE (Congresso Brasileiro de Informática na Educação), DesafIE (*Workshop* de Desafios da Computação Aplicada à Educação), além de RENOTE (Revista Novas Tecnologias na Educação) e TISE (*International Congress on Educational Informatics*)¹⁸.

Para identificarmos o uso de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem em bases internacionais, foi utilizada a *string* de busca: "*learning analytics*" AND "*learning objects*"; já em bases brasileiras e latino-americanas, foi utilizada a *string* de busca: "*learning analytics*" AND "*learning objects*" OR "Objetos de Aprendizagem".

Visando reduzir o escopo de pesquisa para seleção dos artigos, os seguintes critérios de inclusão foram utilizados para determinar se os artigos iriam ser incluídos na revisão:

- IC1: O artigo está escrito em inglês ou em português ou espanhol;
- IC2: O artigo apresenta o uso de técnicas e possibilidades de uso de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem;

¹²<http://www.sciencedirect.com/>

¹³<http://ieeexplore.ieee.org>

¹⁴<http://www.springerlink.com>

¹⁵<http://portal.acm.org/dl.cfm>

¹⁶<http://www.scopus.com>

¹⁷ <http://ceie-br.org/>

¹⁸ Não foi possível incluir publicações da conferência LACLO devido a indisponibilidade do site <<http://laclo.org/papers>> no período de coleta de dados.

- IC3: O artigo apresenta variáveis (dados analíticos) de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem;
- IC3: O artigo apresenta técnicas de integração do *Learning Analytics* de Objetos de Aprendizagem associados com LMS ou Repositórios de Objetos.

Para exclusão, de forma não redundante aos critérios de inclusão, foi utilizado o seguinte critério:

- EC1: O artigo não apresenta o uso de técnicas especificadamente em Objetos, focando apenas em LMS ou MOOC.

Os dados foram coletados entre dezembro de 2017 e junho de 2018 nas bases de dados selecionadas, não havendo restrição de datas das publicações. O processo de refinamento da seleção final dos artigos foi realizado em três estágios: no primeiro estágio foi realizada a leitura do título, resumo e palavras-chave, de modo a refinar pesquisas na área do tema selecionado; no segundo estágio foi realizada a leitura dinâmica nos artigos, selecionando os artigos para o próximo estágio e justificando a escolha ou rejeição; por fim, no terceiro estágio os artigos foram lidos e analisados na íntegra. A Tabela 9 e Tabela 10 ilustram, respectivamente os dados qualitativos do estágio de seleção dos artigos selecionados em bases internacionais e nacionais.

Tabela 9. Dados qualitativos da seleção dos artigos em bases internacionais (2018).

Base de dados	1º Estágio	2º Estágio	3º Estágio
ACM	9	4	1
Science Direct	17	0	0
IEEE	123	9	3
Springer	167	53	9
Scopus	21	14	5
Total	337	80	18 (16 ao eliminar artigos repetidos)

Tabela 10. Dados qualitativos da seleção dos artigos em bases nacionais (2018).

Base de dados	1º Estágio	2º Estágio	3º Estágio
CBIE	80	8	2
TISE	9	6	1
Renote	2	2	0
Total	91	16	3

Na reprodução dessa revisão sistemática, realizadas no escopo temporal entre 2018 e 2020, foram coletados no mês de setembro de 2020 nas bases de dados selecionadas, excluindo-se a base Scopus por conta da indisponibilidade da primeira pesquisa e ausência de resultados significativos das outras bases citadas. O processo de refinamento da seleção final dos artigos foi realizado seguindo os estágios já referidos. A Tabela 11 e Tabela 12 ilustram, respectivamente os dados qualitativos do estágio de seleção dos artigos selecionados em bases internacionais e nacionais.

Tabela 11. Dados qualitativos da seleção dos artigos em bases internacionais (2020).

Base de dados	1º Estágio	2º Estágio	3º Estágio
ACM	22	8	4
Science Direct	20	9	5
IEEE	274	5	3
Springer	149	54	30
Total	465	76	42

Tabela 12. Dados qualitativos da seleção dos artigos em bases nacionais (2020).

Base de dados	1º Estágio	2º Estágio	3º Estágio
CBIE	16	15	1
LACLO	2	2	0
TISE	2	1	0
Renote	8	6	3
Total	28	24	4

As referências desta revisão sistemática são apresentadas no Apêndice D. A análise dos dados coletados por meio desta revisão sistemática foi realizada utilizando o pacote RQDA¹⁹, pertencente ao software R, com o qual foi possível a codificação dos dados. Nessa codificação, que seguiu técnicas de análise textual da metodologia *Grounded Theory* [35]. A partir dessa análise, foram elaboradas discussões sobre as questões de pesquisa propostas, a fim de se construir uma base teórica e científica que permitisse subsidiar trabalhos futuros neste segmento.

¹⁹ <http://rqda.r-forge.r-project.org>

Nesse contexto, exploramos desafios e possibilidades de uso de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem e atividades e práticas que possam ser introduzidas no processo de produção de Objetos de Aprendizagem

Os resultados da análise realizada a partir dos dados estão representados a partir de tópicos para responder as questões de pesquisa propostas sobre o uso de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem.

3.2.1 RQ1: Técnicas de *Learning Analytics*

O nome das técnicas oriundas da inteligência de negócios (BI - *business intelligence*) é bastante heterogêneo, tendo muitas convergências e intersecções entre os conceitos destas técnicas que podem ser utilizadas na área de aprendizagem [131]. Buscou-se, então, para apresentação de técnicas de *Learning Analytics*, aquelas que detalham usos específicos que podem ser adotados em recursos educacionais ou em Objetos de Aprendizagem.

Segundo Dyckhoff et al. [43], *Learning Analytics* sintetiza técnicas de diferentes áreas de Mineração de Dados Educacionais, Análise Acadêmica, Análise de Redes Sociais ou Inteligência de Negócios para converter dados educacionais em informações úteis, de modo a promover o aprimoramento do ensino e a aprendizagem. Para Bharara et al. [17] *Learning Analytics* está intimamente ligado a uma série de outros campos de estudo, como Inteligência de Negócios, análise da web, análise acadêmica, mineração de dados educacionais e análise de ação.

Explicando melhor as diferenças entre os conceitos das técnicas envolvidas, Dyckhoff et al. [43] citam que técnica de Inteligência de Negócios se preocupa em fornecer informações para suporte à decisão de gerenciamento, evidenciando um aspecto mais estratégico e menos pedagógico. Já a Análise Acadêmica, segundo Dyckhoff et al. [43], tem uma perspectiva universitária, incluindo questões organizacionais e financeiras, sendo essa técnica um meio termo entre o aspecto gerencial e o pedagógico. Por fim, Mineração de Dados Educacionais se concentra em ferramentas e técnicas para explorar dados provenientes de contextos educacionais, sendo esta última voltada para o suporte aos pedagogos e professores [43].

No contexto de Mineração, Troussas et al. [142] mencionam o foco no aprendizado de máquina (*machine learning*) e estatísticas para informações geradas a partir de ambientes educacionais, citando o uso de técnicas de *clustering* (agrupamento) para encontrar pontos semelhantes de recursos de dados heterogêneos, visando a identificação de correlações entre os atributos de dados. Khan e Gosh [79] relacionam também técnicas de regressão, classificação, associação para extração de conhecimento do conjunto de dados educacionais. De modo semelhante, Noura et al. [104] citam a utilização de técnicas de Redes Neurais Artificiais e classificadores Naive Bayesian e de Árvore de Decisão para avaliar o impacto de tais recursos no desempenho do aluno.

Ogawa et al. [107] citam que as técnicas de Estatística e de Visualização da Informação (InfoVis) apoiam a melhoria do ambiente de aprendizagem por facilitar a apresentação dos dados de acesso dos Objetos de Aprendizagem. Ang et al. [6] relacionam, também, a Análise Gráfica, a Análise Visual e a Aprendizagem Imersiva ampliando esse escopo. Yassine et al. [157] citam as técnicas de Visualização de dados, Redes Neurais, Análise de Regressão, Análise Web e Análise das Redes Sociais, abrangendo a união de vários dados oriundos das ferramentas integradas nos ambientes de aprendizagem.

Moissa et al. [98] aprofundam a técnica de Análise das Redes Sociais Web, segmentando em dois tipos: *Logs Web* e *Tag* de página (*Page Taggings*). *Logs Web*, citados por Moissa et al. [98], envolvem o armazenamento de informações do servidor quando os alunos acessam os recursos educacionais, sendo esta técnica menos robusta e de menos precisão, gerando resultados simples como hora de acesso, tempo de sessão, etc. Já a *Tag* de Páginas inclui a adição de *scripts* nas páginas, envolvendo gravação de informações pelo *browser*, sendo mais completa e precisa, podendo incluir número de acertos, tempo em cada parte do Objeto, etc. [98]. Contudo, Borba et al. [21] comentam que essa técnica só se aplica a páginas web, o que pode deixar descobertos outros tipos de recursos.

De modo sucinto, Yassine et al. [157] citam a *Web Analytics* como uma técnica para medir, coletar e analisar dados quantitativos da Internet relacionados ao comportamento dos usuários em um site, como o rastreamento de cliques, *hits*, páginas de destino e gostos do usuário. Esses autores e Escobar et al. [45] citam ferramentas como Google Analytics para esse fim, entretanto, Yassine et al. [157] destacam ainda o fato dela não ser elaborada para uso educacional, evidenciando

questões de privacidade que podem ser expostas ao se utilizar ferramentas de uso geral na internet.

Outra técnica mencionada é a Análise de Redes Sociais, que mapeia as relações entre pessoas, grupos e computadores, de modo a monitorar e interpretar as comunicações entre os alunos, professores e recursos educacionais no ambiente de aprendizagem, incluindo neste escopo as ações em fóruns, *chats*, *logs*, *posts*, comentários, etc. [157]. Nesse contexto, Khan e Gosh [79] relacionam a Análise de Redes Sociais com a Mineração de texto, capaz de extrair informações ocultas de uma grande quantidade de dados não estruturados, uma vez que atua sobre padrões de texto em linguagem natural, em vez de dados estruturados.

Tendo em vista que muitos desses conceitos são, por vezes, conflitantes e confusos, Silva et al. [131] elencaram o termo Ciência de Dados Educacionais para englobar todas essas técnicas. Nesse contexto, após estudos realizados, definiu-se pelos autores que a técnica de Mineração de Dados Educacionais foi elencada como a responsável pela análise de dados oriundos de Repositórios de Objetos de Aprendizagem, enquanto que, se for analisar as diferentes estratégias de aprendizagem usando Objetos de Aprendizagem, esse escopo se insere entre os estudos de *Learning Analytics*.

3.2.2 RQ2: Tecnologias para Possibilitar *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem

A implementação de Objetos de Aprendizagem contendo técnicas de *Learning Analytics* pode ser realizada de diversas maneiras, no entanto todas necessitam de uma linguagem de programação *server-side (back-end)*, ou seja, que seja interpretada pelo servidor de aplicação [24] e não apenas pelo navegador.

Dyckhoff et al. [43] citam a possibilidade do desenvolvimento utilizando código *server-side .NET* integrado com o serviço *Windows Communication Foundation (WCF)*. Neste modelo, as informações são transitadas do Objetos de Aprendizagem em *.NET* por meio do *WCF* para uma base de dados, que pode ser remota ou distribuída. Essa comunicação se baseia em mensagens enviadas em determinadas interações do usuário. Sobre essa comunicação, Redondo et al. [115] citam que a composição de Objetos de Aprendizagem para elaborar ou definir sequências de

interações requer um sistema que possa fornecer soluções para armazenar, localizar e compor esses micro-conteúdos, utilizando o paradigma SOA (*Service Oriented Architecture*), pelo qual as comunicações são gerenciadas através de um ESB (*Enterprise Service Bus*).

Outra proposta é citada por Ahn et al. [3], que utilizam Objetos de Aprendizagem em HTML e Javascript e Node.js integrados a um banco de dados Mongoose. Nesse modelo, o Node.js, um *script* equivalente ao Javascript que roda no lado do servidor, é responsável por realizar a comunicação dos dados do Objeto diretamente com o banco de dados. Já Yau e Hristova [158] propõem um modelo de serviço em que um Objeto de Aprendizagem desenvolvido em Java se comunica com um serviço utilizando uma biblioteca externa JSON, responsável por converter a resposta do serviço utilizando a linguagem JSON em Java *objects*, também utilizando o conceito de *web services*.

De maneira equivalente, Clemente et al. [32] propõem uma arquitetura que possibilita a integração de um Ambiente Virtual de Aprendizagem (no caso, o Moodle) a um laboratório remoto, utilizando padrão LTI (*Learning Tools Interoperability Specification*), usando OAuth para *single sign-on* e credenciais dos usuários no Moodle, xAPI e REST/JSON. Na implementação, foi utilizado a biblioteca EjsS e Tin CanJS (xAPI) no lado cliente e TinCanPHP (xAPI) no lado servidor. No mesmo cenário de laboratório remoto, Halimi et al. [65] propõem a integração com Moodle, usando a especificação xAPI para registrar as atividades.

Angeloni et al. [7] detalham os três principais componentes necessários para implementar o xAPI para rastreamento das interações dos alunos. O *Learning Record Provider* (LRP), ou *Activity Provider* (AP), sendo o sistema onde acontecem experiências de aprendizagem, como Objetos de Aprendizagem ou dentro de Ambientes Virtuais de Aprendizagem, no qual cria as interações dos alunos no formato xAPI (ator, verbo, atividade) e os envia ao *Learning Record Store* (LRS). O LRS, que consiste em um banco de dados que verifica se a entrada corresponde à especificação xAPI e armazena as informações. E, por fim, o *Learning Record Consumer* (LRC), ou *Activity Consumer* (AC), que é um sistema semelhante ao LRP que monitora uma experiência de aprendizagem completa, conforme esses exercícios aparecem no LRS. Ternier et al. [140] listam vantagens do uso do xAPI, sendo que ele diminui potencialmente os riscos de segurança, aumenta a consistência dos dados e desacopla fontes de dados de serviços analíticos.

Utilizando Objetos de Aprendizagem em dispositivos móveis, Jagušt e Botički [74] propõem uma arquitetura dividida em três partes: servidor central e os dois aplicativos cliente: um para uso por alunos e outro para uso por professores. Nessa arquitetura, o subsistema de monitoramento de progresso acompanha o estado da aula e envia o registro de uso detalhado para o subsistema de registro de eventos do servidor central através do subsistema de comunicação via API (*Application Programming Interface*), sem mencionar qual tecnologia específica foi utilizada.

Já Vidakis e Charitakis [147] propõem a plataforma IOLAOS, que implementa coleta das interações dos alunos utilizando a JSON e API *Representational State Transfer* (REST) (*web services*) para envio das informações. Também é citado o uso de métodos *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) para operação criação, busca, atualização e remoção no banco de dados.

Adotando o mesmo cenário de utilização em dispositivos móveis, Salzmann et al. [122] propõem uma infraestrutura com os seguintes componentes: dispositivo móvel (*Smart Device servers*), um cliente HTML no navegador (usuário), uma interface CGI para autenticação LTI, banco de dados e outros serviços, e o servidor edX (ambiente de aprendizagem). Nesse contexto, a especificação dos dados analíticos é realizada utilizando Swagger, uma linguagem de descrição baseada em JSON, que utiliza a API *RESTful* e *WebSockets* para envio dos dados pela Rede.

Nesse cenário, Freire et al. [50] comentam que, para simplificar a integração entre Objetos com módulos (banco de dados, LMS, etc.), é altamente recomendável seguir uma arquitetura orientada a serviços (por exemplo, através de uma API REST que utiliza mecanismos de *web services*) que não requer intervenção humana, pois automatiza processos e permite uma rápida expansão.

Outro modo de incorporar técnicas de *Learning Analytics* está no uso de *plugins* nos Ambientes de Aprendizagem. Distante et al. [39] citam o protótipo de *plugin* MILA, que se integra ao Moodle sem nenhum sistema externo adicional. No entanto, ele possui apenas a capacidade de processar dados de rastreamento SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*) e calcular a o número de acessos aos recursos e a duração total de sessões de usuário. Outro *plugin*, o LA Cockpit, também é citado por Leitner et al. [88].

De modo mais simples, Escobar et al. [45] e Yassine et al. [157] citam o uso do Google Analytics para gerar dados analíticos de Objetos de Aprendizagem. Yassine et al. [157] também citam o SurfStats Website Traffic Analyzer como outra

ferramenta para capturar e salvar dados da sessão de acesso dos usuários. Nesse cenário, não há nenhuma modificação no Objeto e os dados coletados são muito genéricos, como o número de visitas e o tempo em que o aluno esteve naquela página, entre outros, sendo que apenas estes não são ideais para compreender melhor o comportamento dos alunos nos Objetos de Aprendizagem.

Para especificar um modelo teórico de uso do *Learning Analytics* no uso de Objetos de Aprendizagem, Dyckhoff et al. [43] propõem um *toolkit* denominado eLAT (*exploratory Learning Analytics Toolkit*), contendo uma arquitetura para auxiliar professores a explorar e correlacionar o uso de conteúdo, propriedades, comportamentos dos usuários, bem como resultados de avaliação com base em indicadores gráficos selecionados individualmente. Nessa arquitetura, os autores utilizaram Sharepoint, Moodle, XML, dois bancos de dados e um sistema web para explorar os dados analíticos. Borba et al. [21] comentam que o armazenamento das informações pode ser tanto em banco de dados, como em arquivos (XML, texto, XLS, CSV, etc.).

Krauss et al. [85] propõem uma arquitetura LCA (*Learning Companion Application*), de modo a integrar um Repositório de Objetos de Aprendizagem a um LMS. Essa integração é feita por uma interface de comunicação, que possui um sistema de *Learning Analytics* e de recomendação de Objetos de Aprendizagem. Para isso, os autores utilizaram a especificação da LTI [70] para comunicação, a qual também é citada por Ochoa e Ternier [106] e Clemente et al. [32] para realizar a comunicação de dados analíticos de Objetos para um banco de dados. Contudo, são citados também outros padrões da web, como HTML, Javascript e *web services* para essa integração. Já Yassine et al. [157] mencionam outro *framework*, o xAPI, como um padrão para rastrear e armazenar as interações dos usuários em Objetos de Aprendizagem.

Wu et al. [154] relacionam os três *frameworks* mais conhecidos que permitem a coleta de informações de Objetos de Aprendizagem: DataShop, Caliper e Experience API (xAPI). Entretanto, os autores criticam esses *frameworks* por eles não trazerem informações suficientes para interpretação completa do perfil do aluno, além de não serem consistentes para o formato de dados dos Objetos de Aprendizagem, prejudicando a interoperabilidade e aumentando custos.

Nesse cenário, observa-se que existem várias alternativas para serem exploradas para realizar a transmissão dos dados obtidos por meio de *Learning*

Analytics dos Objetos de Aprendizagem para uma base de dados. Entretanto, sem haver um padrão específico sobre quais dados analíticos são importantes ou que tipos de recursos são abrangidos por essas técnicas, a exploração das técnicas de *Learning Analytics* ainda é feita de modo experimental, de acordo com as demandas de cada centro de produção.

3.2.3 RQ3: Dados Analíticos dos Objetos de Aprendizagem

Tsarpou e Tambouris [143] comentam que diferentes tipos de Objetos de Aprendizagem (*quiz*, recursos, jogos, etc.) podem possuir diferentes dados sobre as atividades dos usuários. Nessa relação, os autores citam que um Objeto puramente teórico pode ter dados analíticos como número de visitas e tempo dedicado, já um Objeto prático pode ter informações adicionais sobre notas, respostas escolhidas, número de tentativas, tentativas concluídas, entre outras.

Sobre as interações que geram os dados analíticos, Kokoç e Altun [83] ressaltam que existem várias definições de interação que variam dependendo de perspectivas teóricas e do contexto de aprendizagem, elegendo a seguinte definição: uma interação que ocorre entre dois objetos e duas ações. No contexto geral, as interações são definidas entre: alunos, entre o aluno e o instrutor e interação aluno com o conteúdo.

Ahn et al. [3], de modo simplificado, elegeram poucos dados analíticos de comportamento dos alunos, citando a leitura de conteúdos, tomada de notas e realização de exercícios. De modo análogo, Duval et al. [41] comentam que é salvo o tempo que o aluno fica em cada atividade, não citando exemplos de dados analíticos. Dyckhoff et al. [43] citam o número de cliques realizados pelo usuário, além de indicar o número de acessos aos recursos. Ao integrar técnicas de *Learning Analytics* com gamificação em Ambientes Virtuais de Aprendizagem, Ogawa et al. [107] elegeram o andamento do aluno na disciplina, englobando as informações de progresso e desempenho que permitiram elencar uma pontuação aos alunos.

Adotando foco nos exercícios e avaliações, Noura et al. [104] fazem menção a dados como o resultado da avaliação, ou seja, o número de respostas corretas, o número de respostas erradas, o número de perguntas não respondidas, número de

tentativas realizadas, além da pontuação, da conclusão e da duração das atividades dos exercícios.

Já com foco sobre Objetos de Aprendizagem com vídeos, Fong et al. [48] descrevem dados analíticos como o número de alunos que assistiram ao vídeo, quais partes do vídeo os alunos assistiram mais, quantos vídeos o aluno assistiu e quais partes do vídeo foram mais anotadas (indicando no Objeto um recurso para este fim). A importância aos vídeos também é citada por Gupta e Sabitha [56] que citam o total de vídeos reproduzidos pelo aluno.

Com um foco em videoaulas e avaliações, Maldonado et al. [92] apresentam seis tipos de interações (todas com tempo, usuário e evento): iniciar de um videoaula, completar uma videoaula, rever uma videoaula já concluída, tentar uma avaliação (exercício), passar uma avaliação e rever uma avaliação (exercício) em que já foi aprovado. Além dessas interações, os autores identificam, a primeira e a última interação do aluno como sessão inicial e sessão final, respectivamente.

Escobar et al. [45] se limitam a explicar as variáveis analíticas (dados analíticos) propostas pelo Google Analytics, como Início do Objetivo (*Goal Starts*), Conclusão do Objetivo (*Goal Completion*), Página de redirecionamento quando o Objetivo foi concluído (*Goal Completion Location*), e taxa de abandono do usuário (*Goal Abandonment Rate*), sendo utilizadas para monitorar os caminhos dos usuários pelos sites tendo Objetivos pré-elaborados. Nesse cenário, os autores também enumeram algumas métricas, sendo que é possível sua customização: contador de visitas (geral), contador de visitas (quantos usuários visitaram a página), tempo no site, tempo na página, taxa de retorno a uma página (quantas vezes o usuário retorna a uma mesma página), taxa de saída (quantas vezes o usuário sai em determinada página), número de páginas visitadas por usuário, entre outras.

Usando o conceito de *Smart Learning Objects*, Štuikys e Burbaitė [139] elencam o termo “dados de experiência de aprendizagem”, incluindo dados como o tempo em que o aluno fez *logon* e *logoff*, o tempo que passou conectado ou uma contagem de sessão (número de acessos). Nesse contexto, é formulado o perfil do usuário, sendo formado pelas preferências gerais de aprendizagem (nível, estilo, ritmo, etc.) e parte específica, incluindo caminhos de aprendizagem (processos realizados pelo aluno, o conteúdo utilizado, o tempo, sequência de atividades, autoavaliação, avaliação parcial, etc.).

Já Wölfel [153] apresenta os seguintes dados: quando cada aluno acessou cada Objeto de Aprendizagem, quantas vezes eles acessaram, quantos minutos o Objeto de Aprendizagem foi exibido, a quantidade de tempo que passou desde o último acesso, a ordem de resolução dos exercícios indicados no Objeto e as soluções dos exercícios do Objeto.

Kokoç e Altun [83] descrevem alguns dados (categorizadas como pertencentes aos Objetos) que podem ser obtidas no Moodle: número total de visualizações de página de Objeto, tempo total gasto em página de Objeto (em minutos), número total de cada acesso de página de Objeto, número total de visualizações de aulas de vídeo, número total de visualizações de pacotes SCORM (Objetos empacotados), tempo total gasto em pacotes SCORM (em minutos), número total de visualizações de páginas de questionários, número total de questionários concluídos, tempo total gasto em questionários (em minutos). İnan e Ebner [71] listam os seguintes dados analíticos: cliques do mouse, frequência de entrada e tempo ativo, tempo gasto na leitura e exercícios e interações de vídeo.

Freire et al. [50] citam cliques no mouse, uso de teclas do teclado, e toques na tela *touchscreen*, como exemplos de dados que podem ser coletados. De modo mais aprofundado, Leitner et al. [88] detalham os eventos de mouse e teclado: movimento do mouse, capturando coordenadas x e y do ponteiro do mouse; evento de clique, bem como um recurso de destino no qual o evento ocorreu (por exemplo, botão, *link*); letra pressionada, *Timestamp* (tempo) para o evento de tecla e se alguma tecla especial for pressionada (*Shift, Alt, Control*); profundidade da rolagem (*scroll*) salva em um intervalo regular, se referindo à porcentagem calculada da página para a qual os usuários rolaram, em que a parte superior da página da web é considerada 0% e a parte inferior da página seria 100%. Nesse contexto, os autores também citam interações provindas de dispositivos móveis, tais como entrada de toque ou entrada de voz, considerando que o mouse é substituído pelo toque e um teclado físico é simulado por um virtual.

Moissa et al. [98] e Borba e Gasparini [20] elencam inúmeros dados analíticos, com destaque a total de visitas por aluno, tempo de acesso individual, frequência de acesso, tipo de browser, tipo de sistema operacional, resolução de tela, entre outras. Kokoç e Altun [83] relatam alguns dados que podem ser utilizadas para prever o aproveitamento do aluno no curso, apontando para a regularidade de acesso dos alunos, o envio tardio de tarefas, o número de *login* e as respostas.

Van Diepen e Bredeweg [145], relacionam os dados analíticos ao comportamento dos alunos em Objetos teóricos e de exercícios, indicando o tempo, número de cliques, número de tentativas bem e mal-sucedidas, distribuição de tempo entre exercício e teoria, entre outras. Troussas et al. [142] elencam de maneira extensa os dados: notas do aluno; tipos de erros que um aluno comete (por exemplo, erros de sintaxe, erros descuidados, etc.); estilo de aprendizagem do aluno (visual, aural, verbal, físico, lógico, social ou solitário); tempo que o aluno necessitou para fazer um exercício; número exato de vezes que o aluno respondeu o mesmo exercício; e o número exato de vezes que o aluno verificou o mesmo Objeto de Aprendizagem.

Paz e Cazella [109] listam indicadores (dados analíticos) de diversos Ambientes de Aprendizagem: número de vezes o conteúdo é acessado pelo aluno; tipos de mídia acessados pelo aluno (texto, imagem, vídeo, etc.); continuidade dos alunos na participação (distribuição do número de conexões ou durações das conexões no tempo, etc.); quantas vezes fez *login* no sistema; quantidade de cliques em objetos; frequência de atividade; média de interações por *login*; tempo do aluno nas atividades; *top* recursos mais acessados; padrão de respostas, entre outras.

Franzoni et al. [49] listam os dados analíticos em dimensões quantitativas: quantidade de uso de Objetos de Aprendizagem (visualizações, atualizações, envios, repetições de questionários); distribuição temporal da utilização de recursos pelos alunos; e proximidade temporal com relação a uma referência de tempo. Nesse cenário, os autores citam que os dados podem ser agregados e filtrados pelos usuários (de um único usuário a classes de usuários); pelo intervalo de tempo; e pelas ações do(s) usuário(s) no Objeto de Aprendizagem.

Sherriff et al. [127] et al. relacionam os dados sobre respostas a perguntas, pontuações do questionário, informações pessoais dos alunos (nome, endereço de e-mail, ID do aluno, etc.) ou outros dados da sessão do aluno (endereço IP, tempo para conclusão, etc.).

Considerando aspectos de privacidade, Distante et al. [39] apresentam a medição da duração das sessões de usuário relacionadas nos Objetos de Aprendizagem, o qual “pseudoanonimiza” os nomes dos usuários e analisa e apresenta os dados de forma agregada.

3.2.4 RQ4: Benefícios em usar *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem

Krauss et al. [85] citam a identificação de fraquezas de aprendizagem para melhorar o ensino com a ajuda de um módulo de análise de aprendizagem, utilizando os dados provindos dos Objetos. Outros benefícios incluem a utilização de informações dos alunos para avaliar o progresso de aprendizagem, melhorar a experiência do aluno, prever desempenho acadêmico, e identificar potencial de ensino e problemas de aprendizagem [64]. Nesse cenário, é citada possibilidade de um sistema de recomendação se adaptar de acordo com o comportamento do aluno, citando, como exemplo, a previsão de Objetos de Aprendizagem apropriados que se encaixem nas necessidades dos usuários [85]. Fong et al. [48] citam ainda o uso de tais dados analíticos em sistemas de tutoria inteligentes e fornecer meios para avaliar os alunos.

O’Riordan et al. [108] comentam que a análise das interações dos alunos é reconhecida como uma valiosa ferramenta para prover *feedback* aos alunos. Troussas et al. [142] comentam que um dos benefícios mais importantes das análises é que elas podem fornecer conhecimento não apenas sobre o desempenho do aluno em um momento específico, mas também sobre seu desempenho futuro. Nesse contexto, Khan e Ghosh destacam que existe um número razoável de estudos que usam a mineração de regras de associação para analisar o desempenho dos alunos.

Tsarpou e Tambouris [143] citam que as técnicas de visualização de dados analíticos ajudam os instrutores a identificar quais estudantes que estão em risco e permitem uma intervenção para reduzir a possibilidade de falha ou reprovação dos alunos. Nesse cenário, podem ser oferecidos aos alunos exercícios adicionais e revisões. Freire et al. [50] relatam que esses dados podem ser utilizados para adaptar o conteúdo, apresentação e navegação, de acordo com o perfil do aluno.

Do mesmo modo, o próprio aluno pode se beneficiar dos dados que são obtidos a partir do uso dos Objetos, indicando informações sobre seu progresso e desempenho de aprendizagem [146]. Yau e Hristova [158] comentam que o uso desses dados pode ser uma maneira de motivar os alunos a aprimorarem sua aprendizagem atual, contínua e futura, mensurando seu progresso, conquistas,

pontos fortes e fracos. Além disso, pode-se usar a análise preditiva para identificar alunos com risco de reprovação [6], fazer intervenções e para ajudar a reduzir as taxas de abandono escolar dos alunos [158]. Araka et al. [8] ressaltam que o objetivo principal é apoiar os alunos, fornecendo intervenções para melhorar os comportamentos de aprendizagem indesejáveis e reforçar a aprendizagem positiva.

Considerando uma abordagem mais ampla, Troussas et al. [142] e Pfeiffer et al. [110] ressaltam que os dados analíticos podem ser usados tanto por alunos para refletir sobre seu processo de aprendizagem, sobre suas realizações e padrões de comportamento em relação aos outros, quanto por professores, ao obter uma visão sobre aspectos importantes do processo de aprendizagem, ao identificar alunos que precisam de apoio e atenção extra, e, de maneira mais generalizada, promover subsídios para o planejamento de intervenções de apoio.

Analisando por outra perspectiva, Tsarmpou e Tambouris [143] relatam que os *feedbacks* oriundos do *Learning Analytics* também podem ser utilizados para avaliar o próprio Objeto de Aprendizagem, provendo informações que podem levar ao reforço de determinado conteúdo ou melhoria na qualidade do Objeto. Esse fato também é mencionado por Yassine et al. [157], ao mencionarem que os dados fornecem indicações da qualidade dos Objetos para realizar a melhoria contínua nos recursos. Estes autores também citam que a obtenção dos dados analíticos permite identificar popularidade e tendências, evidenciando uma melhor percepção sobre as preferências dos alunos, que nesse caso poderiam ser tipos de recursos, abordagens, estilos de aprendizagem, entre outros. Bharara et al. [17] comentam que o uso das informações obtidas pelas técnicas de *Learning Analytics* ajuda a superar incertezas de alocação de recursos, além de melhorar a qualidade e o valor da experiência de aprendizagem.

No contexto de autoavaliação, Charleer et al. [30] comentam sobre a produção de Objetos em formatos de jogos, que as métricas de jogabilidade podem ajudar a fornecer *insights* sobre o comportamento e desempenho do jogador, apoiando desenvolvedores e alunos que desejam entender melhor seu próprio jogo.

Já no contexto de Objetos de Aprendizagem com vídeos, Fong et al. [48] relatam que *Learning Analytics* tem fornecido subsídios para entender melhor os picos de interação no vídeo, o que daria aos instrutores uma compreensão mais clara de como seus vídeos estão sendo visualizados.

Outro benefício inclui o refinamento das trajetórias de aprendizagem, que poderiam ser mais bem exploradas se pudessem estar dentro dos Objetos de Aprendizagem. Atualmente, as trajetórias são feitas a partir de um grafo de atividades, para identificar as páginas acessadas e entender o comportamento do aluno; ou grafos com as sequências de páginas mais frequentes, para entender como os alunos navegam pela disciplina [21]. Contudo, no modelo tradicional, tendo o Objeto encapsulado, ao adotar essa estratégia, se um Objeto de Aprendizagem estiver em apenas uma página HTML, não é possível compreender os detalhes desse comportamento interno.

3.2.5 RQ5: Atividades para introdução das técnicas de *Learning Analytics* no Processo de Produção de Objetos de Aprendizagem

Analisando o contexto de introdução das técnicas de *Learning Analytics* nos Objetos de Aprendizagem e a multidisciplinaridade envolvida no processo de produção, essa seção aborda as atividades identificadas como fundamentais para que essa integração ocorra. Acredita-se que a compreensão das atividades envolvidas vem ao encontro de uma melhor compreensão das técnicas de *Learning Analytics*, bem como fundamente práticas que arquitetem um alinhamento de atividades vistas como importantes para serem integradas na produção de Objetos.

Nesse contexto, optou-se por organizar as atividades considerando as cinco etapas de produção dos Objetos de Aprendizagem [60]: Requisitos, Análise, Design, Desenvolvimento e Avaliação.

3.2.5.1 Requisitos

No contexto de Requisitos, tendo realizado a identificação do público-alvo do Objeto de Aprendizagem, Leitner et al. [88] ressaltam a importância de encontrar métricas adequadas para este público. Valverde-Berrocoso e Fernández-Sánchez [144] comentam a importância de controlar o grau de autoeficácia dos alunos, para que suas expectativas de sucesso permaneçam em níveis adequados.

Halibas et al. [64] relatam que a produção dos Objetos normalmente inicia com a identificação do problema de ensino e aprendizagem do professor. No

contexto de Objetos com *Learning Analytics*, pode começar com a extração, análise e apresentação de dados para examinar tendências e padrões em relação aos comportamentos de aprendizagem dos alunos [64]. Deste modo, infere-se que um Objeto pode subsidiar dados relevantes que podem influenciar na criação de outro Objeto para tratar de dificuldades, que podem estar relacionadas a pré-requisitos ou, ainda, à necessidade de uma reformulação de um Objeto que não esteja sendo suficientemente capaz de solucionar o problema de aprendizagem proposto.

Segundo Lnenicka et al. [90], os alunos, após analisarem seus dados analíticos de interações nos recursos educacionais, podem fazer recomendações de atividades, recursos e tarefas de aprendizagem, novos caminhos de aprendizagem, entre outros, objetivando a melhoria, adaptação e personalização dos cursos e materiais. Assim, evidencia-se os alunos podem ter uma participação ativa no levantamento de ideias durante o processo de produção dos Objetos de Aprendizagem.

3.2.5.2 Análise

No contexto da análise do Objeto de Aprendizagem, Halibas et al. [64] ressaltam a necessidade de redesenhar suas práticas pedagógicas, a fim de integrar a *Learning Analytics* em sua prática, influenciando na estruturação do Objeto. Nesse contexto, Lnenicka et al. [90] citam o papel de pesquisadores educacionais, construindo modelos analíticos, comparando a eficiência de várias técnicas e recomendando o mais útil para cada tarefa.

No contexto de estruturação do Objeto, Halibas et al. [64] comentam que um dos focos na produção de Objetos está na produção evidências da aprendizagem do aluno. Valverde-Berrocoso e Fernández-Sánchez [144] reforçam esse fato, citando a prática de desenvolver estratégias de avaliação, selecionando os métodos e técnicas a serem aplicados para avaliar a aprendizagem. Nesse contexto, estima-se o grau de obtenção dos resultados de aprendizagem, oferecendo informações sobre a adequação do design instrucional, estabelecendo planos de melhoria que afetam todos os componentes do design e identificando as principais fragilidades em relação aos objetivos pretendidos [144]. No âmbito de criação de políticas

educacionais, Lnenicka et al. [90] citam a necessidade de criação de políticas e princípios que devem se basear na educação baseada em dados.

Considerando a avaliação dos exercícios nos Objetos de Aprendizagem usando a especificação xAPI, Noura et al. [104] comentam que o primeiro passo e um dos mais importantes está na especificação de classes como: tipo de avaliação, declaração de avaliação, entre outros, de modo a promover a padronização dos dados. No contexto pedagógico e avaliativo, Valverde-Berrocoso e Fernández-Sánchez [144] ressaltam que se uma estratégia de avaliação não for definida, os dados coletados por meio das atividades de aprendizagem não podem ser interpretados de forma eficaz.

3.2.5.3 Design

Nessa etapa de planejamento do Objeto de Aprendizagem, Halimi et al. [65] comentam que o design deve contemplar informações suficientes para que os alunos possam ser capazes de autorregular sua aprendizagem, tendo disponíveis tais dados analíticos no Objeto ou disponíveis para baixar. No contexto de Objetos no formato de simuladores, é mencionada a possibilidade de salvar e recuperar dados experimentais e exportar seus traços de atividades e resultados [65].

Lnenicka et al. [90] ressaltam a importância do *storytelling* (narrativas utilizando recursos audiovisuais), tendo capacidade de transformar ideias e percepções em recomendações, sendo uma parte importante da exploração de dados. Halibas et al. [64] sugerem que professores podem elaborar programas de intervenção apropriados que influenciam a inovação no conteúdo, nas abordagens pedagógicas e (ou) tecnológicas.

3.2.5.4 Desenvolvimento

Lnenicka et al. [90] citam o papel de administradores (de rede, dados e sistema), tendo o papel de organizar e utilizar efetivamente os recursos disponíveis para melhorar a eficiência da rede e do sistema e fornecer melhores serviços aos usuários e se beneficiar com novas plataformas, ferramentas e serviços.

Na produção dos Objetos de Aprendizagem, Halibas et al. [64] comentam sobre o desenvolvimento e implementação de conteúdo, tecnologia e solução pedagógica, que compreende metas, indicadores de sucesso, cronogramas e *benchmarks*, para abordar o ensino e os problemas de aprendizagem.

Utilizando conceitos de módulos, incluindo técnicas de *Learning Analytics*, Nagao [101] comenta a possibilidade de adicionar novos módulos com novas funções e conveniência de maneira fácil, sem a necessidade de conhecer a estrutura detalhada de outros módulos interligados no sistema. Jagušt e Botički [74] relatam que os módulos devem ser autônomos e, ao mesmo tempo, ter todas as interfaces necessárias para serem conectados com os outros módulos para formar Objetos que podem a serem posteriormente utilizadas pelos alunos e professores.

Reforçando a alta capacidade e variedade na produção de Objetos de Aprendizagem sendo desenvolvidos em módulos, Jagušt e Botički [74] comentam que empacotamento de conteúdos de aprendizagem multimídia deve levar em consideração a estruturação de uma variedade de elementos de conteúdo de mídia (imagens, vídeos, sons), o agrupamento em elementos modulares (*slides* ou páginas), sequenciamento de elementos modulares para apoiar o fluxo, e os elementos interativos como parte dos elementos modulares.

3.2.5.5 Avaliação

No processo de revisão do conteúdo implementado, Valverde-Berrocoso e Fernández-Sánchez [144] relatam a revisão do conhecimento construído no Objeto por meio das atividades de aprendizagem e o compartilhamento dos resultados com os colegas. Nessa etapa, ocorre a apresentação de produtos, revisão do processo e *feedback* do professor, indicando um modelo cíclico de revisão [144]. O ciclo de revisão continua à medida que esses programas são avaliados quanto à sua eficácia e repetidos conforme necessário [64].

Após a liberação de uso do Objeto de Aprendizagem, Halibas et al. [64] citam que os professores atuam como ou analistas de dados, ou seja, sempre analisaram dados como seus alunos aprendem, especialmente ao avaliar e reportar as avaliações (exercícios) [64]. Štuikys e Burbaitė [139] ressaltam que o professor, no decorrer do uso do Objeto de Aprendizagem, pode modificá-lo de acordo com o

feedback do uso coletado, indicando um processo de avaliação contínua do Objeto de Aprendizagem.

No contexto de análise dos resultados, Lnenicka et al. [90] citam o papel de criadores de políticas educacionais, que devem fornecer novos *insights* sobre o processo educacional e examinar se os resultados da aprendizagem atendem às necessidades dos atuais desenvolvimentos educacionais.

Valverde-Berrocoso e Fernández-Sánchez [144] relatam que qualquer projeto requer revisão para modificar componentes que não funcionam como desejado, sendo fundamental ter informações amplas e atualizadas, pois as necessidades e os objetivos mudam com o tempo. Nesse sentido, os autores citam o uso de *dashboards* para análise acadêmica e tomada decisões sobre o uso dos recursos educacionais.

Para análise dos dados analíticos, Leitner et al. [88] ressaltam a necessidade da realização de uma cadeia de etapas de processamento para que seja interpretável por humanos, começando com a identificação dos rastros deixados pelos alunos, por meio de técnicas de agregação de dados dentro desse ambiente de aprendizagem, para a modelagem de dados e a definição de índices e métricas.

3.2.5.6 Outras práticas

A seguir são apresentadas algumas das atividades, identificadas como importantes no processo de produção, mas que não estão atreladas a etapas específicas de produção. Sendo assim, elas procedem como se fossem princípios envolvidos na introdução de técnicas de *Learning Analytics* produção de Objetos de Aprendizagem.

Nesse cenário, o alinhamento da padronização das técnicas é mencionado por Leitner et al. [88], indicando um treinamento adicional do corpo docente para garantir que todos os padrões sejam atendidos. Troussas et al. [142] relatam a necessidade de um planejamento estratégico no ambiente de aprendizagem para medir, coletar e processar dados de maneira eficaz identificando pontos fortes e fracos de aprendizagem dos alunos.

A capacitação dos envolvidos na produção sobre conceitos e técnicas de *Learning Analytics* é ressaltada, indicando uma preparação da instituição para

refinar seus programas de treinamento e desenvolvimento de professores que incluem a aquisição de habilidades analíticas de aprendizagem [64]. Nesse contexto, espera-se que os professores assumam várias funções, como de palestrante, supervisor, orientador, pesquisador, entre outros [64]. Assim, o docente teria capacidade de avaliar, interpretar e explicar os dados e realizar ações adequadas para melhorar o processo de aprendizagem [64].

No entanto, Gibson e Ifenthaler [53] ressaltam que a introdução das técnicas de *Learning Analytics* não necessariamente precisa cobrir todos os aspectos inicialmente, podendo estabelecer prioridades e progredir apenas em um subconjunto das possibilidades.

3.2.6 Desafios e Possibilidades de uso de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem

Com o avanço da tecnologia e possibilidade de produção de Objetos de Aprendizagem em HTML5, abre-se a possibilidade de uso de *Learning Analytics* neste tipo de recurso. Nesse contexto, desafios e possibilidades são discutidas de modo a apresentar novas perspectivas nessa área.

3.2.6.1 Linguagem de Programação *Back-End* e Análise dos dados

Com a introdução de técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem, um desafio está na introdução de linguagens de programação que executam o processamento do lado do servidor (*server side*, ou *back-end*) [116] [151] no desenvolvimento dos Objetos, como, por exemplo, .NET, PHP, Node.JS, Ruby, Python, etc. O desenvolvimento utilizando Javascript, usual na programação de Objetos de Aprendizagem interativos em HTML, executa a rotina de programação do lado cliente (*browser*) enquanto o PHP, por exemplo, executa a rotina de programação no lado servidor [102]. Deste modo, utilizando apenas HTML e Javascript não é possível, por exemplo, salvar as informações do lado do servidor, inviabilizando o uso efetivo de *Learning Analytics*, pois, neste cenário, seria necessário acessar o computador do usuário para se obter os dados analíticos do uso dos Objetos de Aprendizagem.

Deste modo, parte do código desenvolvido em HTML deve conter uma linguagem *back-end* para realizar a integração do cliente (usuário), servidor e banco de dados. Analisando o cenário de produção de Objetos de Aprendizagem no Brasil [59], evidencia-se que será necessária uma nova capacitação da equipe de desenvolvimento, assim como houve na troca de tecnologias na produção dos Objetos, no caso do flash para o HTML5. Nesse contexto, o desafio inclui a dificuldade inerente de aprender novas tecnologias por parte da equipe técnica da produção de Objetos. Um exemplo dessa dificuldade é mencionado por Redondo et al. [115], mencionando que não é fácil para pessoas sem perfil técnico e copiar e colar o código-fonte, pois poderia bloquear os scripts Javascript e conexões a serviços externos.

Outro cenário incluiria, também, a adoção de conceitos de SOA (*Service-oriented Architecture* - Arquitetura Orientada a Serviços), ou *webservices*, para utilizar *Learning Analytics*. Esse modelo já foi utilizado na integração de Objetos de Aprendizagem e o Moodle [78] e entre recursos educacionais e um banco de dados centralizado [75]. Expandindo esse modelo, é possível realizar a comunicação dos dados analíticos, ao invés do próprio recurso utilizando mensagens padronizadas entre servidores, como as linguagens como XML e JSON para transporte. Assim, além da integração cliente servidor para buscar as informações, há uma nova comunicação interativa, enviando informações de vários servidores para um servidor federado centralizado, contendo informações analíticas de vários repositórios em um único local.

Segundo Wu et al. [154], um dos maiores desafios é padronizar os dados no *front-end*, o que não significa apenas converter dados não estruturados em dados estruturados, mas também construir um Objeto de Aprendizagem unificado. Esse desafio, portanto, se estende ao projeto de formatação estrutural dos Objetos de Aprendizagem nas linguagens *back-end*. Segundo Escobar et al. [45], se essa estrutura for projetada adequadamente, as métricas do Objeto poderiam informar não apenas a porcentagem de usuários que atingem uma meta específica, mas também outros fatores que incluem indícios de problemas, utilizando, por exemplo, rastreamento do comportamento, como: tempo excessivo, uso de *links* de ajuda, *backtracking*, abandono, etc.

De modo a qualificar o processo de introdução de técnicas de *Learning Analytics*, Gibson e Ifenthaler [53] relatam a inclusão de um cientista de dados na

equipe, relatando o aumento do número desse profissional para três. Nesse contexto, Halimi et al. [65] relatam que, apesar do grande interesse na adoção de *Learning Analytics* em instituições de ensino superior, a introdução requer capacidades ainda não totalmente desenvolvidas, citando, por exemplo, a falta de infraestrutura tecnológica para suportar a coleta de armazenamento das atividades. Nesse sentido Halibas et al. [64] comentam que os professores, sem saber ou sem possuírem formação para tanto, desempenharam o papel de analistas de dados, ou mais conhecidos como “analistas da aprendizagem” em um contexto acadêmico.

No contexto de análise dos dados, Leitner et al. [88] ressaltam que arquivos de *log*, ou números em um banco de dados, apresentados de modo esparsos podem não ser suficientes para responder às perguntas de pesquisa ou refinamentos necessários para aprendizagem, sendo necessária uma cadeia de etapas de processamento para apresentação de informações de modo interpretável aos humanos.

Franzoni et al. [49] ressaltam que a maioria das ferramentas de *Learning Analytics* tem pouca usabilidade e são pouco eficazes, de modo que os dados são apresentados de maneiras que fornecem uma difícil interpretação. Nesse sentido, Lnenicka et al. [90] relatam a falta de capacidade de descobrir os dados apropriados ou nenhuma explicação do significado dos dados, o que pode acarretar perda de valor e confiabilidade dos dados provenientes de diferentes sistemas.

3.2.6.2 Documentação de Objetos e Dificuldade de Reuso e Granularidade

A introdução de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem, utilizando arquiteturas e tecnologias citadas nessa revisão, dificulta o reuso e recombinações. Isso porque ela está vinculada a variáveis e funções em linguagens *back-end*, conforme citado anteriormente, além de algumas configurações de ambiente para habilitar a comunicação [130]. Adicionalmente, se o Objeto utilizar algum banco de dados para salvar as interações do usuário, são necessárias outras configurações, softwares, criação de tabelas, etc. [84].

Nesse contexto, assim como mencionado por Braga et al. [24], como a documentação facilita a disseminação dos Objetos de Aprendizagem, torna-se necessário que ela contemple configurações, variáveis e funções, que devem seguir

uma nomenclatura e comentários inteligíveis para exemplificar o uso e funcionamento e para que seja possível para outras equipes de produção de Objetos de Aprendizagem utilizarem esses Objetos sem dificuldades. Contudo, observa-se que na produção de Objetos de Aprendizagem não existe a cultura de documentar os Objetos [59], ou quando é feita, são encontradas documentações incoerentes [99].

A característica dos Objetos contendo *Learning Analytics* é ter esse conteúdo em um servidor online, dependente de conexões e configurações locais para o seu correto funcionamento. Nesse cenário, Ochoa e Ternier [106] comentam que fica mais difícil compartilhar e reutilizar os recursos dos sistemas de aprendizagem *online*. Essa dificuldade está relacionada a configurações locais, índices de banco de dados e outras variáveis específicas de cada modelo web implementado.

No contexto de Objetos de Aprendizagem em dispositivos móveis, Jagušt e Botički [74] relatam uma capacidade de reuso limitada do recurso e seu desenvolvimento prejudicado pelas especificações inerentes dos sistemas operacionais dos dispositivos móveis e pelo fato de que o conteúdo de aprendizagem digital está entrelaçado com a aplicação de aprendizagem.

Esse fato também relaciona com a granularidade dos conteúdos e das métricas que são abordadas na coleta das interações dos alunos. Um exemplo está na coleta de tempo dos exercícios, que podem ser exercícios individualmente ou um módulo de exercícios. Nesse contexto, Charleer et al. [30] ressaltam o problema de diferentes níveis de granularidade, que torna necessária a utilização de métodos de extração adaptativos com diferentes níveis.

Sherriff et al. [127] comentam problemas de granularidade ou padronização inadequada, incluindo a falta de acesso aos dados de aprendizagem da biblioteca (Objetos de outros autores) e a falta de conhecimento sobre as práticas dos colegas. Analisando esse relato, verifica-se a recorrência da falta de reuso, disparidade de granularidade, entre outros problemas de interoperabilidade na produção de Objetos de Aprendizagem. Como causa desse problema, Sherriff et al. [127] relatam a existência de uma enorme lacuna entre os professores que criam Objetos aqueles que supervisionam, gerenciam e acessam os dados. Como uma proposta de solução, estes autores [127] consideram a definição de padrões de granularidade dos dados do aluno, se questionando sobre qual nível de granularidade é necessário

para tornar os dados significativos e qual nível é necessário para torná-lo compatível com outras métricas do campus.

3.2.6.3 Padronização dos Dados de *Learning Analytics* em Objetos

Considerando os diferentes formatos possíveis de Objetos, tais como animações, vídeos, exercícios, leituras, simulações, entre outros, há o desafio de padronizar quais dados analíticos são relevantes para auxiliar na compreensão do comportamento e performance do aluno. Troussas et al. [142] comentam que sem uma metodologia padronizada, *Learning Analytics* é implementada usando diversas abordagens para vários objetivos.

Nesse contexto, temos vários metadados e sub-metadados dos Objetos de Aprendizagem [138], considerando diferentes tipos de recursos, entretanto, poucos profissionais, instituições e repositórios contemplam o preenchimento completo destas informações [133], o que dificulta sua busca e categorização. Ao introduzir *Learning Analytics*, abre-se espaço para diferentes tipos de dados analíticos, que devem ser escolhidos de acordo com sua relevância [145], porém, como existe a dependência de modificar o código fonte para introduzir variáveis e funções, há também o desafio de padronização desses elementos.

Temos hoje *frameworks* genéricos que tratam de extrair informações da interação de usuários em recursos educacionais (inclusive Objetos) dentro de LMS. No entanto, a introdução de *Learning Analytics* fora dos LMS, exclusivamente em repositórios, não possui uma padronização que possa ser utilizada. Nesse sentido, essa pesquisa busca compreender esse cenário e propor uma arquitetura adequada para essa implementação.

Segundo del Blanco et al. [37], padrões para Tecnologia de Aprendizagem, xAPI e Armazenamento de Registros de Aprendizagem (LRS) provindos dos *frameworks* são capazes de trazer dados para um único repositório onde pode ser possível "cavar" descobertas interessantes mais profundas. No entanto, Ternier et al. [140] comentam que no uso do xAPI, a falta de orientação na seleção de verbos e outros termos de metadados gera uma enorme inconsistência entre declarações únicas de diferentes provedores e instituições, sendo a liberdade de escolha considerada um dos maiores desafios para padronização.

Ochoa e Ternier [106] citam a dificuldade de reuso devido às diferentes implementações de LMS e a falta de padrão para reutilização de software. Deste modo, tendo as informações analíticas de um aluno que acessou diferentes Objetos de Aprendizagem, não é possível criar uma métrica padronizada para avaliar o comportamento do aluno, o que pode confundir o professor ao analisar os dados analíticos gerados pelas técnicas de *Learning Analytics*.

3.2.6.4 Integração dos Dados Analíticos e de Objetos

Na era do *Big Data*, é um desafio-chave agregar e integrar dados brutos de múltiplas fontes heterogêneas, que estão disponíveis em diferentes formatos para criar informações educacionais úteis para promover o aprendizado apoiado pela tecnologia [29]. A implementação e combinação de *Learning Analytics* em diferentes ambientes de aprendizagem é promissora e tem um grande potencial para pesquisa [157]. Ang et al. [6] comentam que a ausência de políticas interinstitucionais para compartilhamento e integração de dados cria outro grande desafio a ser enfrentado pelos grandes sistemas de educação

Deste modo, a inserção de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem de modo isolado (sem integrações com outros ambientes de aprendizagem) pode não ser capaz de gerar um conhecimento consolidado do comportamento dos alunos, sendo necessária uma integração para se obter essa consolidação [37].

Analisando essas evidências, verifica-se que não é possível combinar causas e consequências do porquê de uma eventual dificuldade de aprendizagem de um aluno específico sem analisar seu comportamento em vários Objetos ou de vários alunos em um determinado Objeto. Nesse contexto, somente a avaliação entre diferentes Objetos, recursos e ambientes de aprendizagem pode fornecer informações abrangentes e essenciais sobre o comportamento e performance do usuário num contexto geral, abstraindo comportamentos isolados, o que é recomendado por Dyckhoff et al. [43], ao sugerir a integração de dados de diferentes fontes e apoiar a análise organizada de forma colaborativa. Ressalta-se a importância de integrações entre diferentes ambientes de aprendizagem, composta por informações complementares dos diferentes tipos de recursos, Objetos e perfis dos alunos.

Nesse cenário, Rodriguez-Artacho et al. [117] propõem uma estrutura hierárquica que representa o assunto a ser avaliado, seguido da construção de uma matriz mostrando as relações entre os conceitos, de forma a ser possível identificar percursos de aprendizagem.

Em relação ao uso de especificações, como xAPI no Moodle, Kokoç e Altun [83] comentam que ele fornece um mecanismo para coletar as interações do aluno em aplicativos de aprendizagem, mas não é atualmente suportado pelo Ambiente de Aprendizagem, sendo necessários *plugins* para tal integração. Os autores ainda relatam a necessidade de encontrar uma maneira correta de integrar todas essas tecnologias a fim de evitar arquiteturas complexas ou processos de autenticação confusos [83]. Na mesma linha Noura et al. [104] observam que o xAPI não é capaz de resolver o problema de inconsistência entre plataformas.

Relacionado a integrações, Kokoç e Altun [83] ressaltam que as tecnologias de aprendizagem atuais permitem a implantação de *Learning Analytics* em diferentes sistemas de aprendizagem, permitindo flexibilidade dos dados e da análise.

Segundo Dyckhoff et al. [43], a maioria das ferramentas de monitoramento e relatório encontradas nos ambientes de aprendizagem atuais são projetadas para coletar, analisar e visualizar dados em um formulário tabular estático que foi predefinido pelos desenvolvedores do sistema, dificultando o uso pelos professores.

Considerando esse fato, o resultado positivo do uso das técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem só é efetivado por meio de um sistema flexível que permita a visualização e interpretação dos dados analíticos de forma fácil aos professores, instrutores, tutores, entre outros. Nesse contexto, Kokoç e Altun [83] relatam que dados brutos podem não fornecer informações úteis.

Nesse aspecto, um dos desafios está em proporcionar, num momento posterior, um ambiente que seja adequado a visualização dos dados. Para Dyckhoff et al. [43], a integração de diversos ambientes de aprendizado apresenta conjuntos diferentes de indicadores, ou variáveis, e que uma futura tarefa de pesquisa é descobrir quais indicadores são úteis para quem e em que situação. Moissa et al. [98] comentam que algumas ferramentas são difíceis de entender e extrair informações, porque possuem uma diversidade de métricas ou por possuírem pouca usabilidade.

3.2.6.5 Privacidade dos Dados

O uso das técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem leva a discussões sobre a privacidade dos usuários [42] [45]. Recomenda-se não utilizar o registro dos alunos, preferindo adotar dados “pseudonimizados” em uma etapa de pré-processamento usando, por exemplo, um *hash* (resumo criptográfico) em vez de um ID (Identificador Único) do aluno e apresentando resultados resumidos em forma de visualizações que mostram processos de grupo e não permitem focar um aluno [43].

Nesse contexto, o uso ferramentas externas, como Google Analytics, é desencorajado e preocupações sérias com a privacidade são levantadas [45]. Escobar et al. [45] sugerem que sejam emulados aspectos específicos de uso dessa solução para elaborar estratégias de *Learning Analytics* próprias para monitoramento do acesso aos recursos educacionais.

Troussas et al. [142] relatam que a diversidade na implementação de *Learning Analytics* apresenta dificuldades no planejamento, levando a questionamentos quanto à adoção. Os autores citam que o envolvimento das instituições de ensino com tais técnicas pode trazer custos e complicações administrativas, sendo necessário definir padrões para controle de dados e políticas de privacidade para seus alunos e professores.

Nesse cenário, Leitner et al. [88] relatam uma crescente conscientização sobre os riscos e benefícios potenciais, considerando o Regulamento Geral de Proteção de Dados, referenciando publicações sobre diretrizes, melhores práticas e bons exemplos de trabalho com *Learning Analytics* sobre os dados dos alunos. Um exemplo está na análise de questões inconvenientes em relação à privacidade e uso ético antes de aplicar algoritmos e ferramentas aos dados, apontando também para a possibilidade de não identificação dos dados do aluno [88].

Como alternativa ao uso de dados do perfil dos usuários, pode-se utilizar *Learning Analytics* em Objetos sem requerer *login* do usuário, como é adotado em repositórios públicos, por exemplo. Nesse caso, pode-se utilizar alternativas para se montar um perfil do usuário, adotando, por exemplo, *cookies* autorizados para manter uma identificação única para cada computador ou ainda salvar cada sessão como única. No entanto, essa alternativa prejudica a análise dos dados em duas

situações: no uso de computadores públicos em bibliotecas e laboratórios; e, no caso de o mesmo usuário utilizar os Objetos em diferentes dispositivos.

3.2.7 Considerações sobre a Revisão Sistemática: *Learning Analytics* e Objetos de Aprendizagem

A análise das publicações desta revisão sistemática permitiu compreender melhor o panorama do tema e as intersecções de *Learning Analytics* e Objetos de Aprendizagem. Nesse sentido, inúmeras técnicas são apresentadas, subsidiando uma ampla gama de possibilidades para uso dos dados analíticos gerados a partir das interações dos alunos nos Objetos de Aprendizagem.

Verificou-se que, para tornar possível a introdução de técnicas de *Learning Analytics* nos Objetos de Aprendizagem, é necessária a inclusão de linguagens de programação *back-end* (lado servidor). Nesse contexto, há uma maior complexidade para elaboração dos Objetos de Aprendizagem, sendo necessária uma arquitetura que envolva a transição de dados entre a camada cliente para camada servidor, além de uma camada adicional, contendo, por exemplo, um banco de dados para salvamento dos dados analíticos. As soluções de arquiteturas propostas esbarram em limitações dos Objetos, principalmente considerando o reuso desses recursos contendo técnicas de *Learning Analytics*.

A análise sobre dados analíticos que podem ser coletados a partir dos Objetos de Aprendizagem resultou em uma ampla variedade de dados, fazendo ressalvas quanto a análise dos dados sobre a privacidade dos alunos que foram discutidos na seção de desafios e possibilidades. Nesse mesmo contexto, os benefícios do uso de *Learning Analytics* incluem a possibilidade de intervir na aprendizagem, contemplando também uma autorregulação da aprendizagem pelos alunos. Outro fator de benefício está relacionado à melhoria e evolução do Objeto de Aprendizagem a partir desses dados analíticos.

Em contraponto à revisão sistemática da seção 3.1, esta revisão trouxe elementos importantes relacionados a atividades e práticas que podem ser incorporadas às metodologias de produção de Objetos de Aprendizagem, sendo categorizadas seguindo as principais etapas descritas na seção 3.1.1. Já na seção de desafios e possibilidades de uso de *Learning Analytics* em Objetos de

Aprendizagem, verificou-se hiatos quanto a implementação plena dessas técnicas nos Objetos.

A partir da análise das publicações, verificou-se que a inclusão de técnicas de *Learning Analytics* está em processo de evolução, carecendo de elementos de padronização e manutenção dos pilares conceituais dos Objetos de Aprendizagem. Nesse cenário, idealizou-se a realização de uma *survey* com pesquisadores brasileiros sobre o tema, investigando as principais necessidades, desafios e dificuldades na introdução de *Learning Analytics* nos Objetos de Aprendizagem.

3.3 SURVEY COM PESQUISADORES DA ÁREA DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM E DE *LEARNING ANALYTICS*

Nessa etapa de coleta de dados, buscou-se compreender a introdução das técnicas de *Learning Analytics* no cenário brasileiro de produção de Objetos de Aprendizagem, incluindo, nesse escopo, o detalhamento de quais práticas ou processos foram introduzidos, como os dados obtidos estão sendo adotados na melhoria de aprendizagem dos alunos, eventuais dificuldades na introdução, bem como motivos da não introdução de tais técnicas na produção de Objetos de Aprendizagem.

Para tanto, realizou-se uma pesquisa em bases de dados científicas para identificar a existência de revisões ou pesquisas relacionadas a essa introdução. No entanto, nenhum artigo específico foi encontrado sobre o assunto. Assim, foi elaborada uma *survey* (Apêndice B) a ser aplicada a pesquisadores na área de Objetos de Aprendizagem e de *Learning Analytics*, com a qual, de modo exploratório, se buscou, nas 11 perguntas, investigar os seguintes tópicos:

- Informações relevantes para coleta durante o acesso dos alunos aos Objetos de Aprendizagem;
- Técnicas de *Learning Analytics* utilizadas em Objetos de Aprendizagem;
- Etapas de inclusão e de implementação das técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem;
- Dados analíticos coletados durante as interações dos alunos nos Objetos de Aprendizagem;

- Linguagens de programação utilizadas nos Objetos de Aprendizagem e dificuldades na implementação;
- Dificuldades na implementação de *Learning Analytics*.

Nesse contexto, investigamos também o interesse em adotar eventuais diretrizes na produção de Objetos de Aprendizagem com técnicas de *Learning Analytics*.

Para encaminhamento desse questionário, no formato de *survey*, utilizando a plataforma Google Forms, buscou-se por pesquisadores na área de Objetos de Aprendizagem e *Learning Analytics* no cenário brasileiro. Com isso, foram investigados nome e e-mail dos pesquisadores autores de artigos relacionados a estas áreas nas bases de dados relacionadas à Comissão Especial de Informática na Educação, incluindo os eventos SBIE e WIE, os workshops relacionados ao CBIE e o DesafIE, além da RENOTE. Para esta investigação, foi utilizada a seguinte *string* de busca: '*learning analytics*' OR "Objetos de Aprendizagem" OR '*learning objects*'.

Como resultado dessa seleção dos artigos e, posteriormente, de seus pesquisadores autores, encontrou-se 313 pesquisadores, excluindo-se nomes duplicados. O encaminhamento de e-mails foi realizado no mês de junho de 2020, sendo coletados dados da *survey* entre os meses de junho e agosto de 2020.

O número total de participantes respondentes da *survey* foi de 31 participantes, sendo dois participantes brasileiros inseridos em Universidades estrangeiras e 29 participantes inseridos em Universidades brasileiras. O índice de resposta de 9,90% do total, dos quais representaram 28 Universidades distintas. Nesse contexto, ressalta-se que, dos 31 participantes, apenas 10 utilizam técnicas de *Learning Analytics* na produção de Objetos, enquanto 21 não as implementam.

A análise dos dados foi realizada a partir da exportação dos dados no formato CSV do Google Forms, sendo importadas no pacote RQDA, adotando técnicas de análise textual da metodologia *Grounded Theory* [35].

Os resultados da análise realizada serão apresentados a partir de tópicos de acordo com as questões propostas. Na ocorrência de citações diretas mencionadas pelos participantes, será adotado o padrão "Pnúmero", pelo qual o número identificará os participantes de 1 a 31 (por exemplo, P1, P2, P3... P31).

3.3.1 Informações relevantes para coleta durante o acesso dos alunos aos Objetos de Aprendizagem

A questão inicial, sobre quais informações são relevantes para coleta, propiciou uma análise ampla dos 31 participantes, repleta de dados e informações derivadas que podem ser adquiridas por meio das técnicas de *Learning Analytics*. Nesse sentido, ressalta a importância de se ter um objetivo na coleta, mas ressalta a importância de uma ampla coleta de dados para futuras pesquisas: “*tudo depende do seu objetivo. Mas de modo geral, na pesquisa, acredito que todos os dados são relevantes. Se não para uso imediato, depois podem ser úteis para novas pesquisas*” (P15).

Devido a uma ampla e diversificada relação de informações relevantes que foram coletadas, optamos por agrupá-las em tópicos, analisando-as e subcategorizando-as como dados brutos de acesso e como dados derivados que podem ser adquiridos a partir da análise desses dados brutos (que podem pertencer a mais de um agrupamento) [72].

O primeiro agrupamento diz respeito à coleta de dados em exercícios, para os quais foram mencionados os seguintes dados: todas as respostas dos alunos, inclusive as erradas, e a quantidade de acessos.

Nesse contexto, poderiam ser derivadas as seguintes informações: notas e perfil das tentativas de responder às perguntas (se ao errar ele refaz novamente o exercício instantaneamente ou refaz após rever o Objeto), dificuldade do aluno, número de acertos (possível inferir a existência de percentuais nesse contexto), perfil de facilidade de aprendizado (se o aluno após utilizar o Objeto consegue um bom desempenho ou não) e estilo de aprendizagem (se compreende melhor o conteúdo a partir de vídeos, de conteúdos estáticos, áudio, exercício por reforço, etc.), ordem dos exercícios (inferimos se tratar da ordem de execução dos exercícios, se o aluno pulou etapas ou realizou na ordem apresentada) e avaliações das respostas.

Considerando as informações relacionadas aos exercícios, P28 destaca a relevância da identificação dos conteúdos com menor desempenho dos alunos: “*conteúdo que apresentou maior dificuldade*”, sendo um fator para considerar uma reformulação do Objeto para facilitar a compreensão desse conteúdo. A função dos

Objetos de Aprendizagem no processo de aprendizagem é ressaltada por P16: *“Objetos são muito importantes para fixação dos conteúdos”*.

Já o segundo agrupamento está relacionado à coleta de dados das interações gerais com os Objetos, sendo referidos: data de acesso, tempo de permanência no Objeto, tempo por tela do Objeto, horário de acesso aos exercícios, horários das respostas, intervalo de tempo no Objeto (foco e *blur* do recurso – sendo esses recursos do HTML que disparam eventos de: foco, se o cursor do mouse ou teclado está em determinado elemento ou região, ou *blur* quando o usuário clica TAB ou clica em outra região da página, perdendo o foco do elemento analisado), número de cliques, tempo de permanência no uso do Objeto (podendo ser analisado se o aluno trocou de foco), interação com *player* de vídeo, leitura/visualização pelo aluno, quantidade de acessos (no Objeto), jornada de acessos dentro do ambiente virtual (considerando todos os Objetos vistos e não vistos do ambiente), tempo de interação, histórico de interações, e itens explorados.

Nesse cenário, podem ser obtidas as seguintes informações derivadas: caminhos percorridos (podendo verificar as preferências ou dificuldades dos alunos em determinado conteúdo), habilidades exploradas, forma que o aprendiz utiliza o Objeto de aprendizado, como essa interação o levou a aquisição do conhecimento transmitido - podendo ser reproduzida, melhorada ou adequada), e avaliação sobre habilidades e competências (podendo ser adquiridas e verificadas a partir da análise dos conteúdos analisados e dos exercícios realizados).

Considerando as interações gerais dos alunos nos Objetos de Aprendizagem, P5 reflete sobre a abrangência dessa coleta de dados, citando o uso dessas informações para o aprimoramento dos Objetos de Aprendizagem: *“todas informações que retratam a forma que o aprendiz utiliza o Objeto de Aprendizado, e como essa interação o levou a aquisição do conhecimento transmitido. Podendo esta ser reproduzida, melhorada ou adequada”*.

O terceiro agrupamento se relaciona a dados que auxiliam a montar o perfil do aluno: itens explorados, formas de interação, interação com as funcionalidades, ajudas solicitadas, idade dos usuários (vislumbrando interfaces e abordagens adaptáveis), comentários do aluno com relação ao Objeto, informações que o aluno verbaliza (como suas perguntas e dúvidas nos fóruns), dispositivo utilizado, quantidade de vezes de acesso, facilidade no uso do Objeto, evolução da aprendizagem, curso, gênero, e satisfação.

Nessa conjuntura, podem-se obter informações derivadas, tais como: perfil do aluno, motivação, interesses, dúvidas, dificuldades, sentimentos e ações de cooperação. Nesse contexto, pode-se ao integrar as informações com outros sistemas, como o de informações acadêmicas dos alunos, auxiliando na elaboração do perfil, sendo mencionados: histórico de notas, carga horária de disciplinas aprovadas e reprovadas, e de atividades complementares.

Nesse agrupamento, destaca-se a menção de P11 sobre informações analíticas que ajudam a elaborar o perfil do aluno, como o diagnóstico dos conhecimentos prévios: *“Como os estudantes compreendem determinadas situações que serão/são foco de estudo na disciplina que estou trabalhando. Ajuda no diagnóstico de conhecimentos prévios ou mesmo nas construções que eles já realizaram em função das atividades já desenvolvidas no andamento da disciplina”*.

3.3.2 Técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem

Essa questão buscou explorar, dos 10 participantes que já implementam técnicas de *Learning Analytics* na produção de Objetos, quais especificações e técnicas estão sendo utilizadas (ou iniciadas).

Nesse contexto, três relataram a utilização ou início do uso dessas técnicas utilizando o Moodle. P6 ressalta dificuldades na utilização de técnicas de *Learning Analytics* nesse ambiente: *“Tudo dentro do Moodle. É bem complicado”*.

Três participantes relataram a utilização de uma metodologia ou especificação própria para introdução das técnicas de *Learning Analytics*, como é destacado por P24 (*“Avaliando cada Objeto individualmente com questionários qualitativos próprios”*) e por P5 (*“Metodologia própria que permite a reprodução dos passos dos aprendizes”*). Nesse âmbito, P30 relata dificuldades na integração dos dados analíticos provido por ferramentas: *“Utilizei três ferramentas que sequer estavam integradas com o sistema de aprendizagem, foi um processo relativamente manual”*.

Em relação a uso de alguma especificação para coleta de interoperabilidade de dados analíticos, P8 mencionou o uso do xAPI, como especificação para gerar informações sobre as interações dos alunos nos Objetos de Aprendizagem.

3.3.3 Etapas de Inclusão e de Implementação das Técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem

Referente as etapas de inclusão de *Learning Analytics* nos Objetos de Aprendizagem, dos 10 participantes que implementam *Learning Analytics* cinco participantes (P3, P6, P15, P28, P30) relataram o uso de técnicas e ferramentas padronizadas, utilizando *plugins* do Moodle, por exemplo, ou padrões específicos de acordo com as características de exercício. P30 ressalta essa característica de padronização: *“Existe um padrão para todos os Objetos, que no meu caso são apenas exercícios. Mas consideramos as características (tipo, dificuldade, etc.) destes exercícios”*.

P10 relatou ser um processo híbrido: *“Parte dele são padrões, dependendo do que se está analisando. Outras são personalizadas, dependendo da necessidade do processo ensino-aprendizado”*.

Três participantes (P8, P11 e P24) relataram ser inclusões específicas, planejadas de acordo com cada Objeto, sendo que P24 ressalta o planejamento para cada Objeto de Aprendizagem: *“São planejadas. Cada atividade tem um plano de aula e o alinhamento dos conteúdos do ano atendido com as competências do Objeto”*.

Questionados sobre como é o processo de implementação das técnicas de *Learning Analytics* nos Objetos de Aprendizagem, as respostas se subdividiram entre: antes da produção do Objeto (como algo já pronto – Moodle, por exemplo), durante o desenvolvimento, após o desenvolvimento e como um processo contínuo.

Dois participantes relataram se tratar de uma etapa anterior, especificada por P6 como: *“Anterior, nativa do sistema”*, sendo que apenas utilizam os recursos disponíveis no ambiente. Quatro deles (P5, P8, P10 e P11) mencionam serem incorporadas técnicas durante o desenvolvimento, sendo que P10 ressalta uma interação de aprimoramento: *“É realizado um planejamento, desenvolvido como Objeto de Aprendizagem e melhorado, se necessário, com adaptações no Objeto”*. Quatro participantes (P3, P15, P28 e P30) relatam ser em uma etapa posterior, como se tratasse de uma etapa de adaptação do Objeto para conter tais técnicas.

3.3.4 Dados analíticos coletados a partir das interações dos alunos nos Objetos de Aprendizagem

Referente aos dados analíticos que já estão sendo coletados pelas técnicas de *Learning Analytics* nos Objetos de Aprendizagem, os 10 participantes – que já usam estas técnicas – citaram os dados mencionados nesta seção, os quais optamos por categorizar entre dados analíticos do Objeto, dados analíticos do Aluno e dados analíticos que podem ser atribuídos pela Interação dos alunos com os Objetos. Nesse contexto, há dados que já foram mencionados na seção 3.3.1, sendo eles relevantes para se obterem nas interações dos alunos. Ainda nesse sentido, alguns dados analíticos citados podem pertencer a mais de uma categoria.

Entre dados analíticos do Objeto, que podem ser analisados sobre a perspectiva do recurso, destacam-se: participações nos fóruns, número de acessos ao recurso, atividades realizadas, respostas enviadas e número de acessos ao exercício (de maneira geral, podendo-se obter estatísticas sobre percentuais de acertos).

Sobre os dados analíticos do aluno, analisando sobre a perspectiva do perfil do aluno, verificou-se o relato dos seguintes dados: navegação, interação em cada atividade (podendo traçar um perfil do aluno de acordo com suas preferências), atividades acessadas anteriormente (evidenciando um histórico de acessos), número de acessos ao exercício, data de acesso e intervalo de tempo (foco e *blur* do recurso), notas, perfil das tentativas de responder às perguntas, experiência de aprendizagem, melhora do desempenho, otimização de custos, absorção do conteúdo e evasão.

Já os dados analíticos que podem ser atribuídas pela interação dos alunos com os Objetos, relacionando a perspectiva das interações entre alunos e os Objetos acessados, foram: respostas enviadas, número de cliques dados, data e tempo de acesso (através de *logs*), número de tentativas de resolver o exercício, respostas enviadas (que podem ser analisadas individualmente), tempo de permanência em cada página, tempo de tela, intervalo de tempo (foco e *blur* do recurso), tempo médio dispendido para realizar uma atividade e quantidade de cliques em cada parte da atividade.

Sobre a integração dos dados analíticos com outras fontes de dados, apenas dois participantes (P8 e P28) mencionam a integração com o sistema de apoio/controle. Os demais participantes relataram não ter tal integração, sendo gerados apenas algoritmos de análise de dados e relatórios. Analisa-se, nesse contexto educacional, uma hipótese que esse tema ainda carece de interoperabilidade para unir informações de sistemas legados para consolidação uma base de dados integrados, como por exemplo, um *Data Warehouse*.

3.3.5 Linguagens de programação utilizadas nos Objetos de Aprendizagem

Na questão de linguagens de programação utilizadas pelos 10 participantes que implementam *Learning Analytics* na produção de Objetos de Aprendizagem, destaca-se a utilização de mais de uma linguagem por participante, podendo num mesmo Objeto conter mais de uma linguagem – como HTML e Javascript.

Entre as linguagens utilizadas, se destacam o HTML (P6, P12, P14, P26, P27, P28 e P29), Java (P1, P10, P20, P21, P23, P25), PHP (P1, P8, P19 e P25), Python (P10, P20, P23), Javascript (P1, P8 e P12), C e C++ (P20 e P25). Há referências também a outras linguagens tais como Ruby, Node.js, kotlin, laravel, mysql, nosql, PostgreSQL. Outro fator que se destaca é a menção a bancos de dados, como NoSQL e MySQL, demonstrando a utilização de bancos de dados e de linguagens de consulta junto a programação dos Objetos de Aprendizagem.

3.3.6 Dificuldades de implementação

Em relação às dificuldades de implementação de *Learning Analytics*, todos os 31 participantes foram questionados, inclusive aqueles que não utilizam tais técnicas na programação dos recursos educacionais, explorando, nesse contexto as eventuais dificuldades de introdução de tais técnicas no processo de produção de Objetos.

Sobre o questionamento, três participantes (P9, P26 e P27) mencionaram que não utilizam *Learning Analytics*, sem citar um motivo.

Em relação a questões de recursos humanos, alguns participantes que evidenciaram a intenção de utilizar as técnicas, citam a ausência de pessoas

qualificadas para implementação, como é ressaltado por P17: *“Não temos na equipe pessoas que dominam essa tecnologia”*. No mesmo sentido, P25 menciona a falta de qualificação na área: *“Pessoas qualificadas para sua implementação”*, assim como P31: *“Nem todos implementam, poucos é que entendem e implementam”*. P7 nomina esse profissional que falta para iniciar o processo de implementação de *Learning Analytics*: *“programador”*.

Considerando alguns aspectos técnicos, P13 menciona dificuldades: *“Estruturação dos dados em Objetos de Aprendizagem”*. Já P3, relata dificuldades na captura de dados com vídeos: *“Não conseguimos pegar dados de interação com o player do vídeo, que considero fundamentais”*.

Considerando aspectos relacionados a elaboração e uso das técnicas de *Learning Analytics*, P3 relata dificuldades na utilização: *“Dominar a Linguagem de Programação do LMS e a visualização dos dados de análise nas interfaces. O docente demanda muito tempo para aprender a construir o Objeto ainda mais para construí-los com os metadados para Learning Analytics”*. Nesse mesmo contexto, P19 resalta dificuldades: *“Instrumentação em geral, falta de ferramentas que facilitem o uso”*. P12 relata dificuldades no uso em relação Ambientes Virtuais de Aprendizagem: *“Uma ferramenta de dê suporte, pois os AVAs pouco auxiliam em relação a isso”*. Da mesma forma, P28 cita as mesmas dificuldades *“manuseio na plataforma Moodle”*.

Sobre aspectos considerados pedagógicos, P8 menciona dificuldades de elaboração: *“Etapa de planejamento pedagógico”*. No mesmo contexto, P5 discute dificuldades na apropriação dos dados analíticos para melhorar o desempenho dos alunos: *“Definição de quais análises realizar, que possivelmente tragam melhores resultados”*. Uma reflexão sobre resultados dos dados analíticos é citada por P10: *“não é porque um estudante ficou muito tempo realizando uma atividade, significa que ele estava com dificuldade. Pode ser que ele gostou tanto da atividade, que quis praticar mais vezes”*. P10 também cita que a análise dos resultados não deve ser generalizada: *“a forma como o processo ensino-aprendizagem acontece com os diferentes estudantes é muito individual e particular. Difícil generalizar que um resultado vai beneficiar de forma positiva todos os estudantes”*.

A dificuldade de reunir esforços de interdisciplinaridade na produção desses recursos também é citada como uma dificuldade pelo P11: *“O trabalho conjunto necessário, que envolve demandas da área específica, da informática, do design,*

entre outros. São vários profissionais, de diferentes áreas que precisam estabelecer um trabalho cooperativo, com conhecimentos que são muito específicos e que, na minha opinião, dificultam a definição de um caminho comum”. P4 também cita tal cenário: “Trabalho multidisciplinar de conhecimento técnico em LA com conhecimento no tema em questão”.

Evidenciou-se uma ausência de padrões ou modelos para iniciar a implementação. Nesse contexto, P20 cita como dificuldade a necessidade de inclusão de vários Objetos para conseguir coletar dados que são desejados: “encontrar um único Objeto que me traga todas as informações que desejo, pois em geral tenho que utilizar mais que um Objeto”. Nesse contexto, supomos ser referenciada a dificuldade de juntar partes de um Objeto teórico, prático (exercício) e vídeos em um único recurso, sendo necessário utilizar várias ferramentas externas para coletar tais dados (como por exemplo Youtube para vídeos, exercício no Moodle, e parte teórica em um outro ambiente).

A produção de Objetos de Aprendizagem em centros de produção, não sendo limitado em Objetos encapsulados em Ambientes de Aprendizagem, é capaz de satisfazer esses requisitos de produção com liberdade para incorporar vários tipos de recursos em um único Objeto. Nesse sentido, a utilização de *templates* padronizados e modelos já contendo técnicas de *Learning Analytics* é capaz de facilitar a produção dos recursos, sendo necessárias poucas alterações diretamente na linguagem de programação, deixando os desenvolvedores envolvidos na criação de novos recursos.

3.3.7 Utilização de diretrizes na implementação de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem

Sobre a utilização de diretrizes para introdução de técnicas de *Learning Analytics* nos Objetos de Aprendizagem, contendo técnicas de *Learning Analytics* encapsuladas e prontas para serem utilizadas, dos 31 participantes, 24 participantes mencionam a intenção de utilizar tal solução, que facilitaria a introdução de técnicas na produção desses recursos. Dos outros participantes, três assinalaram não ter intenção de utilizar tal solução e três não responderam diretamente ao questionamento.

Nesse contexto, P3 comenta a necessidade de exemplos para pôr em prática, questionando os papéis envolvidos nessa implementação: “*Sim, mas precisaria de um exemplo de como executaria isso, o docente ou o programador que faria isso no LMS, em outras palavras, no back-end ou no front-end?*”. Esse questionamento vem ao encontro das dificuldades elencadas para o desenvolvimento do Objeto, que requereria um programador na implementação utilizando linguagens *back-end*.

P30 comenta questões legais para verificar a viabilidade de adotar tais diretrizes: “*É bem provável que sim. Exceto se essas diretrizes não sejam compatíveis com o projeto ou com a leis estabelecidas no país*”. Do mesmo modo, P10 faz ressalvas quanto a privacidade dos dados: “*Após análise desses sensores e o entendimento de quanto invasivo ou não, seguro ou não, privativo ou não, é esta ferramenta, pode ser que seja interessante*”.

3.3.8 Consideração sobre a *survey* com Pesquisadores de *Learning Analytics* e Objetos de Aprendizagem

Considera-se que esta *survey* trouxe elementos para se compreender melhor o panorama brasileiro de produção de Objetos com *Learning Analytics*. Pela amostra analisada, é possível verificar que a introdução de *Learning Analytics* nos Objetos de Aprendizagem carece de elementos para popularização, compreensão e processos que facilitem essa integração.

No panorama de participação na *survey* foi possível analisar ambos os cenários: aqueles que já implementam tais técnicas nos Objetos e aqueles que ainda não implementam tais técnicas nos Objetos. Nesse sentido, verificou-se a existência de desafios, dificuldades e dúvidas em ambos os contextos, principalmente considerando relatos de dificuldades de utilização daqueles que as implementam utilizando ferramentas de *Analytics* integradas, como, por exemplo, dentro do Moodle.

Sobre o questionamento de diretrizes para introdução de técnicas de *Learning Analytics* nos Objetos de Aprendizagem, dos quais 24 participantes relatam intenção de utilizar tal solução, verificam-se a existência de hiatos, principalmente na área técnica para implementação dessas técnicas nos Objetos de Aprendizagem. Nesse sentido, buscando compreender o cenário prático e explorar maneiras de realizar tal

integração de Learning Analytics com Objetos de Aprendizagem, idealizou-se a realização de prototipagens exploratórias, sendo apresentadas na seção 3.4.

3.4 PROTOTIPAGEM EXPLORATÓRIA COM INTRODUÇÃO DE *LEARNING ANALYTICS* EM OBJETOS DE APRENDIZAGEM

Nessa etapa de pesquisa, voltada para pesquisa prática sobre a aplicação das técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem²⁰, foram realizadas prototipagens exploratórias de modo a incluir técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem [62] [63]. A escolha dessa etapa prática foi adotada para se obter subsídios em questões de arquitetura e modelos de implementação de técnicas de *Learning Analytics* nos Objetos de Aprendizagem.

Segundo Bischofberger e Pomberger [18] o objetivo da prototipagem experimental é atingir uma especificação concisa dos componentes que formam a arquitetura do sistema. Nesse contexto, a prototipagem é utilizada para validar experimentalmente a adequação das especificações dos componentes do sistema, modelos de arquitetura e ideias para soluções para componentes individuais do sistema [18].

Já na prototipagem exploratória, Bischofberger e Pomberger [18] ressaltam o objetivo de definição dos requisitos, que sejam completos e possam ser verificados pelos usuários com base em exemplos realistas. Nesse contexto, os fatores importantes não são a qualidade da implementação do protótipo, mas a funcionalidade, a facilidade de modificação e a velocidade de desenvolvimento. Já para Aguiar [2], na prototipagem exploratória, várias opções de projeto são avaliadas para expressar como o futuro software deve funcionar ou parecer. O objetivo é esclarecer os requisitos funcionais e os requisitos do usuário com relação ao futuro sistema [2]. Nesse contexto, os projetistas passam a ter uma percepção mais completa da área de aplicação e das tarefas que devem ser executadas pelos usuários [2].

²⁰ Para esta etapa de pesquisa contamos com auxílio de bolsistas trabalhando em projetos de Iniciação Científica via Programa de Bolsa/Pesquisa para Alunos da Graduação – BPA: Editais BPA 2018, BPA 2019 e BPA 2020.

Referenciando uma integração entre as duas formas de prototipagem, Bischofberger e Pomberger [18] comentam que a experimental é uma abordagem que oferece apoio ao design de sistemas e componentes que naturalmente desempenha um papel importante na prototipagem exploratória.

Assim, optou-se por denominar de prototipagens exploratórias essa etapa prática, visto que ambos os conceitos de prototipagem foram abordados, desde a especificação da arquitetura (prototipagem experimental) quanto a definição de requisitos, tornando os protótipos implementados em exemplos realistas que passam a percepção completa das tarefas que devem ser desempenhadas pelos usuários (prototipagem exploratória).

Como base para a prototipagem, foram realizados estudos relacionados a dados e variáveis analíticas que podem ser obtidas nas interações dos alunos nos Objetos de Aprendizagem, bem como técnicas de *Learning Analytics* sem nenhuma especificação ou ainda baseadas na especificação xAPI.

Considerando a produção de Objetos de Aprendizagem em HTML5, o primeiro passo para introduzir as técnicas de *Learning Analytics* consistiu em escolher uma linguagem de programação *back-end* para realizar processamento de dados no lado servidor. Para isso, foram realizados testes e pesquisas com PHP, Node.js e Perl, sendo que o PHP demonstrou melhor adaptação para ser utilizada neste contexto. O uso dessa linguagem pelos pesquisadores na área da Informática na Educação [14] [149] também foi um fator decisivo para a escolha.

Por ser uma linguagem *back-end*, um requisito necessário para o desenvolvimento em PHP é necessidade de um servidor web para interpretar os códigos da linguagem. A tarefa de criar um ambiente para o PHP é facilitada pela existência do WampServer²¹, um software que realiza a instalação do servidor Apache, linguagem PHP e do banco de dados MySQL, agilizando a realização de experimentos.

A partir dessas definições, serão apresentadas duas prototipagens exploratórias, para os quais foram inseridas técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem, de modo a adaptá-los para adotarem tais técnicas. Na primeira prototipagem, o Objeto escolhido é puramente prático, contendo exercícios

²¹ <https://www.wampserver.com/en/>

de fixação. Na segunda prototipagem, o Objeto contém teoria e exercícios, sendo adicionados elementos de recursos de áudio e vídeo.

3.4.1 Prototipagem Exploratória 1

Na primeira prototipagem exploratória optou-se por a incluir técnicas de *Learning Analytics* em um Objeto de Aprendizagem de código fonte aberto, de modo a promover seu reuso com essas técnicas. Nesse contexto, foi escolhido o Objeto QuiForca²², desenvolvido pelo Laboratório de Objetos de Aprendizagem da Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR). Essa escolha se baseou por ele possuir código fonte aberto e ser implementado em HTML, CSS e Javascript, sendo tecnologias acessíveis para a produção de Objetos. O objetivo original desse Objeto é realizar exercícios sobre o conteúdo de Química apresentado no período escolar, utilizando-se de um jogo da forca para isso (Figura 8).

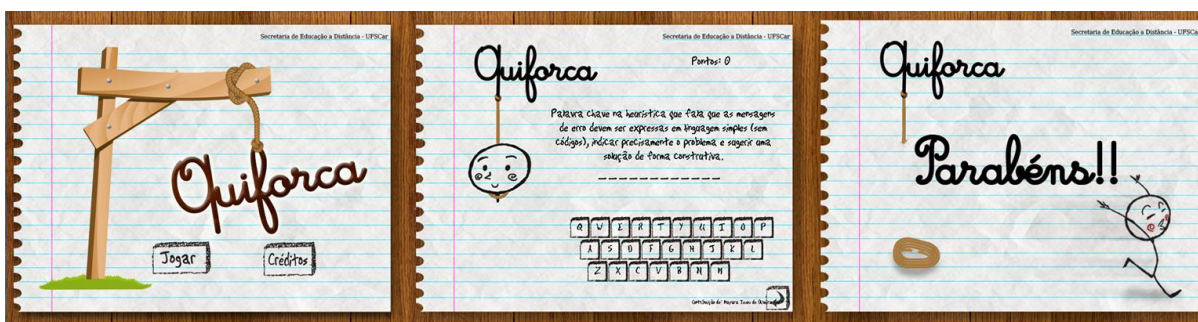


Figura 8. Objeto de Aprendizagem QuiForca.

Fonte: <http://www.loa.sead.ufscar.br/quiforca.html>

Para introdução das técnicas de *Learning Analytics* nos Objeto, foram adotados a linguagem PHP e o padrão XML, uma linguagem de marcação fundamentada em estruturas hierárquicas que permite a modelagem das informações de forma organizada, possibilitando a interoperabilidade dos dados nela contidos. Ressalta-se que o formato foi escolhido por ser de simples compreensão, além de possuir uma ótima integração com PHP, que possui uma classe específica para trabalhar com o padrão. Esse formato se adapta tanto para salvamento dessas informações em banco de dados quanto o envio deles por meio de *web services*.

Considerando que o Objeto é do tipo exercício, foram selecionados os seguintes dados analíticos para serem implementados: número de visitas, notas dos

²² <http://www.loa.sead.ufscar.br/quiforca.html>

alunos (média), número de tentativas bem e mal-sucedidas e outras de forma derivada a partir desses dados analíticos, como taxa de retorno ao Objeto (obtida a partir do número de visitas) e desempenho do aluno/notas (obtida a partir das tentativas).

A partir dessas escolhas, foram planejadas e implementadas funções em PHP e modelos de arquivos XML para serem incorporados no Objeto em HTML. O conjunto dessa orquestração de códigos PHP, incluindo sensores aplicados no código fonte original do Objeto e arquivos XML são denominadas funcionalidades, e geram dados analíticos das interações dos alunos no Objeto em arquivos XML. A Figura 9 ilustra esse processo de criação das funcionalidades.

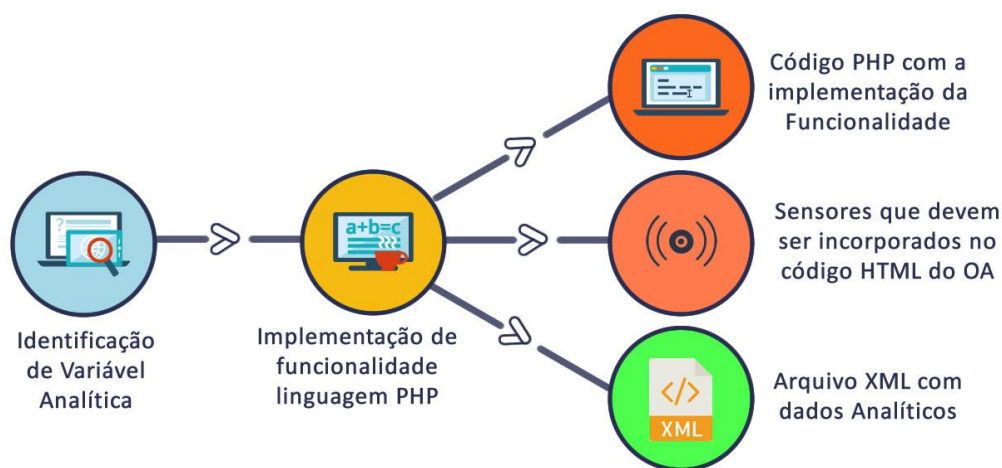


Figura 9. Implementação das funcionalidades das técnicas de *Learning Analytics*.

A implementação das funcionalidades foi subdividida em três principais etapas. A primeira etapa consistiu em implementar e anexar o código fonte das funcionalidades junto ao código fonte original do Objeto. A segunda etapa consistiu em adicionar sensores em determinados pontos no código fonte do Objeto original, de modo a encaminhar requisições e mensagens a partir das interações dos alunos no Objeto. Um exemplo de sensor está na resolução de uma questão, sendo encaminhadas mensagens de requisição POST para as funcionalidades PHP quando o aluno acerta ou erra uma questão, de modo a registrar essa ação. Já a terceira etapa diz respeito a criação de um arquivo XML contendo alguns metadados de informação do Objeto. Assim, a orquestração dessas funcionalidades irá resultar na geração de arquivos XML contendo as interações dos alunos no Objeto que são referenciadas com um resumo das interações no Objeto, como média de acertos, tempo médio de uso, entre outros.

De modo a coletar dados pessoais do usuário, foi realizada a inclusão de uma tela de *login* na página principal em PHP que após preenchida redireciona o aluno para a página do inicial do Objeto. Nesse contexto, o pacote de arquivos com técnicas de *Learning Analytics* tem incluso, além da página de *login*, uma pasta PHP, contendo as técnicas de *Learning Analytics*, e uma pasta Data, contendo os arquivos XML (Figura 10).

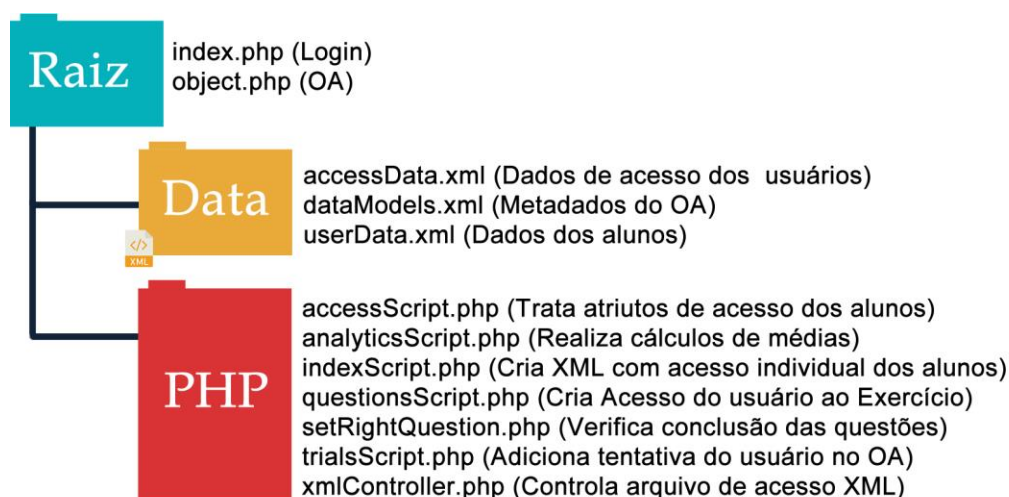


Figura 10. Arquivos com técnicas de *Learning Analytics*.

No contexto de arquitetura dessa prototipagem exploratória, os dados são coletados pela linguagem *front-end* (Javascript) e então enviada para o *back-end* (PHP) que realiza o “salvamento” dessas informações no lado servidor em arquivos XML. Cabe ressaltar que a geração dos dados analíticos foi projetada com objetivo de possibilitar o uso concorrente do Objeto e possibilitar a análise e integração desses dados com outros sistemas. Para isso, são utilizados três arquivos XML: um com metadados básicos de informações sobre o Objeto; um com informações do usuário, incluindo nome e matrícula, média de acerto no Objeto, média de tempo no Objeto; e outra com dados de acesso do usuário aluno no Objeto, associando o usuário por ID e seus respectivos data e hora do início do acesso, data e hora do final do acesso, questões certas e erradas e percentagem de erros e acertos.

Nesse contexto, a cada novo acesso do aluno no Objeto são alterados os arquivos XML: do aluno, incluindo a atualização de médias de acerto e tempo; e do acesso do aluno ao Objeto, incluindo um novo registro de acesso.

Sobre os sensores, todos foram adicionados na página *index.php* e *logica.js* (que reúne e encapsula as funções Javascript do Objeto original). Nesse cenário, em cada ação requisitada pelo Objeto, incluímos o encaminhamento de mensagens no

método POST para as páginas em PHP. As funções criadas com sensores na página de *login* e principal do Objeto foram *sendUserData*, *runAccessScript*, *runXmlController* e *runAnalytics* que realizam respectivamente tarefas de encaminhar dados do usuário de *login*, contabilizar tempo de acesso ao Objeto, repassar o número de tentativas e invocar a realização da função que realiza cálculos e médias. Já as funções alteradas do Objeto original na página *logica.js*, com a inclusão dos sensores, foram *addTentativa*, *createQuestion* e *rightQuestion* que encaminham para as funções PHP, respectivamente, dados de tentativa, nova questão a ser respondida e o resultado da questão pelo aluno.

Após a inclusão das técnicas de *Learning Analytics*, foi realizada uma alteração dos conteúdos abordados originalmente pelo Objeto Quiforca, sendo inseridos 23 exercícios específicos relacionadas a assuntos de um curso da área de Computação. Nesse contexto de reuso do Objeto, para que ele pudesse ser utilizado pelos alunos, utilizamos o ambiente de hospedagem livre *infinityfree*²³ que possui configurações padrões de um servidor web, sem a necessidade de adaptar o ambiente para comportar o funcionamento do Objeto.

O Objeto de Aprendizagem dessa primeira prototipagem exploratória, contendo técnicas de *Learning Analytics*, foi testado por 40 alunos, gerando arquivos XML com todos os usuários e suas respectivas interações individuais, incluindo tentativas, acertos e erros.

A partir dos resultados da utilização do Objeto, verificou-se que a média de tempo total dos alunos no Objeto foi de 21 minutos, tendo uma média de tentativas por exercício de 1,6 (menos de duas tentativas por palavra). O número de acessos ao Objeto foi quase totalitário de um acesso, tendo dois alunos que acessaram duas vezes e dois alunos que acessaram três vezes. A média de acertos, considerando as 23 questões, foi de 6,4, considerando que a não conclusão de um exercício foi considerado como tentativa errada.

Ao se realizar uma análise de maneira aprofundada nos dados, verificou-se que 17 registros de acessos não acessaram nenhum exercício, tendo em alguns desses casos um período de tempo no Objeto superior a uma hora sem interação e outros que ficaram menos de um minuto no Objeto. Desse modo, se fez necessário

²³ www.infinityfree.net

uma etapa de filtragem dos dados, removendo esses usuários e seus respectivos acessos para se obter uma média harmônica desconsiderando esses *outliers*.

Assim, os resultados após essa filtragem apontaram 23 alunos, uma média de tempo no Objeto de pouco mais de 12 minutos, uma média de acessos de 2,5 e uma média de acertos de 10,2 (do total de 23). Nesse cenário, verificou-se que essa filtragem de dados resulta em dados analíticos mais realistas que apontam alguns direcionamentos para as próximas etapas de análise dos dados. Ressalta-se que nesse modelo de análise com alunos, capturamos os nomes para facilitar a identificação e agrupamento dos dados. Nesse sentido, recomenda-se a utilização de nomes pseudoanonimizado (utilizando *hashes*, por exemplo) para análise dos resultados.

Como resultado dessa prototipagem exploratória, verificou-se que a arquitetura proposta é alinhada com princípios de reuso de Objetos de Aprendizagem, visto que a simples extração em outro ambiente possibilitou seu uso. No contexto de geração de dados, verificou-se que ela é rica e permite tanto obter um panorama geral dos acessos quanto focar no comportamento individual de um aluno, possibilitando a verificação, por exemplo, da evolução na performance do aluno no Objeto de Aprendizagem.

3.4.2 Prototipagem Exploratória 2 – Baseada na Especificação xAPI

Como segunda prototipagem exploratória, realizamos a escolha do Objeto “ALGORITMOS E PROGRAMAÇÃO I”, que fora desenvolvido utilizando a ferramenta Fábrica de Objetos [57]. A seleção também se baseou por ele possuir código fonte aberto e ser implementado em HTML5, CSS e Javascript. O objetivo original do Objeto era apresentar conteúdos sobre o tema e realizar exercícios sobre o conteúdo da matéria de Algoritmos e Programação 1 de um curso da área de Computação.

No reuso desse Objeto (Figura 11), mantivemos os conteúdos originais, realizando apenas a inclusão de páginas contendo recursos de áudio e vídeo, considerando a possibilidade de obtermos dados analíticos provindos desses tipos de recursos.

EXEMPLO DE INCLUSÃO DE UM FUNCIONÁRIO

```
public class Cadastro {
    ...
    public boolean admitir(Funcionario f) {
        return lista.add(f);
    }
    ...
}
```

EXERCÍCIO 2

NA CLASSE TURMA, O ATRIBUTO LISTA FOI DEFINIDO COMO UM ARRAYLIST DE ALUNOS. QUAL DOS CÓDIGOS ABAIXO DEVOLVE O ÚLTIMO OBJETO ALUNO INSERIDO NA TURMA. CONSIDERE QUE O OBJETO ARRAYLIST NÃO ESTÁ VAZIO PARA RESPONDER ESTA QUESTÃO.

- Aluno ultimo = lista.get();
- Aluno ultimo = lista.get(size());
- Aluno ultimo = lista.get(size()-1);
- Aluno ultimo = lista.get(lista.size()-1);

INTEGRAÇÃO A COLEÇÕES

Figura 11. Objeto Algoritmos e Programação 1.

Nessa prototipagem exploratória, optamos por utilizar um modelo de geração de dados analíticos baseados na especificação xAPI, a qual aborda o comportamento dos alunos de maneira consecutiva e narrativa, ou seja, as interações que são programadas para serem coletadas são registradas com data e a ação de acordo com a interação, de modo a descrevê-la. Assim, registra-se em arquivos JSON todas as interações dos alunos no fluxo de atividade *Activity Statements* (declarações de atividades), no formato “(ator) (verbo) (Objeto)”, tendo o registro de tempo carimbado a cada declaração. Assim, pode-se analisar e replicar o comportamento do aluno no Objeto de Aprendizagem, bem como filtrar tais registros para se derivar dados analíticos, sendo necessário um processamento de dados posterior para tais derivações.

Sendo assim, de modo análogo à prototipagem exploratória anterior, adaptamos a tela inicial do Objeto, contendo uma tela de *login* para registro do nome e matrícula do aluno. Sobre os dados analíticos escolhidos para serem coletados, consideramos o novo formato de registro, sendo escolhidos os seguintes dados analíticos (sempre registrados com o dia, hora, minuto e segundo de acesso): registro de acesso ao Objeto, registro de acesso em cada página do Objeto, registro de escolha de alternativa no exercício, registro de acerto ou erro em cada exercício, registro de desempenho geral (média) no módulo de exercícios, registro de nova tentativa de realização do módulo de exercícios, registro de *play* no áudio, registro de pausa do áudio, registro de conclusão de áudio, registro de *play* no vídeo, registro de pausa do vídeo, registro de conclusão de vídeo e registro de saída do Objeto.

A partir dessa escolha, foram planejadas e implementadas funções em PHP e um arquivo em JSON para serem incorporados no Objeto em HTML, sendo

implementadas as funcionalidades a partir da inclusão de sensores aplicados no código fonte original do Objeto e funções em PHP que geram as declarações de atividades (dados analíticos) das interações dos alunos nos Objeto no arquivo JSON. Nesse contexto, o pacote de arquivos com técnicas de *Learning Analytics* tem incluso, além da alteração da página do Objeto incluindo de *login*, uma pasta PHP, contendo as técnicas de *Learning Analytics*, e uma pasta Data, contendo o arquivo JSON (Figura 12).

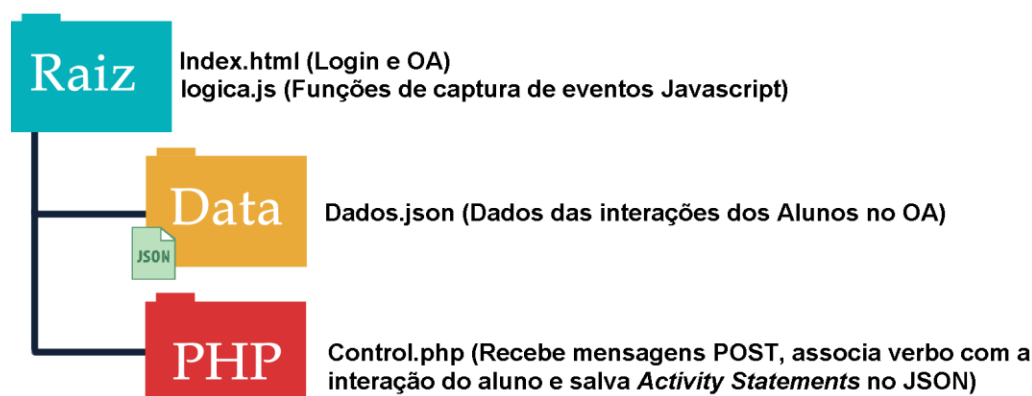


Figura 12. Arquivos com técnicas de *Learning Analytics* baseadas no xAPI.

No contexto de arquitetura dessa prototipagem, foi utilizado o mesmo modelo conceitual, no qual os dados são coletados pela linguagem *front-end* (Javascript) e então enviada para o *back-end* (PHP) que nessa prototipagem realiza a adequação do verbo, no formato *Activity Statements*, de acordo com a interação do aluno no Objeto e realiza o “salvamento” dessas informações no lado servidor no arquivo JSON.

Sobre os sensores, todos foram adicionados na página *index.html* (original do Objeto) e na página *logica.js* (criada para coletar os eventos). Nesse cenário, cada ação coletada de acordo com o evento é encaminhada por meio de mensagens no método POST para a página em PHP responsável pela montagem das mensagens no formato *Activity Statements* e salvamento no JSON.

Sobre a coleta dos passos de navegação no Objeto, foi adicionada a função *startRoutine()* que é executada a cada clique: “<div class=“navigate-right enabled” onclick=“startRoutine()”></div>”. Nessa função, é encapsulada uma mensagem no formato de formulário contendo o nome e a página acessada, sendo encaminhada no método POST para a página *control.php*.

A página *control.php* centraliza as requisições de mensagens e de acordo com o tipo de mensagem e parâmetros que são recebidos faz o encaminhamento

para o método correto. Nesse contexto, se os parâmetros passados forem ‘nome’ e ‘página’, trata-se do registro de acesso as páginas, no qual são anexados de acordo com o verbo desta ação. De modo análogo ao xAPI, foram utilizando os verbos traduzidos da documentação²⁴ do xAPI. Assim que montada ação no formato *Activity Statements*, ela é salva no arquivo *Dados.json*, como por exemplo: “[{“name”:“nome”,“value”:“joao”}, {“name”:“identificador”,“value”:“12345”}], “verbo”:“Acessou a página modelando-com-colecoes-3”, “data”:“Friday 15th of January 2021 07:20:33 PM”], no qual identifica o ator “João”, verbo “acessou a página”, objeto “modelando-com-colecoes-3”, sendo identificado com a data de acesso.

Para áudio e vídeo, utilizou-se a coleta de eventos das *tags* de *<audio>* e *<video>*, por meio de funções de gatilho do jQuery, como `$("#audio").on('play', function ());` que detectarão eventos nesses recursos e executarão o encaminhamento de uma mensagem ao *control.php* desta ação do aluno. Nesse cenário, são coletados eventos de início, pausamento e término dos áudios e vídeos dos Objetos, sendo identificados pelos atributos ID deles, como “*<audio id="audio_one" src="audio.mp3" controls></audio>*”. Assim, a mensagem é composta pelo nome do aluno, o evento de início, pausamento ou término e o ID do elemento, sendo identificados separadamente entre áudio ou vídeo.

Para coleta das interações dos exercícios, optou-se por registrar as alternativas escolhidas, ainda que não confirmadas. Assim, utilizou-se uma abordagem semelhante a coleta de áudio e vídeo, coletando gatilhos dos elementos *<input:radio>*. Desse modo, são registrados, junto com o nome do aluno, a alternativa escolhida e o número do exercício (e módulo). Já quando o aluno confirma sua alternativa no botão, é acionada uma função para verificação da resposta, no qual aproveitou-se a lógica dessa conferência para introduzir o envio de mensagem de acerto ou erro do exercício (com ID) para a página *control.php*. Do mesmo modo, a função que apresenta a média de acertos no módulo de exercícios também realiza o envio desse percentual para registro na página JSON.

Considerando o mesmo modelo de arquitetura já validado com usuários na prototipagem exploratória anterior, para esse Objeto foram realizados testes em ambientes controlados sem a testagem com alunos, simulando as interações dos alunos, as quais foram gravadas no arquivo JSON.

²⁴ <https://registry.tincanapi.com/#home/verbs>

Nesse contexto, a arquitetura proposta nessa prototipagem exploratória mostrou-se alinhada com princípios de reuso, visto que foi reutilizada em dois ambientes, um Windows utilizando a plataforma WampServer²⁵ e um MAC utilizando a plataforma MAMP²⁶.

Analisando os resultados desses testes, ressalta-se que, nesse modelo, a riqueza de dados é grande e permite capturar todos os eventos de maneira sequencial, narrativa e ordenada, podendo-se simular a interação do aluno no Objeto de maneira detalhada. Para análise em grande escala, reforça-se a necessidade de um sistema para integrar e agrupar esses dados e exibi-los de maneira granular, utilizando, por exemplo, sistemas de *Data Warehouse* para salvamento desses dados.

3.4.3 Conclusões sobre a Prototipagem Exploratória de Objetos de Aprendizagem com *Learning Analytics*

A realização de prototipagens exploratórias permitiu introduzir técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem, seguindo princípios conceituais dos Objetos, com destaque ao reuso, visto como limitado quando desenvolvido utilizando especificações, como a xAPI. Nesse contexto, sabendo-se da heterogeneidade da produção e de recursos dos Objetos de Aprendizagem, buscou-se adaptar distintos Objetos ampliando as possibilidades de uso das técnicas de *Learning Analytics*, sendo um Objeto gerando dados analíticos em arquivo XML e outro Objeto, seguindo um modelo análogo ao xAPI, salvando dados analíticos em arquivo JSON.

No contexto de reuso, ambas permitiram facilmente o reuso por meio da descompactação. No contexto de interação dos alunos, um dos Objetos foi testado por 40 alunos, validando a capacidade do Objeto em gerar dados analíticos na arquitetura proposta.

²⁵ www.wampserver.com

²⁶ www.mamp.info

3.5 SÍNTESE DAS CONTRIBUIÇÕES PARA A TESE

A realização dos estudos abordados neste capítulo trouxe elementos que subsidiaram a elaboração do *framework* apresentado no capítulo 4. Nesse contexto, a primeira revisão, sobre o processo de produção de Objetos, indicou que ainda não há processos, práticas e atividades para introdução das técnicas de *Learning Analytics* nos Objetos de Aprendizagem, indicando apenas alguns elementos arquiteturais que tornam possíveis a introdução dessas técnicas nos Objetos.

A segunda revisão, focada em Objetos de Aprendizagem e *Learning Analytics*, indicou técnicas, tecnologias, benefícios, desafios e algumas atividades na implementação das técnicas que podem ser introduzidas no processo de produção de Objetos. Nesse sentido, verificou-se a complexidade dessa integração, apresentando limitações no uso das especificações xAPI e Caliper que afetam a reusabilidade dos Objetos de Aprendizagem.

De modo a obter um panorama brasileiro sobre o cenário de introdução das técnicas de *Learning Analytics* nos Objetos de Aprendizagem, realizou-se uma *survey* com pesquisadores do tema, buscando compreender principalmente os dois cenários: os pesquisadores que já implementam as técnicas nos Objetos; e os pesquisadores que ainda não as implementam.

Nesse contexto, foram coletados dados de 31 pesquisadores, indicando elementos pedagógicos, como informações (ou dados analíticos) são relevantes para serem coletados, quais técnicas de *Learning Analytics* e dados analíticos já são implementados (por aqueles que já implementam as técnicas), além de elementos técnicos como etapas de inclusão, linguagens de programação utilizadas e dificuldades de implementação.

Por fim, realizou-se uma etapa prática, envolvendo a implementação de duas prototipagens exploratórias, seguindo diretrizes que fundamentaram uma arquitetura alinhada com princípios de reuso para a produção de Objetos de Aprendizagem com *Learning Analytics*. Nesse cenário, realizou-se o reuso de dois Objetos de Aprendizagem, sendo introduzidas técnicas de *Learning Analytics*.

A partir da análise e triangulação desses estudos, elaborou-se o *framework* de apoio a produção de Objetos de Aprendizagem contendo técnicas de *Learning Analytics*.

4 **FRAMEWORK** DE APOIO A PRODUÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM COM TÉCNICAS DE *LEARNING ANALYTICS*

De posse dos achados desta pesquisa, realizou-se uma triangulação dos resultados e se elaborou um *framework* visando apoiar a tarefa de introdução de *Learning Analytics* na produção de Objetos de Aprendizagem.

Sobre a conceituação de *framework* adotada neste trabalho, Rogers et al. [119] definem um *framework*, em contraste com um modelo, como uma ferramenta que oferece conselhos, como o que projetar ou procurar. As autoras ressaltam que o *framework* pode vir em uma variedade de formas, incluindo etapas, perguntas, conceitos, desafios, princípios, táticos e dimensões, sendo eles baseados a partir de teorias do comportamento humano e experiências reais.

Shehabuddeen et al. [126] destacam a definição de *framework* como “uma estrutura que oferece suporte à compreensão e comunicação da estrutura e relacionamento dentro de um sistema para um propósito definido”. No entanto, os autores ressaltam que não existe uma definição consensual de *framework* na literatura, sendo também utilizado para a representação de questões complexas dentro de um formato simples de ser analisado, como um diagrama, gráfico ou ainda para fornecer uma base para a resolução de um determinado problema.

Abordando especificamente o *framework* conceitual, Miles et al. [94] comentam que esse modelo explica, graficamente ou narrativamente, as principais questões a serem estudadas, incluindo fatores-chaves, construtos ou variáveis, além das relações presumidas eles.

Nesse contexto, essa pesquisa propõe um *framework* com propósito de ser um suporte e guia na introdução de técnicas de *Learning Analytics* na produção de Objetos de Aprendizagem, fornecendo um arcabouço de requisitos, sugestões, processos, práticas e uma arquitetura alinhada com princípios de reuso de Objetos para guiar a introdução dessas técnicas no processo de produção. Para melhor organização e apresentação dos conteúdos do *framework*, optou-se por segmentá-lo em três partes, sendo composto pela arquitetura, os dados analíticos e as práticas e atividades (Figura 13).

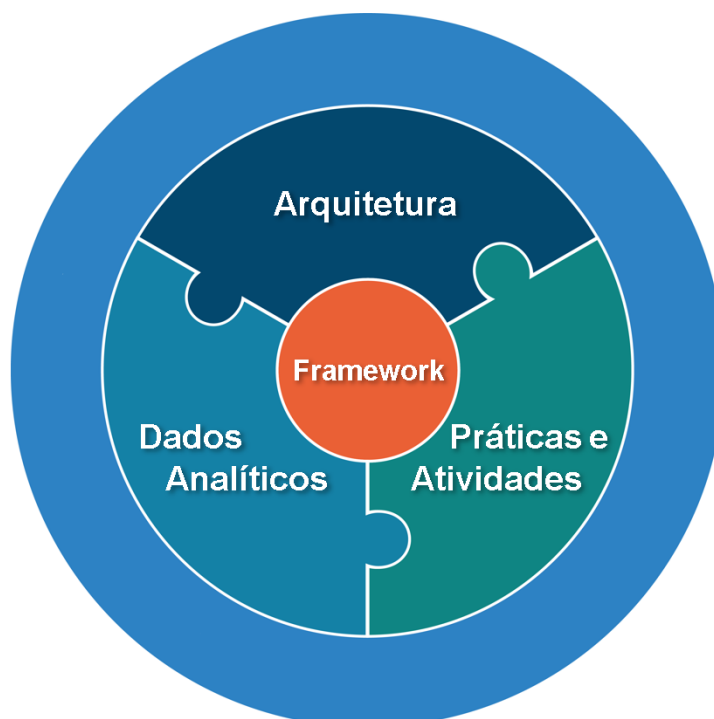


Figura 13. *Framework* para introdução de técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem.

As seções a seguir apresentam a arquitetura proposta para produção de Objetos de Aprendizagem com técnicas de *Learning Analytics*, um levantamento de dados analíticos que podem ser coletados a partir das técnicas de *Learning Analytics* em Objetos, e por fim, práticas e atividades de *Learning Analytics* a serem introduzidas no processo de produção de Objetos de Aprendizagem.

4.1 ARQUITETURA

A arquitetura apresentada para a produção de Objetos de Aprendizagem com técnicas de *Learning Analytics* visa retomar o conceito fundamental de Objetos de Aprendizagem, ao propor uma estrutura alinhada com princípios de reuso e interoperabilidade que pode ser empacotada e facilmente reutilizada.

A ideia central da arquitetura proposta é incluir sensores (como identificadores e classes HTML) no código fonte do Objeto, pelos quais o sistema irá disparar algum tipo de sinal quando algum evento acontecer nesses elementos, sendo eles coletados no *front-end* por manipuladores (ouvintes) de eventos (*listener* do Javascript). Do mesmo modo, esses eventos se comunicarão por meio de mensagens (como método POST do HTTP) para o *back-end*, os quais serão

responsáveis por receber, tratar e salvar os dados analíticos em um ou mais estruturas de arquivo(s) local(is) no servidor (como JSON e XML). Assim, a elaboração de funcionalidades para coleta e salvamento de dados analíticos se tornam independentes entre si, podendo ser incluídos e removidos seguindo os princípios da alta coesão e baixo acoplamento. Na implementação de Objetos de Aprendizagem nessa arquitetura, é possível realizar o empacotamento dos códigos e arquivos.

Nesse cenário, a estruturação conceitual é baseada em princípios da Engenharia de Software, sendo eles a modularidade (partes de software divididos em módulos endereçáveis que são integrados para satisfazer os requisitos), a independência funcional, sendo ela subdividida entre alta coesão (módulo que executa uma única tarefa dentro de um procedimento de software) e o baixo acoplamento (baixa dependência entre módulos). Assim, é possível a inclusão e substituição de novas funcionalidades de modo descentralizado e autônomo, permitindo a evolução do sistema e primando pela eficácia da padronização [101].

Nesse modelo, é favorecido o reuso de Objetos de Aprendizagem com técnicas de *Learning Analytics*, sendo dispensada a utilização de configurações locais e de ambientes ou até mesmo configurações de banco de dados para geração e armazenamento dos dados analíticos oriundos das interações dos alunos nos Objetos de Aprendizagem. Desse modo, a simples extração do pacote de arquivos do Objeto de Aprendizagem já possibilita a utilização do recurso educacional contendo tais técnicas de *Learning Analytics* para futura análise e compreensão das interações e comportamento dos alunos. Sobre o reuso, destaca-se o potencial de trazer benefícios econômicos e pedagógicos [103], bem como aumentar a eficácia em atingir os objetivos pedagógicos [89].

Na conceituação dessa arquitetura, destaca-se o modelo em 3 Camadas, que promove a separação das funcionalidades, de modo a favorecer a modularidade e expansão dos módulos de coleta de dados pelas técnicas de *Learning Analytics*:

1. Camada de Apresentação: Camada responsável pela apresentação da interface e interação com o usuário, na qual os conteúdos do Objeto de Aprendizagem são apresentados, preferencialmente implementados em uma linguagem *front-end* (lado cliente) web como HTML5, Javascript/JQuery e CSS.

2. Camada de Lógica de Negócio: Camada responsável pela comunicação entre as camadas de Apresentação e a Camada de Acesso a Dados, gerenciando as regras de negócio pertinentes aos requisitos funcionais, na qual estão presentes as técnicas de *Learning Analytics*, sendo implementadas em linguagens *back-end* (lado servidor) como PHP, Java, .NET.
3. Camada de Acesso a Dados: Camada responsável pelo acesso a base de dados, na qual estariam salvos os dados analíticos gerados pelas interações dos alunos com os Objetos de Aprendizagem, preferencialmente sendo salvos em arquivos estruturados ou semiestruturados padrões para transferência de dados como XML e JSON.

Destaca-se que a arquitetura em três camadas permite interdependência entre elas, possibilitando o reuso e permitindo que elas sejam desenvolvidas e modificadas separadamente, tornando-a implementação mais flexível. A Figura 14 ilustra essa arquitetura, contextualizando a captura de eventos na camada *front-end*, encaminhamento para camada *back-end* e o salvamento dos dados.

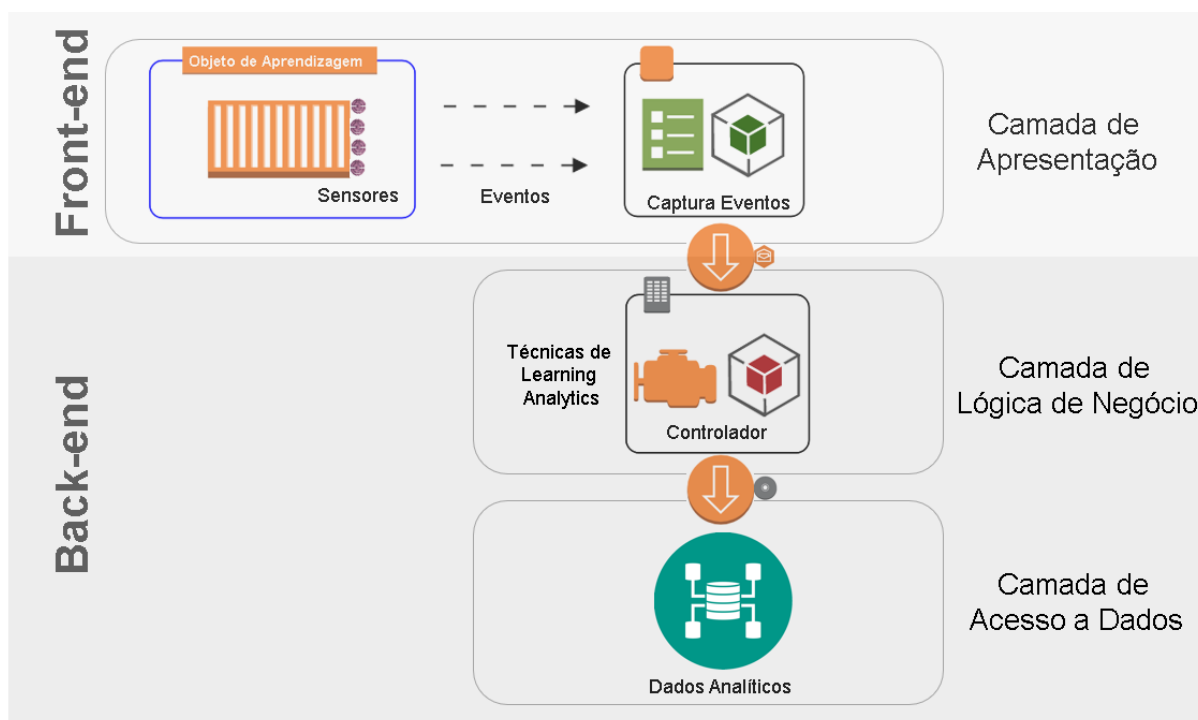


Figura 14. Contextualização da arquitetura do Objeto de Aprendizagem com técnicas de *Learning Analytics*.

Ilustrando o funcionamento da arquitetura proposta, a Figura 15 apresenta o diagrama de sequência sobre o funcionamento do registro de acesso e saída do aluno no Objeto. Ressalta-se que, nesse cenário, considerando a linguagem de programação adotada, o tipo de registro, e se utilizando a especificação xAPI ou

seguindo outra especificação, pode-se tanto apenas registrar os eventos de entrada e saída no arquivo de dados analíticos (para calcular posteriormente o tempo de acesso), quanto registrar a sessão de acesso, incorporando no arquivo o tempo da sessão do aluno.

Ressalta-se que, nesse contexto, não foram utilizados dados de *login* do aluno, que podem ser capturados em uma tela de *login* e salva em uma variável *front-end* ou *back-end*, dependendo das linguagens de programação escolhidas, sendo encaminhada e registradas no arquivo de dados analíticos. Nesse contexto, também se pode utilizar um registro de sessão do navegador do usuário ou ainda um nome pseudoanonimizado.

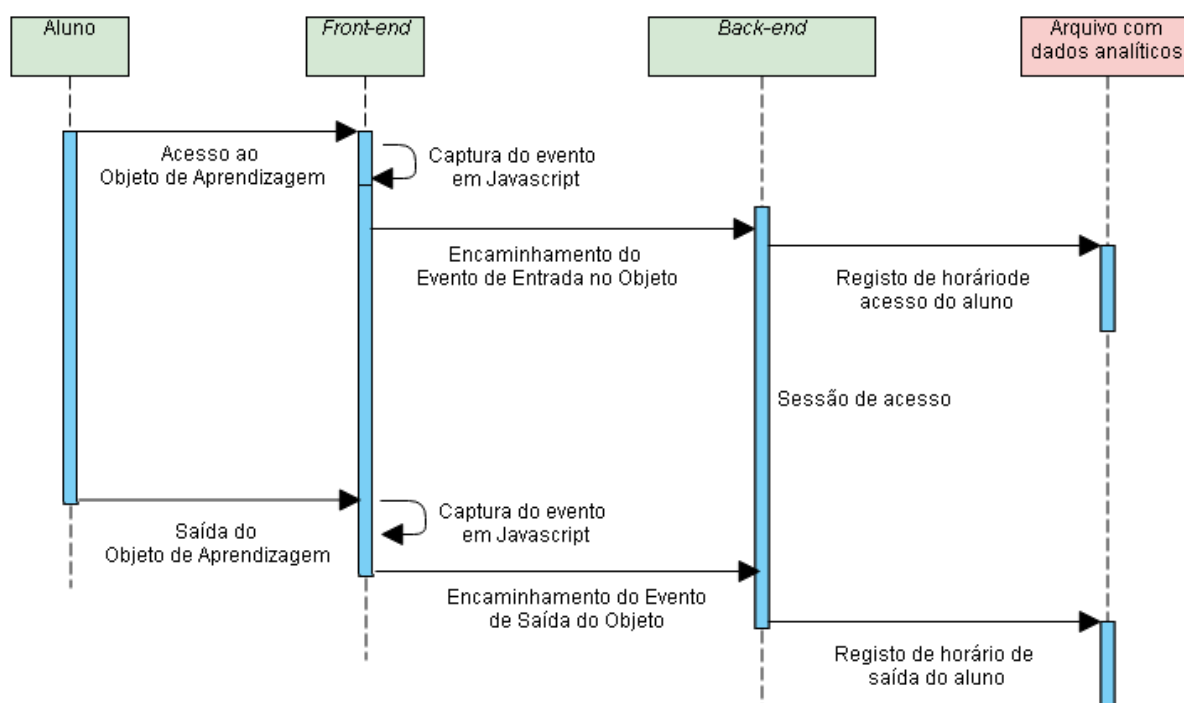


Figura 15. Diagrama de sequência - Acesso e saída do Objeto.

Devido ao salvamento dos dados analíticos dos Objetos em arquivos locais no servidor, facilita-se a obtenção desses arquivos para que possam ser capturados e integrados a outros sistemas para realização da análise das interações dos alunos nos Objetos de Aprendizagem. No contexto de reuso do Objeto, a simples exclusão dos conteúdos do arquivo com dados analíticos permite o uso do recurso pronto para analisar um novo contexto de aprendizagem com novos alunos.

4.2 DADOS ANALÍTICOS

Considerando a heterogeneidade de recursos que podem fazer parte de um Objeto de Aprendizagem, bem como a ampla nomenclatura de dados analíticos que podem ser coletados desses recursos, esta seção elenca um conjunto de dados analíticos que podem ser coletados de Objetos de Aprendizagem, sendo analisados a partir de Objetos contendo elementos teóricos (textos e imagens), práticos (exercícios) e com recursos de áudio e vídeo. Em termos análogos, a evolução desses dados pode ser realizada, considerando também outros tipos de Objetos contendo outros recursos, tais como simuladores, realidade aumentada, etc.

Nesse cenário, acredita-se ser imprescindível o detalhamento dos dados analíticos que podem ser obtidos pelas técnicas de *Learning Analytics* nos Objetos de Aprendizagem, de modo a evitar a utilização de dados dúbios que podem ser erroneamente interpretados. Assim, essa seção busca explorar e particularizar tais dados para que sejam relevantes e fidedignos com o comportamento dos alunos nos Objetos.

Assim, consideramos que os dados analíticos podem ser divididos entre duas dimensões: dados analíticos do Objeto de Aprendizagem, nos quais são apresentados somatórios e médias das atividades realizadas pelos alunos no Objeto específico, podendo ser utilizadas para avaliar a efetividade dos objetivos pedagógicos do Objeto e preferências dos alunos; e dados analíticos do Aluno, ilustrando o comportamento dos alunos em diversos Objetos de Aprendizagem, podendo particularizar uma situação de aprendizagem, podendo ser utilizada para intervenções de acordo com o desempenho do aluno.

Ressalta-se que os dados apresentados podem ser representados por dados brutos (ou primitivos) e dados derivados [72]. Nesse sentido, o dado bruto está relacionado a informações sem tratamento, enquanto dado derivado é criado a partir de algum processo tal como a sumarização, média ou agregação de dados.

4.2.1 Tempo no Objeto de Aprendizagem

O propósito da coleta de tempo no Objeto de Aprendizagem é conhecer o tempo despendido do(s) aluno(s) no Objeto, de modo a analisar a capacidade de

prender a atenção do aluno, podendo avaliar se o recurso é autoexplicativo ou não, entre outras avaliações sobre granularidade e eficiência do Objeto. Das métricas relacionadas a esse tema, podem-se coletar os seguintes dados:

- Tempo no Objeto de Aprendizagem;
- Média de tempo no Objeto;
- Data e horário de acesso ao Objeto;
- Tempo de permanência nas atividades (exercícios, parte teórica, simulação, jogos, etc.);
- Tempo médio de permanência em cada atividade.

No contexto dos tempos dos acessos, ressalta-se a importância de granularidades semelhantes na elaboração dos recursos, que podem fundamentar adaptações necessárias nos recursos do Objeto.

A partir dos dados analíticos gerados, sugere-se uma revisão, podendo ser retirados dados que destoam dos outros (*ouliers*), que podem ser originados de acessos que foram esquecidos, entre outros. Nesse cenário, pode-se considerar o tempo de acesso efetivo de acesso ao recurso, podem ser capturados eventos de *blur* (perda de foco) e *focus* (foco), quando o aluno troca de aba do navegador que estiver acessando o Objeto, ou ainda troque de programa, deixando o Objeto em segundo plano. Nesse último caso, o tempo de acesso contará apenas o tempo em que o aluno esteve com o Objeto em tela.

4.2.2 Número de acessos e saída no Objeto de Aprendizagem

O propósito da coleta de números de acessos e saídas está relacionado a verificação de eventos, repetições e preferências dos alunos, que podem se manifestar tendências, caminhos alternativos nos Objetos ou ainda dificuldades recorrentes em determinado conteúdo. Das métricas relacionadas a esses temas, podem-se coletar os seguintes dados:

- Número de acessos ao Objeto;
- Local de saída (do aluno) no Objeto;
- Número de cliques e toques;
- Número de exercícios realizados;
- Número de conteúdos teóricos acessados;

- Número de vídeos visualizados;
- Número de áudios escutados;
- Número de jogos realizados;
- Número de simulações realizadas;
- Sequência de atividades (caminhos de aprendizagem);
- Ordem dos exercícios.

A análise dos números de acessos e taxas de saída, assim como a sequência das atividades realizadas, podem fundamentar a elaboração de perfis de alunos. Nesse contexto, pode-se combinar dados de desempenho dos alunos indicando quedas e aumento de desempenho, fundamentando a intervenções de aprendizagem por reforço, por exemplo.

A indicação de preferência por determinado tipo recurso pode influenciar na reorganização do Objeto, ou ainda elaboração de novos recursos. Nesse cenário, a análise dessa combinação pode elaborar evidências sobre qual a quantidade de acessos a determinados recursos é necessária para se obter um desempenho satisfatório.

4.2.3 Desempenho em atividades avaliativas no Objeto de Aprendizagem

O propósito da coleta de métricas relacionadas ao desempenho dos alunos em exercícios e avaliações está relacionada a capacidade de classificar o índice de aproveitamento dos alunos. Nesse contexto, também se pode avaliar se o Objeto de Aprendizagem está sendo pedagogicamente eficiente. Das métricas relacionadas a esses temas, podemos coletar os seguintes dados:

- Desempenho total (média de desempenho);
- Número de tentativas em cada exercício;
- Respostas (textuais) enviadas;
- Número de exercícios não respondidos;
- Número total de acertos;
- Número total de erros.

A análise dos dados possibilita ao professor ver o grau de conhecimento que está sendo absorvido por cada aluno e por grupos, viabilizando a adaptação de recursos para auxiliar nos pontos específicos de dificuldade. Nesse contexto, os

índices coletados podem ser utilizados para identificar erros frequentes, que podem ter origem em algum conteúdo de pré-requisito, necessitando de uma intervenção pontual.

4.3 PRÁTICAS DE *LEARNING ANALYTICS* PARA QUALIFICAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM – EXTENSÃO QPPOA

Considera-se que o processo de produção de Objetos de Aprendizagem é uma tarefa complexa [25] na qual inúmeras dificuldades são encontradas, como o atraso na entrega devido ao retrabalho na produção [124], a entrega de Objetos sem as expectativas previstas [120], dificuldades no reuso [24] [59], ou, mesmo, a produção de Objetos não consistentes [134].

Agregando-se nessa produção a introdução das técnicas de *Learning Analytics*, somam-se dificuldades inerentes a essa implementação, como desafios no controle de dados e privacidade [142] [88] e autenticação [65], problemas de interoperabilidade [38] [104], falta de padronização metodológica [142], dificuldade de compreensão devido a diversidade de métricas [98], reuso limitado [74], falta de informações sobre rastreamento das avaliações (exercícios) [104].

Além dessas dificuldades, citam-se também desafios tecnológicos [6], incluindo dificuldades na coleta e integração de dados brutos de fontes heterogêneas e em diferentes *layouts* [17], dificuldades na padronização de dados no *front-end* - incluindo a conversão dados não estruturados em estruturados [154], diversidades na implementação [142] incluindo a necessidade de configurações manuais [32], além de granularidade e padronizações inadequadas [127].

Diante desses desafios e dificuldades, acredita-se ser necessária uma forma de apoio a esta produção, para o qual foi estendido o *framework* QPPOA [60], anteriormente apresentado, a fim de incluir práticas voltadas para a introdução de técnicas de *Learning Analytics* nesse processo de produção. Para isso, reuniram-se resultados obtidos nesse trabalho a partir das revisões sistemáticas, *survey* realizada com pesquisadores da área de Objetos de Aprendizagem e *Learning Analytics*. Ressalta-se que as revisões sistemáticas, sendo integrante das fontes primárias de dados, foram categorizadas seguindo o protocolo proposto por

Kitchenham [81], e foram analisados seguindo técnicas de análise textual da metodologia *Grounded Theory* [35].

Nesse contexto, esta seção apresenta 8 novas práticas específicas do tema *Learning Analytics* nas etapas de produção dos Objetos (Figura 16), incluindo-se práticas que englobam o contexto geral de produção nesse novo cenário. No contexto dessas práticas, ressalta-se sua contribuição independente da metodologia de produção adotada (ágil, cascata, evolutiva, etc.).

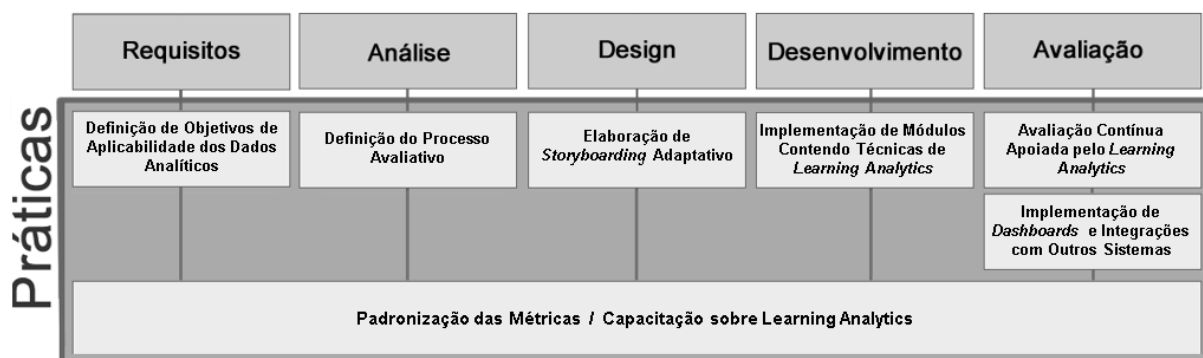


Figura 16. Novas práticas do QPPOA.

4.3.1 Requisitos

Na etapa de Requisitos, identificamos a prática **Definição de Objetivos de Aplicabilidade dos Dados Analíticos**.

O propósito dessa prática é definir objetivos relacionado a aplicabilidade dos dados analíticos dos alunos, de modo a garantir que a implementação das técnicas de *Learning Analytics* não seja sem um propósito definido. Seu principal objetivo é incluir uma definição de metas sobre o desempenho e aproveitamento dos alunos no Objeto de Aprendizagem, de modo que os dados analíticos sejam revistos numa periodicidade definida pelo centro de produção de Objetos.

A prática envolve as seguintes atividades:

- A definição de metas de verificação do desempenho dos alunos no Objeto de Aprendizagem, que podem ser utilizadas para prever o desempenho acadêmico e evitar possíveis reprovações por meio de intervenções;
- Análise dos resultados, visando monitorar a relevância do Objeto de Aprendizagem em relação as necessidades dos alunos, bem como na efetividade na resolução dos problemas de aprendizagem.

A partir das análises realizadas, sugere-se uma revisão das metas e objetivos propostos, considerando o número de visualizações e desempenho dos alunos no Objeto de Aprendizagem, de modo a compreender melhor o comportamento do aluno no Objeto, podendo fomentar dados para alterações e adequações a partir dos perfis dos alunos e tipos de recursos visualizados.

4.3.2 Análise

Na etapa de Análise, identificamos a prática **Definição do Processo Avaliativo**.

O propósito dessa prática é definir um processo avaliativo integrado aos objetivos pedagógicos do Objeto, de modo que as atividades avaliativas inclusas nos Objetos sejam relevantes e que possam definir o estado do aluno no processo de aprendizagem. Nela, o processo avaliativo deve refletir uma estratégia contendo níveis de aprovação, de modo que se identifiquem problemas de baixo desempenho nas avaliações.

A prática envolve as seguintes atividades:

- A proposição de diferentes tipos de exercícios avaliativos a serem incorporados nos Objetos, de modo a padronizar os dados de acordo com o desempenho em cada tipo de recurso;
- A definição de metas de avaliação dos alunos, considerando *feedbacks* diferentes para cada nível de desempenho, podendo resultar em intervenções pedagógicas;
- A definição de metas de avaliação do Objeto de Aprendizagem, de acordo com a média de acertos dos alunos, podendo resultar em alertas para investigar os motivos de baixo desempenho generalizado.

A partir dessa definição, sugere-se que a elaboração de diferentes *feedbacks* pelos professores, permitindo uma autorregulação da aprendizagem pelo aluno, por meio de recomendações de recursos ou ainda um *feedback* direto comentando sua dificuldade.

4.3.3 Design

Na etapa de Design, identificamos a prática de **Elaboração de Storyboarding Adaptativo**.

O propósito dessa prática é definir caminhos alternativos de aprendizagem, de modo a considerar o perfil do aluno, como desempenho prévio e preferência de mídia. Nesse processo, alinhado a elaboração de *Storyboard*, propõe-se que o progresso do aluno seja exibido para que esse, por meio da análise desse progresso, consiga uma reflexão e autorregulação de sua aprendizagem.

A prática envolve as seguintes atividades:

- Estruturação do Objeto com diferentes níveis de dificuldade, considerando utilização prévia do Objeto e desempenho nos exercícios, possibilitando uma adaptabilidade do Objeto de Aprendizagem;
- Proposição de diferentes tipos de recursos multimídias, para que o aluno consiga escolher diferentes maneiras de aprendizagem, ou ainda seja proposto de maneira dinâmica de acordo com o perfil do aluno.

No contexto de elaboração de diferentes caminhos de aprendizagem, sugere-se que eles contenham granularidades semelhantes, de modo que expliquem o mesmo conteúdo de maneiras diferentes. Outro fator a ser considerado diz respeito a transparência ao usuário quanto ao nível de dificuldade e tipo de recurso escolhido, de modo que o usuário tenha liberdade de alternar entre eles.

4.3.4 Desenvolvimento

Na etapa de Design, identificamos a prática de **Implementação de Módulos Contendo Técnicas de Learning Analytics**.

O propósito dessa prática é implementar módulos autônomos contendo técnicas de *Learning Analytics*, sendo responsáveis por coletar eventos das interações dos alunos e realizar o encaminhamento dos dados de acordo com o evento acionado pelos sensores. Nesse contexto, os módulos desenvolvidos em linguagens *front-end* e *back-end* têm como objetivo capturar eventos realizados por meio da interação do aluno no Objeto de Aprendizagem, sendo capaz de registrar e processar dados do comportamento do aluno.

A prática envolve as seguintes atividades:

- Implementação de módulos independentes (*front-end* para coleta e envio e *back-end* para tratamento e salvamento), que podem ser incluídos e retirados do Objeto sem nenhuma alteração, ressalvadas as inclusões dos sensores de identificação dos recursos no *front-end* do Objeto de Aprendizagem;
- Documentação *inline* no código sobre a identificação dos sensores a serem adicionados, bem como o tipo de resultado a ser gravado no arquivo de dados analíticos.

A implementação das técnicas de *Learning Analytics* requer a inclusão de desenvolvedores *back-end*, os quais devem trabalhar alinhados com a equipe de programação do Objeto de Aprendizagem.

4.3.5 Avaliação

Na etapa de Avaliação, identificamos duas práticas.

Na prática de **Avaliação Contínua Apoiada pelo *Learning Analytics***, o propósito dessa prática é realizar avaliações contínuas, baseadas nas interações dos alunos no Objeto de Aprendizagem. Nesse contexto, ela está alinhada tanto com aspectos técnicos quanto pedagógicos e remete a uma avaliação baseada em dados, na qual pode trazer subsídios sobre a efetividade dos objetivos pedagógicos do Objeto de Aprendizagem.

Nesse contexto, a avaliação contínua traz *insights* sobre a necessidade de modificar o Objeto atual, ou ainda, a necessidade de criação de um novo Objeto de Aprendizagem para solucionar problemas específicos de aprendizagem.

A prática envolve as seguintes atividades:

- Análise de efetividade de aprendizagem dos alunos, considerando o processo avaliativo definido, comparando tempo de uso do Objeto e desempenho do aluno, bem como análise da média geral de aprendizagem a partir do uso do Objeto de Aprendizagem;
- Revisões cíclicas e contínuas, aplicando e comparando os dados analíticos gerados, de modo a avaliar a relevância do Objeto de Aprendizagem;

- A análise dos caminhos de aprendizagem mais utilizados, promovendo evidências sobre o desempenho dos alunos nos diferentes caminhos percorridos.

A partir das análises efetuadas, sugere-se a presença de um analista de dados para obter uma visão mais analítica e crítica do Objeto de Aprendizagem, apresentando dados de maneira visual e sumarizada.

Já na prática de **Implementação de Dashboards e Integrações com Outros Sistemas**, o propósito é oferecer *dashboards*, aos professores, a partir dos dados analíticos gerados pelas interações dos alunos nos Objetos de Aprendizagem, além de realizar integrações com outros sistemas de aprendizagem, de modo a complementar informações acadêmicas dos alunos.

Os *dashboards* visam apresentar os dados de maneira visual e sumarizada, sendo implementados por profissionais como cientistas e analistas de dados.

A prática envolve as seguintes atividades:

- Processamento dos dados, visando a padronização e uso de técnicas de mineração de dados, análise de regressão, entre outras técnicas;
- Criação de resumos e índices sumarizados sobre as interações dos alunos nos Objetos de Aprendizagem;
- Agregação de dados de outras fontes para integração e complementação dos dados dos alunos.

A implementação dos *dashboards* requer habilidades específicas no campo de análise de negócio, sendo necessário conhecimento sobre a representatividade dos dados analíticos gerados. Nesse contexto, a presença do cientista ou analista de dados durante todo o processo de implementação das técnicas de *Learning Analytics* é importante para a geração de dados relevantes que podem ser utilizados para análise acadêmica e tomada decisões gerenciais sobre a criação e uso dos recursos educacionais.

4.3.6 Práticas aplicáveis ao processo como um todo

Nas práticas aplicáveis ao processo como um todo, identificamos duas práticas.

Na prática de **Padronização das Métricas**, o propósito é garantir que as métricas utilizadas nos Objetos sejam padronizadas e adequadas ao público-alvo. Essa tarefa envolve a definição da granularidade das métricas, que devem seguir um padrão para todos os Objetos de Aprendizagem.

Nessa definição o principal objetivo é produzir métricas que podem ser agregadas e tenham uma representatividade relevante sobre a interação dos alunos nos Objetos.

A prática envolve as seguintes atividades:

- Documentação das métricas, indicando o que ela deve representar, para que a implementação esteja alinhada com a equipe pedagógica;
- Comparação de métricas adotadas em outros sistemas, criando especificações “de-para” para alinhamento das descrições.

A padronização das métricas requer um alinhamento entre a equipe pedagógica e a técnica, de modo que a granularidade das métricas seja relevante para futura análise, como o tempo no Objeto, sendo tratado por horas aula ou minutos, ou ainda desempenho nos exercícios, sendo tratado por número de acertos ou percentual de acerto. Nesse contexto, cabe ressaltar que em casos de integração dos dados analíticos com outros sistemas, devem-se documentar possíveis adaptações no processo de transformação dos dados para ter a mesma representatividade das métricas de outros sistemas, considerando números absolutos de acesso, formato de datas, desempenho em índices, percentuais, etc.

Na prática de **Capacitação sobre *Learning Analytics***, o propósito é realizar capacitações sobre *Learning Analytics* para a equipe de produção de Objetos de Aprendizagem. Nesse contexto, ela está alinhada com a prática de Capacitação da equipe e remete a uma introdução de quais técnicas e estruturas de dados são possíveis de se implementarem na produção de Objetos de Aprendizagem.

Essa capacitação possibilita a integração entre áreas técnica e pedagógica, de modo a alinharem as possibilidades de implementação juntamente com a estruturação dos dados coletados nos Objetos de Aprendizagem.

A prática envolve as seguintes atividades:

- Capacitação da equipe técnica sobre conceitos de técnicas de *Learning Analytics*, bem como técnicas de linguagens de programação envolvidas na introdução do *Learning Analytics* na produção de Objetos;

- Capacitação da equipe pedagógica sobre quais dados analíticos podem ser obtidos a partir das interações dos alunos, assim como o uso dessas informações para a elaboração de novos Objetos ou readequações de Objetos que estejam com baixo desempenho.

A capacitação da equipe reforça a questão da interdisciplinaridade no processo de produção de Objetos, incluindo uma orientação sobre o ciclo de realimentação de modificações e criações de Objetos de acordo com a avaliação dos dados analíticos resultantes das interações dos alunos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta as conclusões, publicações realizadas no período de Doutorado, as limitações da pesquisa e sugestões para futuras pesquisas.

5.1 CONCLUSÕES

O uso de Objetos de Aprendizagem com técnicas de *Learning Analytics* tem potencial de aumentar a compreensão sobre o comportamento dos alunos durante este uso, auxiliando, também, no processo avaliativo do Objeto quanto a efetividade dos objetivos pedagógicos propostos, por exemplo. Nesse cenário, destaca-se a importância das informações obtidas a partir das interações dos alunos e de sua história de aprendizagem, bem como os benefícios que podem ser obtidos a partir delas.

Porém, a introdução de técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem é uma tarefa complexa, principalmente considerando o contexto brasileiro de produção de Objetos de Aprendizagem e a interdisciplinaridade inerente a esse processo de produção. Sendo assim, a falta de documentação sobre dados analíticos e o uso de arquiteturas inadequadas podem impactar negativamente no reuso dos Objetos, bem como na geração de dados analíticos inconsistentes.

Diante desse cenário, essa pesquisa apresenta um *framework* para apoiar a introdução de técnicas de *Learning Analytics* na produção de Objetos de Aprendizagem, contendo uma arquitetura alinhada com princípios de reuso para essa produção, uma base teórica sobre dados analíticos que podem ser coletados e práticas para incorporar tais técnicas no processo de produção dos Objetos de Aprendizagem. Para chegar nesse objetivo, foram realizadas revisões sistemáticas sobre a integração de *Learning Analytics* com Objetos de Aprendizagem e sobre o processo de produção de Objetos, uma *survey* com 31 pesquisadores que atuam na área de Objetos de Aprendizagem e *Learning Analytics* e prototipagens exploratórias que buscaram compreender as tecnologias, dificuldades e cenários envolvidos na produção desses recursos com tais técnicas.

Como resultado dessa pesquisa, propôs-se solucionar as principais dificuldades enfrentadas nesse processo de integração por meio de um *framework*, sendo estruturado como um guia para introdução dessas técnicas em termos de questões teóricas e práticas. Ressalta-se, nesse contexto, a manutenção dos pilares conceituais dos Objetos de Aprendizagem nesse processo de introdução das técnicas de *Learning Analytics*, incluindo a elaboração de uma arquitetura que prima pelo reuso tanto dos Objetos de Aprendizagem, quanto da interoperabilidade dos dados analíticos gerados a partir das interações dos alunos nos Objetos.

Tendo, essa introdução, um marco de novo paradigma nos Objetos de Aprendizagem, a elaboração de práticas de *Learning Analytics* no processo de produção de Objetos se propõe a qualificar essa introdução, visto que essa implementação é rica em multidisciplinaridade e, para ter sucesso, necessita que todos os membros estejam alinhados e capacitados para esses desafios na produção.

Espera-se que os resultados apresentados possam auxiliar tanto centros que estão iniciando o processo de introdução de técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem quanto centros que já possuem suas práticas consolidadas. Acredita-se que a utilização do *framework* tem o potencial de popularizar a inclusão de técnicas de *Learning Analytics* tanto em Objetos já existentes quanto na elaboração de novos Objetos, proporcionando uma qualificação desses recursos. No contexto pedagógico e gerencial, acredita-se que a geração de dados analíticos tem capacidade de fundamentar decisões pedagógicas baseadas em dados, impactando na melhoria da aprendizagem.

5.2 PUBLICAÇÕES

Durante o período de Doutorado foram realizadas publicações focadas não apenas na introdução das técnicas de *Learning Analytics* nos Objetos de Aprendizagem, mas, também, no processo de produção de Objetos, frutos da Dissertação de Mestrado (na qual se desenvolveu o *framework* QPPOA). As publicações listadas a seguir estão organizadas por data de publicação:

- “As Principais Dificuldades Encontradas Durante o Processo de Produção de Objetos de Aprendizagem”, publicado no SBIE 2017 [59];

- “Um *Framework* para Apoio à Reflexão sobre o Processo de Produção de Objetos de Aprendizagem”, publicado no SBIE 2017 [60];
- “Um panorama sobre *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem”, publicado no SBIE 2018 [61];
- “Potencializando Objetos de Aprendizagem com o uso de *Learning Analytics*”, publicado no *Computer on the Beach* 2019 [62];
- “Processo de Adaptação de Objetos de Aprendizagem com a inserção de Técnicas de *Learning Analytics*”, publicado no SBIE 2019 [63].

5.3 LIMITAÇÕES DE PESQUISA

Entende-se que um dos fatores limitadores desta pesquisa está relacionado à coleta de informações por meio da *survey*, para a qual optou-se por trazer um escopo estruturado de questões. Nesse cenário, a pesquisa pode não ter explorado de maneira aprofundada as informações coletadas, como poderia ter sido feito utilizando-se outras técnicas de coleta de dados, como, por exemplo, etnografia e entrevistas.

Quanto à arquitetura, a produção de duas prototipagens exploratórias demonstrou sua capacidade de geração de dados analíticos. No entanto, acredita-se que a utilização de tal arquitetura em centros de produção de Objetos de Aprendizagem permitiria uma análise mais ampla da mesma. No mesmo contexto, a integração dos dados analíticos gerados pelas interações dos alunos com outros ambientes de aprendizagem, poderia validar a interoperabilidade de dados, importante na compreensão de um contexto geral de aprendizagem do aluno.

Outra limitação diz respeito ao aprofundamento de uso dos dados analíticos gerados a partir das interações dos alunos nos Objetos de Aprendizagem. Nesse contexto, citam-se possibilidades de integração com outros ambientes, bem como experimentos controlados para compreender o comportamento dos alunos nesses Objetos, bem como a evolução da aprendizagem, tendo como um dos resultados a avaliação do Objeto de Aprendizagem a partir desses dados.

5.4 TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão de trabalhos futuros, citam-se a expansão de novas prototipagens, incluindo novas mídias, a validação da arquitetura proposta em centros de produção de Objetos de Aprendizagem, bem como o aprofundamento do *framework* de apoio, incluindo novos dados analíticos que podem ser coletados a partir dos Objetos de Aprendizagem.

O uso de outras formas metodológicas, como a etnografia e entrevistas, em centros de produção de Objetos, surge, também, como uma possibilidade de compreensão maior do fenômeno estudado.

Além das sugestões referidas, cita-se a implementação de um *Data Warehouse* contemplando dados analíticos dos Objetos de Aprendizagem integrados a outros ambientes, como o Moodle ou ambientes de avaliação com notas dos alunos, de modo a proporcionar um ambiente integrado com dados analíticos dos alunos, sendo um local para análise e reflexão, podendo-se obter informações relevantes sobre perfis dos alunos e políticas de intervenção, avaliação e reorganização dos conteúdos dos Objetos de Aprendizagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ADL (2013). "Experience API - Part One". Relatório Técnico, Advanced Distributed Learning (ADL), versão 2.0. Disponível em: <<https://github.com/adlnet/xAPI-Spec/blob/master/xAPI-About.md#partone>> Acessado em: 14/12/2017.
- [2] Aguiar, Y.P.C. (2007). "SMILE-Uma ferramenta para geração automática, edição e simulação de protótipos de interface do usuário". Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação do Centro de Engenharia Elétrica e Informática da Universidade Federal de Campina Grande, 201p.
- [3] Ahn, J.Y.; Mun, G.S.; Han, K.S.; Choi, S.H. (2017). "An online authoring tool for creating activity-based learning objects". *Education and Information Technologies*, vol. 22(6), pp. 3005-3015.
- [4] Alvarado, L.A.R.; Domínguez, E.L.; Velázquez, Y.H.; Isidro, S.D.; Toledo, C.B.E. (2018). "Layered software architecture for the development of mobile learning objects with augmented reality". *IEEE Access*, vol. 6, pp. 57897-57909.
- [5] Alsubaie, M.; Alshawi, M. (2009). "Reusable Objects: Learning object creation cycle". In: International Conference on Developments in eSystems Engineering, vol. 2, pp. 321-325.
- [6] Ang, K.L.M.; Ge, F.L.; Seng, K.P. (2020). "Big Educational Data & Analytics: Survey, Architecture and Challenges". *IEEE Access*, vol. 8, 9p.
- [7] Angeloni, M.P.C.; Saliyah-Hassane, H.; da Silva, J.B.; da Mota Alves, J.B. (2020). "Model to Evaluate Users' Engagement to Augmented Reality Using xAPI". In: International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, vol. 17, pp. 320-329.
- [8] Araka, E.; Maina, E.; Gitonga, R.; Oboko, R. (2020). "Research trends in measurement and intervention tools for self-regulated learning for e-learning environments—systematic review (2008–2018)". *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, vol. 15(1), pp. 1-21.

- [9] Atif, A.; Richards, D.; Bilgin, A.; Marrone, M. (2013). "Learning analytics in higher education: a summary of tools and approaches". In: Australian Society for Computers in Learning in Tertiary Education Annual Conference, vol. 30, pp. 68-72.
- [10] Banerjee, G.; Murthy, S. (2011). "Model for Rapid, Large-Scale Development of Learning Objects in Multiple Domains". In: IEEE International Conference on Technology for Education, vol. 3, pp. 163-170.
- [11] Barajas, A.B.; Muñoz, A.J.; Álvarez, R.F.; García, G.E. (2009). "Developing Large Scale Learning Objects for Software Engineering Process Model". In: Mexican International Conference on Computer Science, vol. 8, pp. 203-208.
- [12] Barçante, M.; Oliveira, L.S.; Silveira Ribeiro, M.M. (2017). "Sistema de Informação para avaliação de proficiência de língua estrangeira: Relato de sua evolução tecnológica". *Revista CBTecLE*, vol. 1, pp. 596-613.
- [13] Benitti, F.B.V. (2018). "A Methodology to Define Learning Objects Granularity: A Case Study in Software Testing". *Informatics in Education*, vol. 17(1), pp. 1-20.
- [14] Bercht, M.; Voss, G.; Franzen, E. (2016). "Explorando a motivação na utilização de mundos virtuais". In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, vol. 27, pp. 1116-1125.
- [15] Bertocello, V.; Possamai, O.; Bortolozzi, F.; Vosgerau, D.S. (2017). "A Model for the Development of Learning Objects Using Educational Design". In: International Conference on Information System and Data Mining, vol. 1, pp. 111-118.
- [16] Bettio, R.W.; Pereira, D.A.; Martins, R.X.; Heimfarth, T. (2013). "The experience of using the scrum process in the production of learning objects for blended learning". *Informatics in Education*, vol. 12-1, pp. 29-41.
- [17] Bharara, S.; Sabitha, S.; Bansal, A. (2018). "Application of learning analytics using clustering data Mining for Students' disposition analysis". *Education and Information Technologies*, vol. 23(2), pp. 957-984.
- [18] Bischofberger, W. R.; Pomberger, G. (1992). "Prototyping-oriented software development: Concepts and tools". Springer-Verlag: Berlin, 215p.

- [19] Boot, E. W.; van Merriënboer, J.J.; Theunissen, N.C. (2008). "Improving the development of instructional software: Three building-block solutions to interrelate design and production". *Computers in Human Behavior*, vol. 24(3), pp. 1275-1292.
- [20] Borba, E.J.; Gasparini, I. (2015). "O uso da trajetória de aprendizagem do aluno em ambientes virtuais de aprendizagem". *Revista Novas Tecnologias na Educação*, vol. 13(1), 10p.
- [21] Borba, E.J.; Gasparini, I.; Lichtnow, D.; Pimenta, M.S.; Oliveira, J.P.M. (2016). "Captura e Visualização da Trajetória de Aprendizagem do Aluno: um Mapeamento Sistemático" In: Taller Internacional de Software Educativo - Nuevas Ideas en Informática Educativa, vol. 12, pp. 105-111.
- [22] Boyle, T.; Cook, J.; Windle, R.; Wharrad, H.; Leeder, D.; Alton, R. (2006). "An agile method for developing learning objects". In: Australian Society for Computers in Learning in Tertiary Education Annual Conference, vol. 23, pp. 3-6.
- [23] Brady, A.; Conlan, O.; Wade, V.; Dagger, D. (2008). "Supporting users in creating pedagogically sound personalised learning objects". In: International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems, vol. 5, pp. 52-61.
- [24] Braga, J.C.; Dotta, S.; Pimentel, E.; Stransky, B. (2012). "Desafios para o Desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem Reutilizáveis e de Qualidade". In: Workshop de Desafios da Computação Aplicada à Educação, vol. 1, pp. 90-99.
- [25] Braga, J.C.; Pimentel, E.; Dotta, S. (2013). "Metodologia INTERA para o desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem". In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, vol. 24, pp. 206-315.
- [26] Braga, J.C.; Vaz, P.; Pimentel, E.; Stiubiener, I. (2017). "Problem Mapping and Recommendations for Accessible Distance Learning for Students with Visual Disabilities". In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, vol. 28, pp. 1077-1087.

- [27] Buzatto, D.; Anacleto, J.C.; Dias, A.L.; Silva, M.A.R.; Villena, J.M.; de Carvalho, A. (2009). "Filling out learning object metadata considering cultural contextualization". In: *International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, vol. 20, pp. 424-429.
- [28] Carneiro, M.L.F.; Silveira, M.S. (2014). "Objetos de Aprendizagem como elementos facilitadores na Educação a Distância". *Educar em Revista*, vol. 30(4), pp. 235-260.
- [29] Chatti, M.A.; Dyckhoff, A.L.; Schroeder, U.; Thüs, H. (2012). "A reference model for learning analytics". *Technology Enhanced Learning*, vol. 4(5-6), pp. 318-331.
- [30] Charleer, S.; Gutiérrez, F.; Gerling, K.; Verbert, K. (2018). "Towards an open standard for gameplay metrics". In: *Symposium on Computer-Human Interaction in Play Companion Extended Abstracts*, vol. 15, pp. 399-406.
- [31] Claros, I.; Cobos, R. (2013). "Social Media Learning: An approach for composition of multimedia interactive object in a collaborative learning environment". In: *International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design*, vol. 17, pp. 570-575.
- [32] Clemente, F.J.G.; de la Torre, L.; Dormido, S.; Salzmann, C.; Gillet, D. (2018). "Collecting experience data from remotely hosted learning applications". In: *International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation*, vol. 14, pp. 170-181.
- [33] Clow, D. (2012). "The learning analytics cycle: closing the loop effectively". In: *International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, vol. 2, pp. 134-138.
- [34] Cochrane, T. (2007). "Developing interactive multimedia learning objects using QuickTime". *Computers in Human Behavior*, vol. 23(6), pp. 2596-2640.
- [35] Corbin, J.; Strauss, A. (2008). "Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory". Sage Publications: California, 379p.

- [36] Daniel, B.K.; Mohan, P. (2004). "A model for evaluating learning objects". In: International Conference on Advanced Learning Technologies, vol. 4, pp. 56-60.
- [37] Del Blanco, Á.; Serrano, A.; Freire, M.; Martínez-Ortiz, I.; Fernández-Manjón, B. (2013). "E-Learning standards and learning analytics. Can data collection be improved by using standard data models?" In: Global Engineering Education Conference, vol. 4, pp. 1255-1261.
- [38] Del Blanco, Á.; Marchiori, E.J.; Torrente, J.; Martínez-Ortiz, I.; Fernández-Manjón, B. (2013). "Using e-learning standards in educational video games". *Computer Standards & Interfaces*, vol. 36(1), pp. 178-187.
- [39] Distante, D.; Villa, M.; Sansone, N.; Faralli, S. (2020). "MILA: A SCORM-Compliant Interactive Learning Analytics Tool for Moodle". In: International Conference on Advanced Learning Technologies, vol. 20, pp. 169-171.
- [40] Downes, S. (2001). "Learning objects: resources for distance education worldwide". *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, vol. 2, 35p.
- [41] Duval, E.; Verbert, K.; Klerkx, J. (2011). "Towards an open learning infrastructure for open educational resources: Abundance as a platform for innovation". In: Calude, C.S.; Rozenberg, G.; Salomaa A. Rainbow of Computer Science. Springer: Berlin, pp. 144-156.
- [42] Duval, E. (2011). "Attention please!: Learning Analytics for Visualization and Recommendation". In: International Conference on Learning Analytics and Knowledge, vol. 1, pp. 9-17.
- [43] Dyckhoff, A.L.; Zielke, D.; Bültmann, M.; Chatti, M.A.; Schroeder, U. (2012). "Design and Implementation of a Learning Analytics Toolkit for Teachers". *Educational Technology e Society*, vol. 15(3), pp. 58–76.
- [44] Elias, T. (2011). "Learning Analytics: The Definitions, the Processes, and the Potential". 23p. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/732e/452659685fe3950b0e515a28ce89d9c5592a.pdf>>. Acessado em: 12/12/2017.

- [45] Escobar, A.E.; Reyes, P.; Van Hilst, M. (2014). "Metrics for effectiveness of e-learning objects in software engineering education". In: IEEE SoutheastCon, vol. 2, pp. 1-5.
- [46] Essa, A. (2016). "A possible future for next generation adaptive learning systems". *Smart Learning Environments*, vol. 3, 24p.
- [47] Ferreira, G. P.; Andrade, R.; Oliveira, S. T.; Ulbricht, V.R. (2016). "Learning Object Design for Teaching Descriptive Geometry: A Study from the Perspective of Gamification and Accessibility". In: International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction, vol. 10, pp. 38-48.
- [48] Fong, M.; Dodson, S.; Harandi, N.M.; Seo, K.; Yoon, D.; Roll, I.; Fels, S. (2019). "Instructors Desire Student Activity, Literacy, and Video Quality Analytics to Improve Video-based Blended Courses". In: ACM Conference on Learning@ Scale, vol. 6, pp. 1-10.
- [49] Franzoni, V.; Mengoni, P.; Milani, A. (2018). "Dimensional morphing interface for dynamic learning evaluation". In: International Conference on Information Visualisation, vol. 22, pp. 332-337.
- [50] Freire, M.; Serrano-Laguna, Á.; Iglesias, B.M.; Martínez-Ortiz, I.; Moreno-Ger, P.; Fernández-Manjón, B. (2016). "Game Learning Analytics: Learning Analytics for Serious Games". In: Spector, M.J.; Lockee, B.B.; Childress, M.D. Learning, Design, and Technology. Springer: Cham, pp 1-29.
- [51] Fuentes, L.M.; Arteaga, J.M.; Rodriguez, F.Á. (2008). "A methodology for design collaborative learning objects". In: International Conference on Advanced Learning Technologies, vol. 8, pp. 87-91.
- [52] Gibbons, A.S.; Nelson, J.; Richards, R. (2002) "The nature and origin of instructional objects". In: Wiley, D.A. The instructional use of learning objects. Agency for Instructional Technology: Indiana, pp. 25-58.
- [53] Gibson, D.; Ifenthaler, D. (2020). "Adoption of Learning Analytics". In: Ifenthaler, D.; Gibson, D. Adoption of Data Analytics in Higher Education Learning and Teaching. Springer: Cham, pp. 3-20.
- [54] Gordillo, A.; Barra, E., Gallego, D.; Quemada, J. (2013). "An online e-Learning authoring tool to create interactive multi-device learning objects using e-

- Infrastructure resources". In: *Frontiers in Education Conference*, vol. 43, pp. 1914-1920.
- [55] Guenaga, M.; Mechaca, I.; Romero, S.; Eguíluz, A. (2012). "A tool to evaluate the level of inclusion of digital learning objects". *Procedia Computer Science*, vol. 14, pp. 148-154.
- [56] Gupta, S.; Sabitha, A.S. (2019). "Deciphering the attributes of student retention in massive open online courses using data mining techniques". *Education and Information Technologies*, vol. 24(3), pp. 1973-1994.
- [57] Guterres, J.P.D.; Moraes, S.M.W. (2014). "Fábrica de objetos: Uma plataforma para construção de objetos de aprendizagem focada na usabilidade". In: *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, vol. 25, pp. 516-525.
- [58] Guterres, J.P.D. (2017). "QPPOA: framework para qualificação do processo de produção de objetos de aprendizagem". Dissertação de Mestrado em Ciência da Computação do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, PUCRS, 190p.
- [59] Guterres, J.P.D.; Silveira, M.S. (2017). "As Principais Dificuldades Encontradas Durante o Processo de Produção de Objetos de Aprendizagem". In: *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, vol. 28, pp. 294-303.
- [60] Guterres, J.P.D.; Silveira, M.S. (2017). "Um Framework para Apoio à Reflexão sobre o Processo de Produção de Objetos de Aprendizagem". In: *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, vol. 28, pp. 284-293.
- [61] Guterres, J.P.D.; Silveira, M.S. (2018). "Um panorama sobre Learning Analytics em Objetos de Aprendizagem". In: *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, vol. 29(1), pp. 1303-1312.
- [62] Guterres, J.P.D.; Silveira, M.S.; Parraga, O. (2019). "Potencializando Objetos de Aprendizagem com o uso de Learning Analytics". In: *Computer on the Beach*, vol.10, pp. 386-395.
- [63] Guterres, J.P.D.; Silveira, M.S.; Parraga, O. (2019). "Processo de Adaptação de Objetos de Aprendizagem com a inserção de Técnicas de Learning

- Analytics". In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. vol. 30, pp. 1681-1690.
- [64] Halibas, A.S.; Sathyaseelan, B.; Shahzad, M. (2019). "Learning analytics: developing a data-centric teaching-research skill". In: Al-Masri, A.; Curran, K. Smart Technologies and Innovation for a Sustainable Future. Springer: Cham, pp. 213-219.
- [65] Halimi, W.; Salzmann, C.; Gillet, D. (2017). "An activity tracking infrastructure for embedded open educational labs supporting the needs of lab owners and students". In: International Conference on Interactive Collaborative Learning, vol. 20(2), pp. 617-627.
- [66] Han, P.; Kramer, B.J. (2009). "Generating interactive learning objects from configurable samples". In: International Conference on Mobile, Hybrid, and On-line Learning, vol.1, pp. 1-6.
- [67] Hashim, U.R.A.B.H.; Kadir, A.; Fazliana, A.; Alias, A.; Hassan, E.E. (2009). "Development of learning object for engineering courses in UTeM". In: International Conference on Engineering Education, vol. 7, pp. 191-195.
- [68] Hodgins, H.W. (2002). "The future of learning objects". In: ECI Conference on e-Technologies in Engineering, vol. 1, pp. 76-82.
- [69] IEEE Learning Technology Standards Committee. (2002). "Draft standard for learning object metadata". Relatório Técnico, IEEE 1484.12. 1-2002, 44p.
- [70] IMS, LTI (2015). "Learning Tools Interoperability Specification". Relatório Técnico, IMS Global Learning Consortium. Disponível em: <<https://www.imsglobal.org/activity/learning-tools-interoperability>>. Acessado em: 21/02/2018.
- [71] İnan, E.; Ebner, M. (2020). "Learning Analytics and MOOCs". In: International Conference on Human-Computer Interaction, vol. 22, pp. 241-254.
- [72] Inmon, W.H. (2005). "Building the data warehouse". John Wiley & Sons: New York, 576p.
- [73] Iorio, A.D.; Feliziani, A.; Mirri, S.; Salomoni, P.; Vitali, F. (2008). "Fighting technical complexity in authoring e-learning material". In: International Conference on Advanced Learning Technologies, vol. 8, pp. 440-442.

- [74] Jagušt, T.; Botički, I. (2019). "Mobile learning system for enabling collaborative and adaptive pedagogies with modular digital learning contents". *Computers in Education*, vol. 6(3), pp. 335-362.
- [75] Jamuna, R.S.; Ashok, M.S.; Palanivel, K. (2009). "Adaptive content for personalized E-learning using web service and semantic web". In: International Conference on Intelligent Agent Multi-Agent Systems, vol. 1, pp. 1-4.
- [76] Johnson, K.; Hall, T. (2007). "Granularity, reusability and learning objects". In: Koohang, A.; Harman, K. Learning objects: Theory, praxis, issues, and trends. Informing Science: California, 2, pp. 181-207.
- [77] Johnson, L.; Smith, R.; Willis, H.; Levine, A.; Haywood, K. (2011). "The NMC Horizon Report: 2011 Higher Education Edition". Relatório Técnico, New Media Consortium, 40p.
- [78] Júnior, L.J.; Neto, F.M.M.; Flores, C.D.; Silva, L.C.N.; Sombra, E.L.; Costa, A.A.L. (2012). "Uma extensão do Moodle para recomendação ubíqua de Objetos de Aprendizagem." *RENOTE*, vol. 10(3), 11p.
- [79] Khan, A.; Ghosh, S.K. (2020). "Student performance analysis and prediction in classroom learning: A review of educational data mining studies". *Education and Information Technologies*, vol. 25(4), pp. 1-36.
- [80] Khlaif, Z. (2013). "A heuristic ISD Model for Designing Online Courses for Higher Education in Palestine". In: International Conference on e-Learning Best Practices in Management, Design and Development of e-Courses, vol. 4, pp. 226-240.
- [81] Kitchenham, B.A. (2007). "Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering". Relatório Técnico, EBSE 2007-001, Ver. 2.3, 44p.
- [82] Kevan, J.M.; Ryan, P.R. (2016). "Experience API: Flexible, decentralized and activity-centric data collection". *Technology, Knowledge and Learning*, vol. 21(1), pp. 143-149.
- [83] Kokoç, M.; Altun, A. (2016). "Building a Learning Experience: What Do Learners' Online Interaction Data Imply?". In: Sampson, D.; Spector, J.M.;

- Ifenthaler, D.; Isaías, P.; Sergis, S. Learning Technologies for Transforming Large-Scale Teaching, Learning, and Assessment. Springer: Cham, 4, pp. 55-70.
- [84] Konrath, M.L.P.; Kampff, A.J.C.; Gomes, F.D.J.L.; Carvalho, M.J.S.; Aragón, R. (2006). "Nós no mundo: Objeto de Aprendizagem voltado para o 1º ciclo do ensino fundamental". *RENOTE*, vol. 4(1), 8p.
- [85] Krauss, C.; Merceron, A.; An, T.S.; Zwicklbauer, M.; Steglich, S.; Arbanowski, S. (2017). "Teaching Advanced Web Technologies with a Mobile Learning Companion Application". In: World Conference on Mobile and Contextual Learning, vol. 16, 4p.
- [86] Leeder, D.; Boyle, T.; Morales, R.; Wharrad, H.; Garrud, P. (2004). "To boldly GLO-towards the next generation of Learning Objects". In: E-Learn: World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education, vol. 9, pp. 28-33.
- [87] Leinonen, T.; Purma, J.; Ldoja, H. P.; Toikkanen, T. (2010). "Information architecture and design solutions scaffolding authoring of open educational resources". *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 3(2), pp. 116-128.
- [88] Leitner, P.; Maier, K.; Ebner, M. (2020). "Web Analytics as Extension for a Learning Analytics Dashboard of a Massive Open Online Platform". In: Ifenthaler, D.; Gibson, D. Adoption of Data Analytics in Higher Education Learning and Teaching. Springer: Cham, 19, pp. 375-390.
- [89] Lima, T.S.; Azevedo, R.G.A.; Neto, C.S.S (2019). "Increasing reuse in learning objects authoring: a case study with the Cacuriá tool". In: Brazillian Symposium on Multimedia and the Web, vol. 25, pp. 193-200.
- [90] Lnenicka, M.; Kopackova, H.; Machova, R.; Komarkova, J. (2020). "Big and open linked data analytics: a study on changing roles and skills in the higher educational process". *Educational Technology in Higher Education*, vol. 17(1), pp. 1-30.

- [91] Macedo, C.M.S.; Ulbricht, V.R. (2012). "Accessibility Guidelines for the Development of Learning Objects". *Procedia Computer Science*, vol. 14, pp. 155-162.
- [92] Maldonado-Mahauad, J.; Pérez-Sanagustín, M.; Kizilcec, R.F.; Morales, N.; Muñoz-Gama, J. (2018). "Mining theory-based patterns from Big data: Identifying self-regulated learning strategies in Massive Open Online Courses". *Computers in Human Behavior*, vol. 80, pp. 179-196.
- [93] Mattson, L. (2015). "IMS Caliper Analytics™ Implementation Guide". Relatório Técnico, versão 1.0. Disponível em: <<http://www.imsglobal.org/caliper/caliperv1p0/ims-caliper-analytics-implementation-guide>>. Acessado em: 14/12/2017.
- [94] Miles, M.B.; Huberman, A.M.; Saldaña, J. (2014). "Qualitative Data Analysis: A Methods Sourcebook". 3ª Edição. Sage Publications: Londres. 381p.
- [95] Mohan, P.; Daniel, B.K. (2006). "Towards Object-Oriented Design Patterns for Reusability of Learning Objects". In: International Conference on Advanced Learning Technologies, vol. 6, pp. 1025-1027.
- [96] Mohan, P.; Bucarey, S.A.; Daniel, B. (2006). "Employing Object-Oriented Design Principles in the Design of Learning Objects in a Software Engineering Course". In: International Conference on Advanced Learning Technologies, vol. 6, pp. 484-486.
- [97] Moissa, B.; Gasparini, I.; Kemczinski, A. (2014). "Learning Analytics: um mapeamento sistemático". In: Taller Internacional de Software Educativo - Nuevas Ideas en Informática Educativa, vol. 19, pp. 283-290.
- [98] Moissa, B.; Carvalho, L.S.; Gasparini, I. (2014). "A Web Analytics and Visualization Tool to Understand Students' Behavior in an Adaptive E-Learning System". In: International Conference on Learning and Collaboration Technologies, vol. 1, pp. 312-321.
- [99] Moreira, M. B.; Conforto, D. (2011). "Objetos de Aprendizagem: Discutindo a acessibilidade e a usabilidade". In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, vol. 22, pp. 390-393.

- [100] Munoz-Soto, R.; Becerra, C.; Noël, R.; Barcelos, T.; Villarroel, R.; Kreisel, S.; Camblor, M. (2016). "Proyect@ matemáticas: A learning object for supporting the practitioners in autism spectrum disorders". In: Latin American Conference on Learning Objects and Technology, vol. 11, pp. 1-6.
- [101] Nagao K. (2019). "Artificial Intelligence in Education". In: Nagao K. Artificial Intelligence Accelerates Human Learning. Springer: Singapore, 1, pp. 1-19.
- [102] Niederauer, J. (2004). "Desenvolvendo websites com PHP". Novatec: São Paulo, 304p.
- [103] Noor, S.F.M.; Yusof, N.; Hashim, S. Z. M. (2011). "Creating granular learning object towards reusability of learning object in e-learning context". In: International Conference on Electrical Engineering and Informatics, vol. 3, pp. 1-5.
- [104] Noura, A.; Cheniti-Belcadhi, L.; Braham, R. (2018). "An Enhanced xAPI Data Model Supporting Assessment Analytics". *Procedia Computer Science*, vol. 126, pp. 566-575.
- [105] Oakleaf, M.; Whyte, A.; Lynema, E.; Brown, M. (2017). "Academic libraries e institutional learning analytics: One path to integration". *The Journal of Academic Librarianship*, vol. 43(5), pp. 454-461.
- [106] Ochoa, X.; Ternier, S. (2017) "Technical Learning Infrastructure, Interoperability and Standards". In: Duval, E. Sharples, M.; Sutherland, R. Technology Enhanced Learning. Springer: Cham, pp. 145-155.
- [107] Ogawa, A.N.; Klock, A.C.T.; Gasparini, I. (2017). "Integrando Técnicas de Learning Analytics no processo de Gamificação em um Ambiente Virtual de Aprendizagem". In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, vol. 28, pp. 615-624.
- [108] O'Riordan, T.; Millard, D.E.; Schulz, J. (2015). "Can You Tell If they're Learning? Using a Pedagogical Framework to Measure Pedagogical Activity". In: International Conference on Advanced Learning Technologies, vol. 15, pp. 265-267.
- [109] Paz, F.J.; Cazella, S.C. (2018). "Integrando sistemas de recomendação com mineração de dados educacionais e learning analytics: Uma revisão

- sistemática da literatura". *Revista Novas Tecnologias na Educação*, vol. 16(1), 10p.
- [110] Pfeiffer, A.; Lukarov, V.; Romagnoli, G.; Uckelmann, D.; Schroeder, U. (2020). "Experiential Learning in Labs and Multimodal Learning Analytics". In: Ifenthaler D.; Gibson, D. *Adoption of Data Analytics in Higher Education Learning and Teaching*. Springer: Cham, 18, pp. 349-373.
- [111] Pukkhem, N.; Vatanawood, W. (2005). "Instructional design using component-based development and learning object classification". In: *International Conference on Advanced Learning Technologies*, vol. 5, pp. 492-494.
- [112] Queiros, L. M.; Da Silveira, D. S.; da Silva Correia-Neto, J.; Vilar, G. (2016). "LODPRO: learning objects development process". *Brazilian Computer Society*, vol. 22(3), 9p.
- [113] Rabelo, T.; Lama, M.; Amorim, R.J.R.; Vidal, J. (2015). "Descrição semântica de experiência de aprendizagem baseada na especificação xAPI". In: *Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, vol. 4(1), pp. 538-547.
- [114] Razak, R.A.; Palanisamy, P. (2010). "The development of M-LODGE for training instructional designers". *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 9, pp. 1906-1912.
- [115] Redondo, R.P.D.; Rodríguez, M.C.; Escobar, J.J.L.; Vilas, A. F. (2020). "Integrating micro-learning content in traditional e-learning platforms". *Multimedia Tools and Applications*, vol. 79, pp. 1-31.
- [116] Rego, H.; Moreira, T.; Garcia, F.; Morales, E.; Barbosa, H. (2005). "Educational technological specifications to support distance education in an e-learning platform". In: *Information Technology Based Higher Education and Training*, vol. 6, 6p.
- [117] Rodríguez-Artacho, M.; Lorenzo, E.J.; Robles, L.S.; Cigarrán, J.; Centeno, R.; Mayorga, J.I.; Martín, S. (2014). "Enhancing higher education experience: The eMadrid initiative at UNED university". In: *Frontiers in Education Conference*, vol. 44, pp. 1-4.

- [118] Rodríguez, C.O.; Morgado, E.M.M. (2016). "Creation and assessment of learning objects for the definition and geometric representation of operations and applications of vectors". In: International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality, vol. 4, pp. 721-728.
- [119] Rogers, Y.; Sharp, H.; Preece, J. (2013). "Design de Interação: além da interação humano-computador". 3ª Edição. Bookman Editora: Porto Alegre. 600p.
- [120] Romero, T.R.L.; Andrade, R.; Pietrocola, M. (2009). "Parâmetros para análise de roteiros de objetos de aprendizagem". In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, vol. 18, 11p.
- [121] Rosatelli, M.; Senger, H.; Silva, F.; Stanzani, S.; Nunes, C. (2006). "Supporting the collaborative construction of learning objects using the grid". In: International Symposium on Cluster Computing and the Grid, vol. 6, pp. 4-8.
- [122] Salzmann, C.; Halimi, W.; Gillet, D.; Govaerts, S. (2018). "Deploying large-scale online labs with smart devices". In: Auer, M.E.; Azad, A.K.M.; Edwards, A.; Jong, T. Cyber-Physical Laboratories in Engineering and Science Education. Springer: Cham, 3, pp. 43-78.
- [123] Sánchez-Alonso, S.; Vovides, Y. (2007). "Integration of metacognitive skills in the design of learning objects". *Computers in human behavior*, vol. 23(6), pp. 2585-2595.
- [124] Santos, N.S.R.S. (2009) "Processo produtivo de objetos de aprendizagem: problemas e soluções". Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção do Centro de Engenharia Elétrica e Informática da Universidade Federal de Campina Grande, UENF, 147p.
- [125] Seaman, C.B. (1999). "Qualitative Methods in Empirical Studies of Software Engineering" *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 25(4), pp. 557-572.
- [126] Shehabuddeen, N.; Probert, D.; Phaal, R.; Platts, K. (1999). "Representing and approaching complex management issues: Part 1-Role and definition" Relatório Técnico, 20p. Disponível em:

<https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1923155>. Acessado em: 19/04/2021.

- [127] Sherriff, G.; Benson, D.; Atwood, G.S. (2019). "Practices, Policies, and Problems in the Management of Learning Data: A Survey of Libraries' Use of Digital Learning Objects and the Data They Create". *Academic Librarianship*, vol. 45(2), pp. 102-109.
- [128] Siemens, G.; Gasevic, D.; Haythornthwaite, C.; Dawson, S.; Shum, S.B.; Ferguson, R.; Duval, E.; Verbert, K.; Baker, R.S.J.D. (2011). "Open Learning Analytics: an integrated e modularized platform", 20p. Disponível em: <<https://solaresearch.org/wp-content/uploads/2011/12/OpenLearningAnalytics.pdf>> Acessado em: 10/11/2020.
- [129] Sierra, J. L.; Fernández-Valmayor, A.; Guinea, M. (2006). "Exploiting Author-Designed Domain-Specific Descriptive Markup Languages in the Production of Learning Content". In: International Conference on Advanced Learning Technologies, vol. 6, pp. 515-519.
- [130] Silva, J.; Ramos, J.L.C.; Rodrigues, R.; Souza, H.; Souza, F.D.F.; Gomes, A.S. (2016). "Uma abordagem para integração do Moodle com o framework Shiny para Learning Analytics". In: Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação, vol. 5(1), pp. 930-939.
- [131] Silva, L.A.; Silveira, I.F.; Silva, L.; Rodrigues, R.; Ramos, J.L.C. (2017). "Ciência de Dados Educacionais: definições e convergências entre as áreas de pesquisa". In: Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação, vol. 6, pp. 764-773.
- [132] Silva, M.A.G.; Barbosa, E.F.; Maldonado, J.C. (2011). "Model-driven development of learning objects". In: Frontiers in Education Conference, vol. 41, 6p.
- [133] Silva, R.S. (2011). "Objetos de Aprendizagem para educação a distância." Novatec: São Paulo, 144p.

- [134] Silveira, M.S.; Carneiro, M.L.F. (2012). "Desconstruindo Objetos de Aprendizagem: reflexões sobre sua qualidade de uso". In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, vol. 23, 10p.
- [135] Slotkiene, A. (2012). "Peculiarities of applying the design method of active learning object". In: International Conference on Information Technology Interfaces, vol. 34, pp. 243-248.
- [136] Sosteric, M.; Hesemeier, S. (2004). "A first step towards a theory of learning objects". *International Review of Research in Open and Distance Learning*, vol. 3(2), pp. 17-82.
- [137] Souza, M.D.F.C.; Castro-Filho, J.A.; Andrade, R. (2010). "Model-Driven Development in the Production of Customizable Learning Objects". In: International Conference on Advanced Learning Technologies, vol. 10, pp. 701-702.
- [138] Souza, A.C.; Campos, F.; Braga, R.; Rabello, C.; Santos, N. (2010). "Metadados Educacionais para Objetos de Aprendizagem: Projeto BROAD". In: Taller Internacional de Software Educativo, vol. 15, pp. 653-659.
- [139] Štuikys, V.; Burbaitė, R. (2018). "Smart STEM-Driven Educational Environment for CS Education: A Case Study". In: Štuikys, V.; Burbaitė, R. Smart STEM-Driven Computer Science Education. Springer: Cham, 12, pp. 279-303.
- [140] Ternier, S.; Scheffel, M.; Drachsler, H. (2018). "Towards a cloud-based big data infrastructure for higher education institutions". In: Spector, J.M.; Kumar, V.; Essa, A.; Huang, Y.; Koper, R.; Tortorella, R.A.W.; Chang, T.; Li, Y.; Zhang, Z. *Frontiers of Cyberlearning*. Springer: Singapore, pp. 177-194.
- [141] Turro, C.; Cañero, A.; Busquets, J. (2010). "Video learning objects creation with polimedia". In: International Symposium on Multimedia, vol. 16, pp. 371-376.
- [142] Troussas, C.; Krouska, A.; Virvou, M. (2020). "Using a multi module model for learning analytics to predict learners' cognitive states and provide tailored learning pathways and assessment". In: Virvou, M.; Alepis, E.; Tsihrintzis, G.A.; Jain, L.C. *Machine Learning Paradigms*. Springer: Cham, 2, pp. 9-22.

- [143] Tsarpou, P.; Tambouris, E. (2015). "Using learning analytics to enhance UML use case diagrams assimilation in a distance education course". *International Journal of Learning Technology*, vol. 10(4), pp. 274-290.
- [144] Valverde-Berrocoso, J.; Fernández-Sánchez, M.R. (2020). "Instructional Design in Blended Learning: Theoretical Foundations and Guidelines for Practice". In: Garcia, A.V.M. *Blended Learning: Convergence between Technology and Pedagogy*. Springer: Cham, pp. 113-140.
- [145] van Diepen, P.; Bredeweg, B. (2016). "Performance Indicators for Online Secondary Education: A Case Study". In: *Benelux Conference on Artificial Intelligence*, vol. 28, pp. 169-177.
- [146] VanLengen, C.A.; Haney, J.D. (2004). "Creating web services using asp. net.". *Journal of Computing Sciences in Colleges*, vol. 20(1), pp. 262-275.
- [147] Vidakis, N.; Charitakis, S. (2018). "Designing the learning process: the IOLAOS platform". In: *International Conference on Subject-Oriented Business Process Management*, vol. 10, pp. 1-11.
- [148] Vlachos, E. (2012). "The Spiral-In Method for Designing and Connecting Learning Objects". In: *International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems*, vol. 4, pp. 677-681.
- [149] Voss, G. B.; Oliveira, V.; Nunes, F.B.; Herpich, F.; Medina, R. D.; Bercht, M. (2014). "Construção e Análise de um Mundo Virtual 3D para o Ensino e Aprendizagem de Redes de Computadores". In: *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, vol. 25, pp. 322-331.
- [150] Vossen, G.; Jaeschke, P. (2003). "Learning objects as a uniform foundation for e-learning platforms". In: *International Database Engineering and Applications Symposium*, vol. 17, pp. 278-287.
- [151] Wiley, D.A. (2001). "Connecting learning objects to instructional design theory: a definition, a metaphor, and a taxonomy, The instructional use of learning objects: Online Version". Tichenor Printing: Indiana, 293p.
- [152] Waheed, H.; Hassan, S.U.; Aljohani, N.R.; Wasif, M. (2018). "A bibliometric perspective of learning analytics research landscape". *Behaviour e Information Technology*, vol. 37, pp. 941-957.

- [153] Wölfel, M. (2020). "Non-distracting Feedback in Artificial Intelligence Supported Learning". In: Pinkwart, N.; Liu, S. Artificial Intelligence Supported Educational Technologies. Springer: Cham, pp. 31-44.
- [154] Wu, Y.; Zhong, W.; Zhou, C.; Ma, X. (2015). "Construction on Learning Analytics Object for Sharing and Interoperation of Educational Big Data". In: International Conference on Web-Based Learning, vol. 14, pp. 186-195.
- [155] Wu, Z.; Doulai, P. (2009). "Identification and prioritization of variables that influence learning content development in e-learning platforms". In: International Conference on Computer Science and Information Technology, vol. 2, pp. 444-449.
- [156] Wu, Z.; Doulai, P. (2010). "Modelling process for the development of learning content for tertiary education". In: International Conference on Distance Learning and Education, vol. 4, pp. 119-124.
- [157] Yassine, S.; Kadry, S.; Sicilia, M. A. (2016). "Learning Analytics and Learning Objects Repositories: overview and future directions". In: Spector, M.J.; Lockee, B.B.; Childress, M.D. Learning, Design, and Technology. Springer: Cham, 29p.
- [158] Yau, J.Y.K.; Hristova, Z. (2017). "Evaluation of an Extendable Context-Aware "Learning Java" App with Personalized User Profiling". *Technology, knowledge and learning*, vol. 22, pp. 1-16.
- [159] Ying, Z.; Qunli, S. (2011). "Design and development of mobile learning resources based on learning object". In: International Conference on Electrical and Control Engineering, vol.2, pp. 6486-6489.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

REGISTRO DE CONSENTIMENTO PARA ESTUDO ONLINE

Learning Analytics na Produção de Objetos de Aprendizagem

Observação: o texto na sequência foi elaborado com base no **Modelo de registro para estudos on-line**, disposto na página do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da PUCRS (http://www.pucrs.br/wp-content/uploads/2020/01/2020_01_21-cep-resolucoes-outros-modelos-registro-para-estudos-on-line-1.docx). Ele estará disponível na página de abertura do Formulário.

Questionário sobre Learning Analytics em Objetos de Aprendizagem

Caro participante,

por favor, leia e, se achar adequado, manifeste o seu consentimento para participar desta pesquisa antes de iniciar, selecionando a opção Termo de consentimento apresentada ao final deste termo. Se tiver qualquer dúvida antes, durante ou depois de sua participação, envie um e-mail para <joao.guterres@edu.pucrs.br> e <milene.silveira@pucrs.br>.

CONSENTIMENTO PARA PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa desenvolvida por orientação de Milene Selbach Silveira, denominada Learning Analytics na Produção de Objetos de Aprendizagem, do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da PUCRS.

O objetivo é coletar informações sobre a introdução de técnicas de Learning Analytics na produção de Objetos de Aprendizagem.

Você deve ler as informações abaixo e se você não entender ou tiver mais alguma dúvida pode entrar em contato pelo e-mail joao.guterres@edu.pucrs.br, antes de decidir se irá ou não participar.

Esta pesquisa é voluntária e você tem o direito de não responder qualquer item e também de interromper sua participação a qualquer momento por qualquer razão.

Você levará cerca de 10 minutos (tempo previsto para conclusão da pesquisa).

Você não receberá nenhuma recompensa por isso.

Nenhuma informação de identificação sobre você será incluída em publicações que possam resultar dessa pesquisa.

A coleta de informações para este projeto estará concluída em dezembro de 2020 e todas as informações obtidas serão armazenadas de forma segura por um período de 3 anos após esta data ou até a conclusão do trabalho escrito.

Ao dar continuidade a esta pesquisa, você concorda que qualquer dúvida que você tinha foi adequadamente esclarecida e que você concorda em participar deste estudo.

Termo de Consentimento: entendi e estou de acordo com os procedimentos acima descritos.

APÊNDICE B – SURVEY

Survey encaminhado (via Google Forms) para Pesquisadores na área de Objetos de Aprendizagem e *Learning Analytics*.

1. Vocês utilizam técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem para coletar informações de acesso dos alunos?
 - a. Se **sim** (utilizam técnicas de *Learning Analytics*), como é feita essa implementação (seguindo alguma especificação ou metodologia, dentro do LMS - como Moodle)?
 - b. Se **sim**, as etapas de inclusão do *Learning Analytics* são planejadas para cada Objeto individualmente? A implantação ocorre durante o desenvolvimento do Objeto ou é uma etapa posterior?
 - c. Se **sim**, quais informações de acesso são coletadas?
 - d. Se **sim**, essas informações são integradas a outros sistemas para obter uma perspectiva geral das interações dos alunos?
 - a. Se **não**, vocês possuem interesse em implementar técnicas de *Learning Analytics* nos Objetos de Aprendizagem, para coletar informações de acesso dos alunos em suas interações nos Objetos?
 - b. Se **não**, qual(ais) razão(ões) de não utilizarem as técnicas de *Learning Analytics*?
2. Quais dificuldades vocês possuem para implementar (ou iniciar a implementação) as técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem?
3. Quais informações (ou dados) vocês consideram relevantes para coletar durante o acesso dos alunos aos Objetos de Aprendizagem?
4. Vocês utilizam técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem para coletar informações dos alunos?
5. Como é feita a implementação das técnicas de *Learning Analytics* (por exemplo: seguindo alguma especificação ou metodologia como xAPI, Caliper, dentro do LMS - como Moodle)?
6. As etapas de inclusão do *Learning Analytics* são planejadas para cada Objeto de Aprendizagem individualmente ou existe um padrão para todos os Objetos?

7. A implementação ocorre durante o desenvolvimento do OA ou é uma etapa posterior que realiza adaptações no OA para conter as técnicas de *Learning Analytics*?
8. Quais dados analíticos ou informações de acesso são coletadas na interação do aluno com o Objeto de Aprendizagem? Os dados coletados são integrados a outros sistemas para obter uma perspectiva geral das interações dos alunos? Quais sistemas são integrados?
9. Quais dificuldades vocês possuem para implementar (ou iniciar a implementação) as técnicas de *Learning Analytics* em Objetos de Aprendizagem?
10. Qual tecnologia (ou linguagem de programação) é(são) utilizada(s) na produção dos Objetos de Aprendizagem?
11. Na existência de diretrizes para introdução de técnicas de *Learning Analytics* nos Objetos de Aprendizagem, contendo uma camada controladora (que possui técnicas de *Learning Analytics* e define quais dados analíticos devem ser gerados), sendo necessária apenas introduzir sensores no OA, vocês introduziriam essas diretrizes no processo de produção?

APÊNDICE C – REFERÊNCIAS DA REVISÃO SISTEMÁTICA: PROCESSO DE PRODUÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM

- Ahn, J.Y.; Mun, G.S.; Han, K.S.; Choi, S.H. (2017). "An online authoring tool for creating activity-based learning objects". *Education and Information Technologies*, vol. 22(6), pp. 3005-3015.
- Alsubaie, M.; Alshawi, M. (2009). "Reusable Objects: Learning object creation cycle". In: International Conference on Developments in eSystems Engineering, vol. 2, pp. 321-325.
- Alvarado, L.A.R.; Domínguez, E.L.; Velázquez, Y.H.; Isidro, S.D.; Toledo, C.B.E. (2018). "Layered software architecture for the development of mobile learning objects with augmented reality". *IEEE Access*, vol. 6, pp. 57897-57909.
- Ball, S.; Sewell, J. (2008). "Accessibility Standards Are Not Always Enough: The Development of the Accessibility Passport". In: International Conference on Computers for Handicapped Persons, vol. 5, pp. 264-267.
- Banerjee, G.; Murthy, S. (2011). "Model for Rapid, Large-Scale Development of Learning Objects in Multiple Domains". In: IEEE International Conference on Technology for Education, vol. 3, pp. 163-170.
- Barajas, A.B.; Muñoz, A.J.; Álvarez, R.F.; García, G.E. (2009). "Developing Large Scale Learning Objects for Software Engineering Process Model". In: Mexican International Conference on Computer Science, vol. 8, pp. 203-208.
- Bertocello, V.; Possamai, O.; Bortolozzi, F.; Vosgerau, D.S. (2017). "A Model for the Development of Learning Objects Using Educational Design". In: International Conference on Information System and Data Mining, vol. 1, pp. 111-118.
- Bettio, R.W.; Pereira, D.A.; Martins, R.X.; Heimfarth, T. (2013). "The experience of using the scrum process in the production of learning objects for blended learning". *Informatics in Education*, vol. 12-1, pp. 29-41.
- Boot, E. W.; van Merriënboer, J.J.; Theunissen, N.C. (2008). "Improving the development of instructional software: Three building-block solutions to interrelate design and production". *Computers in Human Behavior*, vol. 24(3), pp. 1275-1292.

- Boyle, T.; Cook, J.; Windle, R.; Wharrad, H.; Leeder, D.; Alton, R. (2006). "An agile method for developing learning objects". In: Australian Society for Computers in Learning in Tertiary Education Annual Conference, vol. 23, pp. 3-6.
- Brady, A.; Conlan, O.; Wade, V.; Dagger, D. (2008). "Supporting users in creating pedagogically sound personalised learning objects". In: International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems, vol. 5, pp. 52-61.
- Buzatto, D.; Anacleto, J.C.; Dias, A.L.; Silva, M.A.R.; Villena, J.M.; de Carvalho, A. (2009). "Filling out learning object metadata considering cultural contextualization". In: International Conference on Systems, Man and Cybernetics, vol. 20, pp. 424-429.
- Charleer, S.; Gutiérrez, F.; Gerling, K.; Verbert, K. (2018). "Towards an open standard for gameplay metrics". In: Symposium on Computer-Human Interaction in Play Companion Extended Abstracts, vol. 15, pp. 399-406.
- Claros, I.; Cobos, R. (2013). "Social Media Learning: An approach for composition of multimedia interactive object in a collaborative learning environment". In: International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, vol. 17, pp. 570-575.
- Cochrane, T. (2007). "Developing interactive multimedia learning objects using QuickTime". *Computers in Human Behavior*, vol. 23(6), pp. 2596-2640.
- Daniel, B.K.; Mohan, P. (2004). "A model for evaluating learning objects". In: International Conference on Advanced Learning Technologies, vol. 4, pp. 56-60.
- Essa, A. (2016). "A possible future for next generation adaptive learning systems". *Smart Learning Environments*, vol. 3, 24p.
- Ferreira, G. P.; Andrade, R.; Oliveira, S. T.; Ulbricht, V.R. (2016). "Learning Object Design for Teaching Descriptive Geometry: A Study from the Perspective of Gamification and Accessibility". In: International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction, vol. 10, pp. 38-48.
- Fuentes, L.M.; Arteaga, J.M.; Rodríguez, F.Á. (2008). "A methodology for design collaborative learning objects". In: International Conference on Advanced Learning Technologies, vol. 8, pp. 87-91.

- Gordillo, A.; Barra, E., Gallego, D.; Quemada, J. (2013). "An online e-Learning authoring tool to create interactive multi-device learning objects using e-Infrastructure resources". In: IEEE Frontiers in Education Conference, vol. 43, pp. 1914-1920.
- Guenaga, M.; Mechaca, I.; Romero, S.; Eguíluz, A. (2012). "A tool to evaluate the level of inclusion of digital learning objects". *Procedia Computer Science*, vol. 14, pp. 148-154.
- Güler, Ç.; Altun, A.; Aşkar, P. (2009). "Developing reusable learning objects: Hacettepe University case". In: International Conference on Internet Technologies and Applications, vol.3, pp. 8-11.
- Han, P.; Kramer, B.J. (2009). "Generating interactive learning objects from configurable samples". In: International Conference on Mobile, Hybrid, and On-line Learning, vol.1, pp. 1-6.
- Hashim, U.R.A.B.H.; Kadir, A.; Fazliana, A.; Alias, A.; Hassan, E.E. (2009). "Development of learning object for engineering courses in UTeM". In: International Conference on Engineering Education, vol. 7, pp. 191-195.
- Iorio, A.D.; Feliziani, A.; Mirri, S.; Salomoni, P.; Vitali, F. (2008). "Fighting technical complexity in authoring e-learning material". In: International Conference on Advanced Learning Technologies, vol. 8, pp. 440-442.
- Khlaif, Z. (2013). "A heuristic ISD Model for Designing Online Courses for Higher Education in Palestine". In: International Conference on e-Learning Best Practices in Management, Design and Development of e-Courses, vol. 4, pp. 226-240.
- Koukopoulos, Z.; Koukopoulos, D. (2019). "Integrating educational theories into a feasible digital environment". *Applied computing and informatics*, vol. 15(1), pp. 19-26.
- Labib, A.E.; Canós, J.H.; Penadés, M.C. (2017). "Integrating product line and learning style approaches to enforce reusability and personalization of learning objects". In: International Conference on Advanced Learning Technologies, vol. 17, pp. 70-71.
- Leinonen, T.; Purma, J.; Ldoja, H. P.; Toikkanen, T. (2010). "Information architecture and design solutions scaffolding authoring of open educational

- resources". *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 3(2), pp. 116-128.
- Loewen, J.; Suhonen, J.; Chen, N.S. (2017). "I-SLATE: designing a culturally relevant framework for authentic learning". *Smart Learning Environments*, vol. 4(1), pp. 1-18.
 - Lopez, A.C.J.; Morteo, G.L.; Flores-Rios, B.L.; Garcia, L.C. (2017). "Processes Reference Model for Interoperability in Learning Object Environments". In: *Software Engineering Research and Innovation*, vol. 5, pp. 81-88.
 - Macedo, C.M.S.; Ulbricht, V.R. (2012). "Accessibility Guidelines for the Development of Learning Objects". *Procedia Computer Science*, vol. 14, pp. 155-162.
 - Mangina, E. (2017). "3D learning objects for augmented/virtual reality educational ecosystems". In: *International Conference on virtual system & Multimedia*, vol. 23, pp. 1-6.
 - Mohan, P.; Bucarey, S.A.; Daniel, B. (2006). "Employing Object-Oriented Design Principles in the Design of Learning Objects in a Software Engineering Course". In: *International Conference on Advanced Learning Technologies*, vol. 6, pp. 484-486.
 - Mohan, P.; Daniel, B.K. (2006). "Towards Object-Oriented Design Patterns for Reusability of Learning Objects". In: *International Conference on Advanced Learning Technologies*, vol. 6, pp. 1025-1027.
 - Munoz-Soto, R.; Becerra, C.; Noël, R.; Barcelos, T.; Villarroel, R.; Kreisel, S.; Cambor, M. (2016). "Proyector@ matemáticas: A learning object for supporting the practitioners in autism spectrum disorders". In: *Latin American Conference on Learning Objects and Technology*, vol. 11, pp. 1-6.
 - Navarrete, R.; Luján-Mora, S. (2018). "Bridging the accessibility gap in Open Educational Resources". *Universal Access in the Information Society*, vol. 17(4), pp. 755-774.
 - Oyelere, S.S.; Suhonen, J.; Wajiga, G.M.; Sutinen, E. (2018). "Design, development, and evaluation of a mobile learning application for computing education". *Education and Information Technologies*, vol. 23(1), pp. 467-495.

- Premlatha, K.R.; Geetha, T.V. (2015). "Learning content design and learner adaptation for adaptive e-learning environment: a survey". *Artificial Intelligence Review*, vol. 44(4), pp. 443-465.
- Pukkhem, N.; Vatanawood, W. (2005). "Instructional design using component-based development and learning object classification". In: International Conference on Advanced Learning Technologies, vol. 5, pp. 492-494.
- Queiros, L. M.; Da Silveira, D. S.; da Silva Correia-Neto, J.; Vilar, G. (2016). "LODPRO: learning objects development process". *Brazilian Computer Society*, vol. 22(3), 9p.
- Razak, R.A.; Palanisamy, P. (2010). "The development of M-LODGE for training instructional designers". *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 9, pp. 1906-1912.
- Rodríguez, C.O.; Morgado, E.M.M. (2016). "Creation and assessment of learning objects for the definition and geometric representation of operations and applications of vectors". In: International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality vol. 4, pp. 721-728.
- Rosatelli, M.; Senger, H.; Silva, F.; Stanzani, S.; Nunes, C. (2006). "Supporting the collaborative construction of learning objects using the grid". In: International Symposium on Cluster Computing and the Grid, vol. 6, pp. 4-8.
- Sánchez-Alonso, S.; Vovides, Y. (2007). "Integration of metacognitive skills in the design of learning objects". *Computers in human behavior*, vol. 23(6), pp. 2585-2595.
- Sierra, J. L.; Fernández-Valmayor, A.; Guinea, M. (2006). "Exploiting Author-Designed Domain-Specific Descriptive Markup Languages in the Production of Learning Content". In: International Conference on Advanced Learning Technologies, vol. 6, pp. 515-519.
- Silva, M.A.G.; Barbosa, E.F.; Maldonado, J.C. (2011). "Model-driven development of learning objects". In: IEEE Frontiers in Education Conference, vol. 41, 6p.
- Slotkiene, A. (2012). "Peculiarities of applying the design method of active learning object". In: International Conference on Information Technology Interfaces, vol. 34, pp. 243-248.

- Souza, M.D.F.C.; Castro-Filho, J.A.; Andrade, R. (2010). "Model-Driven Development in the Production of Customizable Learning Objects". In: International Conference on Advanced Learning Technologies, vol. 10, pp. 701-702.
- Souza Sombrio, G.; Schimmelpfeng, L.E.; Ulbricht, V. R. (2016). "The production of a gamified Learning Object accessible to people with visual or hearing disabilities for teaching Geometry". In: Latin American Conference on Learning Objects and Technology, vol. 6, pp. 1-10.
- Štuikys, V.; Burbaitė, R.; Bespalova, K.; Drasuté, V.; Ziberkas, G.; Venčkauskas, A. (2016). "Stage-based generative learning object model to support automatic content generation and adaptation". In: Computer Software and Applications Conference, vol. 40, pp. 712-721.
- Turro, C.; Cañero, A.; Busquets, J. (2010). "Video learning objects creation with polimedia". In: International Symposium on Multimedia, vol. 16, pp. 371-376.
- Vlachos, E. (2012). "The Spiral-In Method for Designing and Connecting Learning Objects". In: International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems, vol. 4, pp. 677-681.
- Vossen, G.; Jaeschke, P. (2003). "Learning objects as a uniform foundation for e-learning platforms". In: International Database Engineering and Applications Symposium, vol. 17, pp. 278-287.
- Wake, J.D.; Guribye, F.; Wasson, B. (2018). "Learning through collaborative design of location-based games". *Computer-Supported Collaborative Learning*, vol. 13(2), pp. 167-187.
- Wu, Z.; Doulai, P. (2009). "Identification and prioritization of variables that influence learning content development in e-learning platforms". In: International Conference on Computer Science and Information Technology, vol. 2, pp. 444-449.
- Wu, Z.; Doulai, P. (2010). "Modelling process for the development of learning content for tertiary education". In: International Conference on Distance Learning and Education, vol. 4, pp. 119-124.

- Ying, Z.; Qunli, S. (2011). "Design and development of mobile learning resources based on learning object". In: International Conference on Electrical and Control Engineering, vol.2, pp. 6486-6489.

APÊNDICE D – REFERÊNCIAS DA REVISÃO SISTEMÁTICA: *LEARNING ANALYTICS* OBJETOS DE APRENDIZAGEM

- Ahn, J.Y.; Mun, G.S.; Han, K.S.; Choi, S.H. (2017). "An online authoring tool for creating activity-based learning objects". *Education and Information Technologies*, vol. 22(6), pp. 3005-3015.
- Alencar, E.M.; da Silva Aranha, E.H.; Campos, A.M.C. (2019). "Avaliação adaptativa utilizando espaço de conhecimento baseado em competência". In: Jornada de Atualização em Informática na Educação, vol.8(1), pp. 64-89.
- Ang, K.L.M.; Ge, F.L.; Seng, K.P. (2020). "Big Educational Data & Analytics: Survey, Architecture and Challenges". *IEEE Access*, vol. 8, 9p.
- Angeloni, M.P.C.; Saliyah-Hassane, H.; da Silva, J.B.; da Mota Alves, J.B. (2020). "Model to Evaluate Users' Engagement to Augmented Reality Using xAPI". In: International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, vol. 17, pp. 320-329.
- Antonova, A.; Dankov, Y.; Bontchev, B. (2019). "Smart services for managing the design of personalized educational video games". In: Balkan Conference on Informatics, vol. 9, pp. 1-8.
- Araka, E.; Maina, E.; Gitonga, R.; Oboko, R. (2020). "Research trends in measurement and intervention tools for self-regulated learning for e-learning environments—systematic review (2008–2018)". *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, vol. 15(1), pp. 1-21.
- Bacca, J.; Segovia-Bedoya, D. (2019). "An Architecture for Mobile-based Assessment Systems in Smart Learning Environments". In: Chang, M.; Popescu, E.; Chen, K.; Jemni, M.; Huang, R.; Spector, M.J.; Sampson, D.G. Foundations and trends in smart learning, Springer: Singapore, pp. 25-34.
- Bharara, S.; Sabitha, S.; Bansal, A. (2018). "Application of learning analytics using clustering data Mining for Students' disposition analysis". *Education and Information Technologies*, vol. 23(2), pp. 957-984.
- Borba, E.J.; Gasparini, I. (2015). "O uso da trajetória de aprendizagem do aluno em ambientes virtuais de aprendizagem". *Revista Novas Tecnologias na Educação*, vol. 13(1), 10p.

- Borba, E.J.; Gasparini, I.; Lichtnow, D.; Pimenta, M.S.; Oliveira, J.P.M. (2016). "Captura e Visualização da Trajetória de Aprendizagem do Aluno: um Mapeamento Sistemático" In: Taller Internacional de Software Educativo - Nuevas Ideas en Informática Educativa, vol. 12, pp. 105-111.
- Boyle, T.; Duval, E. (2017). "Learning Objects". In *Technology Enhanced Learning*, Springer: Cham, pp. 137-144.
- Charleer, S.; Gutiérrez, F.; Gerling, K.; Verbert, K. (2018). "Towards an open standard for gameplay metrics". In: Symposium on Computer-Human Interaction in Play Companion Extended Abstracts, vol.55, pp. 399-406.
- Clemente, F.J.G.; de la Torre, L.; Dormido, S.; Salzmann, C.; Gillet, D. (2018). "Collecting experience data from remotely hosted learning applications". In: International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, vol. 14, pp. 170-181.
- Distante, D.; Villa, M.; Sansone, N.; Faralli, S. (2020). "MILA: A SCORM-Compliant Interactive Learning Analytics Tool for Moodle". In: International Conference on Advanced Learning Technologies, vol. 20, pp. 169-171.
- Duval, E.; Verbert, K.; Klerkx, J. (2011). "Towards an open learning infrastructure for open educational resources: Abundance as a platform for innovation". In: Calude, C.S.; Rozenberg, G.; Salomaa A. Rainbow of Computer Science. Springer: Berlin, pp. 144-156.
- Dyckhoff, A.L.; Zielke, D.; Bültmann, M.; Chatti, M.A.; Schroeder, U. (2012). "Design and Implementation of a Learning Analytics Toolkit for Teachers". *Educational Technology e Society*, vol. 15(3), pp. 58–76.
- Escobar, A.E.; Reyes, P.; Van Hilst, M. (2014). "Metrics for effectiveness of e-learning objects in software engineering education". In: IEEE SoutheastCon, vol. 2, pp. 1-5.
- Fong, M.; Dodson, S.; Harandi, N.M.; Seo, K.; Yoon, D.; Roll, I.; Fels, S. (2019). "Instructors Desire Student Activity, Literacy, and Video Quality Analytics to Improve Video-based Blended Courses". In: ACM Conference on Learning@ Scale, vol. 6, pp. 1-10.

- Franzoni, V.; Mengoni, P.; Milani, A. (2018). "Dimensional morphing interface for dynamic learning evaluation". In: International Conference on Information Visualisation, vol. 22, pp. 332-337.
- Freire, M.; Serrano-Laguna, Á.; Iglesias, B.M.; Martínez-Ortiz, I.; Moreno-Ger, P.; Fernández-Manjón, B. (2016). "Game Learning Analytics: Learning Analytics for Serious Games". In: Spector, M.J.; Lockee, B.B.; Childress, M.D. Learning, Design, and Technology. Springer: Cham, pp 1-29.
- Gibson, D.; Ifenthaler, D. (2020). "Adoption of Learning Analytics". In: Ifenthaler, D.; Gibson, D. Adoption of Data Analytics in Higher Education Learning and Teaching. Springer: Cham, pp. 3-20.
- Gibson, D.; Ogata, H. (2018). "Section Introduction: Games, Simulations and Emerging Technologies". In *Second Handbook of Information Technology in Primary and Secondary Education*, Springer: Basingstoke, pp. 879-886.
- Gupta, S.; Sabitha, A.S. (2019). "Deciphering the attributes of student retention in massive open online courses using data mining techniques". *Education and Information Technologies*, vol. 24(3), pp. 1973-1994.
- Halibas, A.S.; Sathyaseelan, B.; Shahzad, M. (2019). "Learning analytics: developing a data-centric teaching-research skill". In: Al-Masri, A.; Curran, K. Smart Technologies and Innovation for a Sustainable Future. Springer: Cham, pp. 213-219.
- Halimi, W.; Salzmann, C.; Gillet, D. (2017). "An activity tracking infrastructure for embedded open educational labs supporting the needs of lab owners and students". In: International Conference on Interactive Collaborative Learning, vol. 20(2), pp. 617-627.
- İnan, E.; Ebner, M. (2020). "Learning Analytics and MOOCs". In: International Conference on Human-Computer Interaction, vol. 22, pp. 241-254.
- Jagušt, T.; Botički, I. (2019). "Mobile learning system for enabling collaborative and adaptive pedagogies with modular digital learning contents". *Computers in Education*, vol. 6(3), pp. 335-362.
- Karkalas, S.; Bokhove, C.; Charlton, P.; Mavrikis, M. (2015). Towards Configurable Learning Analytics for Constructionist Mathematical e-Books. In: Workshops of Artificial Intelligence in Education, vol.2, pp. 17-24.

- Khan, A.; Ghosh, S.K. (2020). "Student performance analysis and prediction in classroom learning: A review of educational data mining studies". *Education and Information Technologies*, vol. 25(4), pp. 1-36.
- Kokoç, M.; Altun, A. (2016). "Building a Learning Experience: What Do Learners' Online Interaction Data Imply?". In: Sampson, D.; Spector, J.M.; Ifenthaler, D.; Isaías, P.; Sergis, S. *Learning Technologies for Transforming Large-Scale Teaching, Learning, and Assessment*. Springer: Cham, 4, pp. 55-70.
- Krauss, C.; Merceron, A.; An, T.S.; Zwicklbauer, M.; Steglich, S.; Arbanowski, S. (2017). "Teaching Advanced Web Technologies with a Mobile Learning Companion Application". In: *World Conference on Mobile and Contextual Learning*, vol. 16, 4p.
- Leitner, P.; Maier, K.; Ebner, M. (2020). "Web Analytics as Extension for a Learning Analytics Dashboard of a Massive Open Online Platform". In: Ifenthaler, D.; Gibson, D. *Adoption of Data Analytics in Higher Education Learning and Teaching*. Springer: Cham, 19, pp. 375-390.
- Lnenicka, M.; Kopackova, H.; Machova, R.; Komarkova, J. (2020). "Big and open linked data analytics: a study on changing roles and skills in the higher educational process". *Educational Technology in Higher Education*, vol. 17(1), pp. 1-30.
- Maldonado-Mahauad, J.; Pérez-Sanagustín, M.; Kizilcec, R.F.; Morales, N.; Munoz-Gama, J. (2018). "Mining theory-based patterns from Big data: Identifying self-regulated learning strategies in Massive Open Online Courses". *Computers in Human Behavior*, vol. 80, pp. 179-196.
- Martin, F.; Dennen, V.P.; Bonk, C.J. (2020). "A synthesis of systematic review research on emerging learning environments and technologies". *Educational Technology Research and Development*, vol. 68(4), pp. 1613-1633.
- Moissa, B.; Carvalho, L.S.; Gasparini, I. (2014). "A Web Analytics and Visualization Tool to Understand Students' Behavior in an Adaptive E-Learning System". In: *International Conference on Learning and Collaboration Technologies*, vol. 1, pp. 312-321.

- Mosquera, D.; Guevara, C.; Aguilar, J. (2019). "Adaptive learning objects in the context of eco-connectivist communities using learning analytics". *Heliyon*, vol. 5(11), 14p.
- Nagao K. (2019). "Artificial Intelligence in Education". In: Nagao K. *Artificial Intelligence Accelerates Human Learning*. Springer: Singapore, 1, pp. 1-19.
- Noura, A.; Cheniti-Belcadhi, L.; Braham, R. (2018). "An Enhanced xAPI Data Model Supporting Assessment Analytics". *Procedia Computer Science*, vol. 126, pp. 566-575.
- Ogawa, A.N.; Klock, A.C.T.; Gasparini, I. (2017). "Integrando Técnicas de Learning Analytics no processo de Gamificação em um Ambiente Virtual de Aprendizagem". In: *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, vol. 28, pp. 615-624.
- O'Riordan, T.; Millard, D.E.; Schulz, J. (2015). "Can You Tell If they're Learning? Using a Pedagogical Framework to Measure Pedagogical Activity". In: *International Conference on Advanced Learning Technologies*, vol. 15, pp. 265-267.
- Paz, F.J.; Cazella, S.C. (2018). "Integrando sistemas de recomendação com mineração de dados educacionais e learning analytics: Uma revisão sistemática da literatura". *Revista Novas Tecnologias na Educação*, vol. 16(1), 10p.
- Pfeiffer, A.; Lukarov, V.; Romagnoli, G.; Uckelmann, D.; Schroeder, U. (2020). "Experiential Learning in Labs and Multimodal Learning Analytics". In: Ifenthaler D.; Gibson, D. *Adoption of Data Analytics in Higher Education Learning and Teaching*. Springer: Cham, 18, pp. 349-373.
- Redondo, R.P.D.; Rodríguez, M.C.; Escobar, J.J.L.; Vilas, A. F. (2020). "Integrating micro-learning content in traditional e-learning platforms". *Multimedia Tools and Applications*, vol. 79, pp. 1-31.
- Rodríguez-Artacho, M.; Lorenzo, E.J.; Robles, L.S.; Cigarrán, J.; Centeno, R.; Mayorga, J. I.; Velez, J.; Castro, M.; Sancristóbal, E.; Diaz, G.; Martín, R; Gil, R.; Garcia, F.; Cubillo, J.; Ros, S. (2014). "Enhancing higher education experience: The eMadrid initiative at UNED university". In: *IEEE Frontiers in Education Conference*, vol. 44, pp. 1-4.

- Salzmann, C.; Halimi, W.; Gillet, D.; Govaerts, S. (2018). "Deploying large-scale online labs with smart devices". In: Auer, M.E.; Azad, A.K.M.; Edwards, A.; Jong, T. *Cyber-Physical Laboratories in Engineering and Science Education*. Springer: Cham, 3, pp. 43-78.
- Shawky, D.; Badawi, A. (2019). "Towards a personalized learning experience using reinforcement learning". In: Hassanien, A.L. *Machine learning paradigms: Theory and application*. Springer: Cham, pp. 169-187.
- Sherriff, G.; Benson, D.; Atwood, G.S. (2019). "Practices, Policies, and Problems in the Management of Learning Data: A Survey of Libraries' Use of Digital Learning Objects and the Data They Create". *Academic Librarianship*, vol. 45(2), pp. 102-109.
- Silva, J.M.C.; Imran, H. (2015). "Um estudo sobre as variáveis para predição de alunos não concluintes em cursos suportados por Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem". *RENOTE*, vol. 13(2), 10p.
- Silva, L.A.; Silveira, I.F.; Silva, L.; Rodrigues, R.; Ramos, J.L.C. (2017). "Ciência de Dados Educacionais: definições e convergências entre as áreas de pesquisa". In: *Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, vol. 6, pp. 764-773
- Sousa, M.J.; Rocha, Á. (2018). "Learning Analytics Measuring Impacts on Organisational Performance". *Grid Computing*, vol. 1(9), 9p.
- Sousa, M.J.; Rocha, Á. (2018). "Corporate Digital Learning—Proposal of Learning Analytics Model". In: *World Conference on Information Systems and Technologies*, vol. 6, pp. 1016-1025.
- Štuikys, V.; Burbaitė, R. (2018). "Smart STEM-Driven Educational Environment for CS Education: A Case Study". In: Štuikys, V.; Burbaitė, R. *Smart STEM-Driven Computer Science Education*. Springer: Cham, 12, pp. 279-303.
- Tan, S.C. (2018). "Technologies for adult and lifelong education". In *The palgrave international handbook on adult and lifelong education and learning*, Palgrave Macmillan: London, pp. 917-937.

- Ternier, S.; Scheffel, M.; Drachsler, H. (2018). "Towards a cloud-based big data infrastructure for higher education institutions". In: Spector, J.M.; Kumar, V.; Essa, A.; Huang, Y.; Koper, R.; Tortorella, R.A.W.; Chang, T.; Li, Y.; Zhang, Z. *Frontiers of Cyberlearning*. Springer: Singapore, pp. 177-194.
- Troussas, C.; Krouska, A.; Virvou, M. (2020). "Using a multi module model for learning analytics to predict learners' cognitive states and provide tailored learning pathways and assessment". In: Virvou, M.; Alepis, E.; Tsihrintzis, G.A.; Jain, L.C. *Machine Learning Paradigms*. Springer: Cham, 2, pp. 9-22.
- Tsarmpou, P.; Tambouris, E. (2015). "Using learning analytics to enhance UML use case diagrams assimilation in a distance education course". *International Journal of Learning Technology*, vol. 10(4), pp. 274-290.
- Valverde-Berrocoso, J.; Fernández-Sánchez, M.R. (2020). "Instructional Design in Blended Learning: Theoretical Foundations and Guidelines for Practice". In: Garcia, A.V.M. *Blended Learning: Convergence between Technology and Pedagogy*. Springer: Cham, pp. 113-140.
- van Diepen, P.; Bredeweg, B. (2016). "Performance Indicators for Online Secondary Education: A Case Study". In: *Benelux Conference on Artificial Intelligence*, vol. 28, pp. 169-177.
- Vidakis, N.; Charitakis, S. (2018). "Designing the learning process: the IOLAOS platform". In: *International Conference on Subject-Oriented Business Process Management*, vol. 10, pp. 1-11.
- Wölfel, M. (2020). "Artificial Intelligence Supported Educational Technologies: Non-distracting Feedback in Artificial Intelligence Supported Learning". Springer: Cham, pp. 31-44.
- Wu, Y.; Zhong, W.; Zhou, C.; Ma, X. (2015). "Construction on Learning Analytics Object for Sharing and Interoperation of Educational Big Data". In: *International Conference on Web-Based Learning*, vol. 14, pp. 186-195.
- Yago, H.; Clemente, J.; Rodriguez, D.; Fernandez-de-Cordoba, P. (2018). "On-smmle: Ontology network-based student model for multiple learning environments". *Data & Knowledge Engineering*, vol. 115, pp. 48-67.
- Yassine, S.; Kadry, S.; Sicilia, M. A. (2016). "Learning Analytics and Learning Objects Repositories: overview and future directions". In: Spector, M.J.;

Lockee, B.B.; Childress, M.D. Learning, Design, and Technology. Springer: Cham, 29p.

- Yau, J.Y.K.; Hristova, Z. (2017). "Evaluation of an Extendable Context-Aware "Learning Java" App with Personalized User Profiling". *Technology, knowledge and learning*, vol. 22, pp. 1-16.

ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE
CATÓLICA DO RIO GRANDE
DO SUL - PUC/RS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Learning analytics na Produção de Objetos de Aprendizagem

Pesquisador: Milene Selbach Silveira

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 31703920.0.0000.5336

Instituição Proponente: UNIAO BRASILEIRA DE EDUCACAO E ASSISTENCIA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.050.197

Apresentação do Projeto:

O objetivo desta pesquisa é aprimorar o processo de produção de Objetos de Aprendizagem com a investigação das técnicas de Learning Analytics utilizadas por centros brasileiros de produção de Objetos de Aprendizagem. Objetos de Aprendizagem são materiais eletrônicos (imagens, vídeos, páginas web, etc) que trazem informações para construção do conhecimento, explicitem seus objetivos pedagógicos e estejam estruturados para que possam ser reutilizados e recombinados. Learning Analytics são um conjunto de técnicas para medir, coletar, analisar e relatar dados sobre estudantes e seu contexto, tendo como propósito entender e otimizar o aprendizado no ambiente de aprendizagem. Assim, pretendem verificar se houve a incorporação de técnicas de Learning Analytics na produção desses centros, bem como compreender se se há padronização dessas técnicas, se existem dificuldades em implementá-las e caso não tenham sido implementadas, saber as razões desse fato.

Objetivo da Pesquisa:

O principal objetivo deste projeto de pesquisa é compreender e elaborar diretrizes para incorporar técnicas de Learning Analytics na produção de Objetos de Aprendizagem. Para isso, os pesquisadores propõem compreender e identificar práticas que estão sendo utilizadas por centros de produção de objetos de aprendizagem, bem como compreender as dificuldades de incorporar estas técnicas na produção de Objetos de Aprendizagem.

Endereço: Av. Ipiranga, 6681, prédio 50, sala 703
Bairro: Partenon **CEP:** 90.619-900
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3320-3345 **Fax:** (51)3320-3345 **E-mail:** cep@puhrs.br

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE
CATÓLICA DO RIO GRANDE
DO SUL - PUC/RS



Continuação do Parecer: 4.050.197

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

O projeto apresenta riscos mínimos: 1. cansaço ou aborrecimento ao responder o questionário; 2. divulgação de dados confidenciais ou quebra de sigilo. Para mitigar os riscos: elaboraram um roteiro semiestruturado de questões com omissão de perguntas de acordo com a escolha do usuário, otimizando o tempo do participante; desassociam o material coletado do participante colocando etiquetas de controle para garantir o anonimato.

Não há benefícios diretos e a curto prazo associados aos participantes, mas esperam ao final do estudo aprimorar o processo de produção de Objetos de Aprendizagem facilitando a incorporação de técnicas de Learning Analytics.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Foram corrigidos os problemas relatados. Sendo assim, não existem mais pendências no projeto.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos foram apresentados.

Recomendações:

Não há recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Projeto adequado, não há pendências.

Considerações Finais a critério do CEP:

Diante do exposto, o CEP-PUCRS, de acordo com suas atribuições definidas na Resolução CNS n° 466 de 2012, Resolução n° 510 de 2016 e da Norma Operacional n° 001 de 2013 do CNS, manifesta-se pela aprovação do projeto de pesquisa Learning analytics na Produção de Objetos de Aprendizagem proposto pela pesquisadora Milene Selbach Silveira com número de CAAE 31703920.0.0000.5336.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1540210.pdf	22/05/2020 15:27:20		Aceito
Outros	Documento_Unificado_Projeto_de_Pesquisa_1588615246638.pdf	22/05/2020 15:26:28	JOAO PEDRO DEWES GUTERRES	Aceito
Outros	_01_Carta_EncaminhamentoLearningAnalytics_V2.pdf	22/05/2020 15:23:58	JOAO PEDRO DEWES GUTERRES	Aceito
Outros	_02_1_Carta_ChefeServico_LearningA	05/05/2020	JOAO PEDRO	Aceito

Endereço: Av.Ipiranga, 6681, prédio 50, sala 703
Bairro: Partenon **CEP:** 90.619-900
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3320-3345 **Fax:** (51)3320-3345 **E-mail:** cep@pucrs.br

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE
CATÓLICA DO RIO GRANDE
DO SUL - PUC/RS



Continuação do Parecer: 4.050.197

Outros	nalytics.pdf	14:55:25	GUTERRES	Aceito
Orçamento	_04_OrçamentoLearningAnalytics.pdf	05/05/2020 14:54:04	JOAO PEDRO DEWES GUTERRES	Aceito
Declaração de concordância	Cart_Aprovacao_Comissao_Cientifica_1522075203844.pdf	04/05/2020 17:33:09	JOAO PEDRO DEWES GUTERRES	Aceito
Outros	_06_Link_Lattes_PesquisadoresLearningAnalytics.pdf	16/04/2020 18:07:54	JOAO PEDRO DEWES GUTERRES	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	_05_Projeto_PesquisaLearningAnalytics_v2.pdf	16/04/2020 18:06:01	JOAO PEDRO DEWES GUTERRES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	_03_termo_online_consentimentoLearningAnalytics.pdf	16/04/2020 18:05:00	JOAO PEDRO DEWES GUTERRES	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRostoLearningAnalytics_assinada.pdf	16/04/2020 17:52:47	JOAO PEDRO DEWES GUTERRES	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

PORTO ALEGRE, 26 de Maio de 2020

Assinado por:

Paulo Vinicius Sporleder de Souza
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Ipiranga, 6681, prédio 50, sala 703

Bairro: Partenon

CEP: 90.619-900

UF: RS

Município: PORTO ALEGRE

Telefone: (51)3320-3345

Fax: (51)3320-3345

E-mail: cep@puccrs.br