

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

JOSÉ WALLISON FÉLIX DA SILVA

***CLOVeR*: UM REPOSITÓRIO OTIMIZADO PARA OBJETOS DE
APRENDIZAGEM CUSTOMIZÁVEIS**

Fortaleza – CE

10 de dezembro de 2017

JOSÉ WALLISON FÉLIX DA SILVA

***CLOVeR*: UM REPOSITÓRIO OTIMIZADO PARA OBJETOS DE APRENDIZAGEM CUSTOMIZÁVEIS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

Linha de Pesquisa: Engenharia de Software

Orientador: Prof. Dr. Cidcley Teixeira de Souza

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação (PRPI)

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PPGCC)

Fortaleza – CE

10 de dezembro de 2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI
Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S586c Silva, José Wallison Félix da.
CLOVeR : Um Repositório Otimizado para Objetos de Aprendizagem Customizáveis / José Wallison Félix da Silva. - 2017.
181 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Ciência da Computação, Campus Fortaleza, 2017.
Orientação: Prof. Dr. Cidcley Teixeira de Souza.
1. Objeto de Aprendizagem. 2. Customização Guiada. 3. Objeto de Aprendizagem Customizável. 4. Repositório de Objeto de Aprendizagem. 5. Versionamento de Recursos. I. Título.
- CDD 004
-

JOSÉ WALLISON FÉLIX DA SILVA

CLOVER: UM REPOSITÓRIO OTIMIZADO PARA OBJETOS DE APRENDIZAGEM
CUSTOMIZÁVEIS

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-graduação em Ciência da Computação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação, área de concentração Ciência da Computação.

Aprovada em 25 / 09 / 2017.

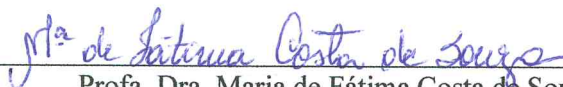
BANCA EXAMINADORA



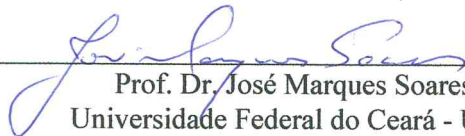
Prof. Dr. Cidcley Teixeira de Souza (Orientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - PPGCC/IFCE



Prof. Dra. Cassandra Ribeiro Joye
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - PPGCC/IFCE



Prof. Dra. Maria de Fátima Costa de Souza
Universidade Federal do Ceará - UFC



Prof. Dr. José Marques Soares
Universidade Federal do Ceará - UFC

A Deus, em primeiro lugar, por ter me dado saúde, discernimento e disposição ao longo dessa jornada. Aos meus pais, Inêz e Genilson, e a minha amada Daniele, por terem sido os meus pilares de sustentação. E ao Professor Cidcley, que me guiou brilhantemente durante essa caminhada.

Agradecimentos

Foram muitas as contribuições que recebi no decorrer dessa longa jornada. Sem elas, não teria conseguido chegar até o seu fim. Por isso, dedico este espaço para agradecer:

A Deus, primeiramente, pela saúde, discernimento e disposição do início ao fim dessa caminhada. Sei que foi Ele quem não me deixou baixar a cabeça nos momentos de maior dificuldade.

Ao meu orientador, Professor Cidley, por, desde o início da pesquisa, ter dedicado a mim parte do seu tempo e ter confiado na minha capacidade. Sou grato por ter me acompanhado e guiado com afincamento em todas as etapas dessa produção científica. Também parableno-o pelo exemplo de docente que é.

Aos professores e coordenadores do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação (PPGCC) que se dedicaram em compartilhar, dentro e fora de sala de aula, os seus conhecimentos e experiências relacionadas à pesquisa científica. E que, na medida do possível, buscaram prover um ambiente adequado para os alunos do programa desenvolverem suas habilidades acadêmicas.

À Professora Fátima, do Instituto UFC Virtual, da Universidade Federal do Ceará (UFC), que propôs, em conjunto com a Professora Rossana e o Professor Aires, ambos também da UFC, os conceitos de Customização Guiada e Objeto de Aprendizagem Customizável, que deram origem a uma instigante linha de pesquisa na área de Informática na Educação e que motivaram o desenvolvimento desse trabalho. Agradeço também pelas importantes contribuições dadas nos artigos elaborados ao longo dessa pesquisa.

Ao meu colega de PPGCC Ruriel, que, ainda quando estudante de graduação em Engenharia da Computação pelo próprio IFCE, participou da fase inicial de idealização e implementação da solução proposta nessa pesquisa. Para tanto, destaco também que sou grato ao Núcleo Avançado em Engenharia de Software Distribuído e Sistemas Hiperímia (NASH) do IFCE pela disponibilização de bolsa de iniciação científica ao Ruriel no período em que ele se dedicou a esse trabalho.

Aos colegas de PPGCC e também de trabalho, da Secretaria de Tecnologia da Informação (STI) da UFC, que, em conversas, de alguma forma me inspiraram sobre como melhor proceder em relação ao desenvolvimento do fruto dessa pesquisa.

Aos meus pais, Inêz e Genilson, por acreditarem na educação como um meio de se transformar vidas e terem, dentro de suas limitações, batalhado para garantirem o meu acesso ao melhor ambiente acadêmico que podiam me oferecer. Mãe, sei que acabou por enfrentar sozinha muitas dificuldades para que eu dedicasse o máximo do meu tempo e

atenção aos estudos. Ah! Obrigado por ter guardado o meu material, apagado a luz e me coberto com um lençol todas as noites que dormi sobre livros, cadernos, rascunhos e, até mesmo, notebook. Pai, mesmo o trabalho consumindo quase todo o seu tempo, saiba que me inspira essa sua inesgotável disposição, trabalhando de domingo a domingo, faça chuva, faça sol. Sei que fez e ainda faz isso em busca do melhor para a nossa família. Por isso, hoje, tento diariamente dar orgulho a vocês. Essa é a única forma que tenho de retribuir tudo que fizeram por mim.

A minha amada Daniele, por ter me apoiado e me motivado durante essa caminhada. Também por ter sido paciente e compreensiva, já que necessitei me fazer ausente em muitos momentos. Além disso, sou grato pelas suas dicas de português para as minhas produções textuais ao longo da pesquisa.

Faço, por fim, um agradecimento especial à instituição IFCE, a qual, por licença poética, chamo aqui de CEFET-CE, nome de quando a conheci. Justamente no mês em que escrevo este texto, completo 11 anos de casa, somando-se os tempos de ensino médio integrado, graduação e agora pós-graduação. Muito do que sou e tenho hoje devo ao CEFET-CE. Foi nesta instituição que aprendi uma profissão, formei o meu caráter, defini a minha atual visão de mundo e encontrei a minha amada. Isso tudo foi fruto dos amigos que fiz, dos momentos que vivi e, principalmente, dos ensinamentos que obtive dos professores que, de alguma forma, fizeram parte da minha vida acadêmica nesses 11 anos. Hoje posso afirmar que tenho muitos exemplos em que me espelhar para o magistério, algo que aspiro em breve também seguir.

Como tudo isso passou tão rápido?! Parece que foi mês passado a primeira vez que entrei, em meados de 2005, pelo portão principal, localizado na Av. Treze de Maio, e pensei comigo mesmo: "Nossa! Eu quero estudar aqui!". Espero que agora eu não esteja dizendo um adeus, mas sim um até logo. Obrigado!

*"Temos de fazer o melhor que podemos.
Esta é a nossa sagrada responsabilidade humana."
(Albert Einstein)*

Resumo

Objetos de Aprendizagem (OAs) são recursos educacionais digitais que possibilitam diversificar a abordagem de conteúdos e potencializam a transmissão do conhecimento. A possibilidade de reuso em diferentes ambientes é uma de suas principais características. Porém, nem sempre estão aptos a serem aplicados a outros contextos de uso, demandando modificações para que se adéquem aos novos cenários. A execução de alterações resulta na criação de novas versões do OA. A maioria destes recursos são produzidos de modo monolítico, restringindo adaptações somente em nível de código-fonte, o que exige conhecimento técnico de programação por parte dos usuários. Por não conseguirem efetuar alterações necessárias, muitos docentes abdicam de reutilizá-los. Esta limitação motivou a concepção da estratégia de Customização Guiada (CG). Ela visa possibilitar a modificação, em nível de interface, de recursos digitais sem demandar conhecimento técnico dos utilizadores, mas de um modo que garanta a manutenção dos conceitos embutidos no recurso durante sua concepção. A aplicação da CG aos OAs do tipo animação/simulação originou os Objetos de Aprendizagem Customizáveis (OACs). Para serem reutilizados, OACs devem ser compartilhados por meio de Repositórios de Objetos de Aprendizagem (ROAs), assim como OAs em geral. Contudo, não é eficiente armazenar OACs em *ROAs com Armazenamento Tradicional*, já que estes repositórios funcionam basicamente como *containers* de OAs, nos quais os recursos são persistidos em forma de pacotes que encapsulam todos os arquivos e dados que os compõem. Como uma simples modificação na interface de um OAC já resulta em uma nova Versão Customizada (VC), armazenar estas versões como pacotes contendo todos os seus elementos resultaria na replicação das informações inalteradas entre as versões. Diante disso, nesta pesquisa foi proposto o *Customizable Learning Object Versioning Repository* (CLOVeR), um repositório destinado aos OACs e as suas VCs. O CLOVeR considera os aspectos estruturais e funcionais inerentes a este novo tipo de recurso educacional. Ele possui uma estratégia de controle de versão baseada em um modelo de dados que organiza as versões de um OAC em uma Hierarquia de Versionamento. Esta estratégia garante que apenas as diferenças entre a versão inicial dos recursos e as suas VCs sejam persistidas, o que evita a replicação de arquivos e dados no repositório. Com o objetivo inicial de validar o modelo proposto para o CLOVeR, foi implementada, como parte da pesquisa, a CLOWebPlatform, uma plataforma de interação com o repositório. Os resultados da validação demonstraram que os arquivos executáveis e de mídia (imagens, áudios e vídeos) dos recursos são os elementos que mais impactam no consumo de espaço em disco em ROAs e que o CLOVeR, quando comparado aos *ROAs com Armazenamento Tradicional*, otimiza este consumo, pois não replica esses arquivos para cada versão do OAC. Os resultados também possibilitaram concluir que, mesmo com os processamentos demandados pela estratégia de versionamento para a inclusão e/ou obtenção de recursos, devido o armazenamento ocorrer de forma fragmentada, o modelo proposto resulta em

tempos adequados de resposta e que, no caso das inclusões, variam linearmente com a quantidade e o tamanho dos executáveis e das mídias do recurso.

Palavras-chave: Objeto de Aprendizagem. Customização Guiada. Objeto de Aprendizagem Customizável. Repositório de Objeto de Aprendizagem. Versionamento de Recursos. Controle de Versão.

Abstract

Learning Objects (LOs) are digital educational resources that enable to diversify the content approach and potentiate the knowledge transfer. The possibility of be reused in different use context is an important LO's aspect. But, sometimes they demand modifications to be fit for new use context. These changes result on new LOs versions. Most LOs are produced in a monolithic way, which force that any change only can be made at source code level, requiring user technical knowledge. Some teachers do not reuse these resources because they can not execute modifications necessary to adapt them to their specific use scenario. In this context, Guided Customization (GC) was proposed. It is a strategy aims to enabling users execute changes at interface level, do not requiring technical knowledge from them, but in a way that ensure the modifications do not eliminate concepts defined on resource development phase. LOs of animation/simulation type based on GC are named as Customizable Learning Objects (CLOs). As LOs in general, to be reused, CLOs need to be shared by Learning Object Repositories (LORs). However, it is not efficient to store CLOs in *LOR with Traditional Storage*, since these repositories basically work like LOs containers, where a LO is persisted like a package that encapsulates all files and data that compose Learning Object. As a more simple change at CLO's interface results in a new Customized Version (CV), to store CV as a package implies in much replications scattered throughout the repository, since different CV of a same CLO have common unchanged files and data. This work presents the Customizable Learning Object Versioning Repository (CLOVeR), a repository for CLOs and their CVs. CLOVeR takes functional and structural aspect of these educational resources into account. It has a control version strategy based on a data model which organize CLO versions as a Versioning Hierarchy. This strategy persists just differences between initial resource version and their CVs, avoiding file and data replication in repository. A platform to access the repository, named as CLOWebPlatform, was also developed in the research. It was used to validate the model proposed for CLOVeR. Validation results demonstrated that executable and media files (images, audios and videos) are what more consume disk space in LORs and the CLOVeR optimizes this consumption when compared to *LOR with Traditional Storage*, since it do not replicate common files between CLO's versions. Furthermore, even though versioning strategy demands processings for inclusion and/or get resources, because of the storage occur in a fragmented way, the results allows to conclude that proposed model works with adequate response time. About specifically resource inclusion, the processings time vary linearly according to amount and size of executable and media files.

Keywords: Learning Object. Guided Customization. Customizable Learning Object. Learning Object Repository. Resource Versioning. Control Version.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Modificações Realizadas na Fase de <i>Reautoria</i> de um OA.	36
Figura 2 – Replicações Resultantes do Armazenamento de OACs em <i>ROAs com Armazenamento Tradicional</i>	41
Figura 3 – Exemplo de OA do Tipo Animação/Simulação.	49
Figura 4 – Estrutura de um OAC.	50
Figura 5 – Customização do OAC Histórias Fantásticas.	51
Figura 6 – Customização Guiada no Contexto de um Recurso Educacional Digital.	55
Figura 7 – Exemplo de Uso do CLO Studio: (a) Barra de Ferramentas; (b) Paleta de Componentes; (c) Abas de Propriedades.	57
Figura 8 – Elementos do Padrão LOM Ordenados pelo Percentual de Adoção por parte de APs.	73
Figura 9 – Logotipo do CLOVeR.	75
Figura 10 – Estrutura do CLOVeR.	78
Figura 11 – Estrutura do RDescriptor.	79
Figura 12 – Estrutura do EFDescriptor.	80
Figura 13 – Estrutura do CDescriptor.	82
Figura 14 – Exemplo de Referências Existentes entre os Descritores RDescriptor, EFDescriptor e CDescriptor.	83
Figura 15 – Estrutura do VDescriptor.	84
Figura 16 – Exemplo da Estrutura de Subdiretórios em que os Arquivos Executáveis e de Mídia são Armazenados.	87
Figura 17 – Exemplo de Hierarquia de Versionamento de um OAC.	88
Figura 18 – Exemplo de Incorporação de Versão Customizada.	90
Figura 19 – Arquitetura do Repositório Proposto.	94
Figura 20 – Tela Inicial da CLOWebPlatform.	95
Figura 21 – Tela de Pesquisa de OAC da CLOWebPlatform com o Resultado de uma Consulta.	96
Figura 22 – Tela Apresentando a Hierarquia de Versionamento de um OAC.	97
Figura 23 – Tela de Autocadastro da CLOWebPlatform.	98
Figura 24 – <i>E-mail</i> de Confirmação do Autocadastro e de Validação de Endereço.	99
Figura 25 – <i>Menu</i> de Administração da CLOWebPlatform.	99
Figura 26 – Tela de Validação de Autocadastro da CLOWebPlatform.	100
Figura 27 – <i>E-mail</i> de Notificação da Validação do Autocadastro.	101
Figura 28 – Estrutura do CLO-DP.	102
Figura 29 – Exemplo de Estrutura do Diretório <i>executable_files</i> de um CLO-DP com Dois Executáveis.	103

Figura 30 – Tela de Inclusão de OAC da CLOWebPlatform.	105
Figura 31 – Estrutura do CLO-P.	105
Figura 32 – Tela de Pesquisa de OAC da CLOWebPlatform com o Resultado de uma Consulta que Retorna OAC com Dois Executáveis.	106
Figura 33 – Estrutura do Arquivo <i>token.txt</i>	107
Figura 34 – Novos Arquivo e Subdiretório Criados Localmente Durante o Processo de Customização.	107
Figura 35 – Estrutura do CV-DP.	109
Figura 36 – Tela de Inclusão de Versão Customizada da CLOWebPlatform.	110
Figura 37 – Gráficos em Barras dos Tempos de Inclusão dos Recursos nas <i>Rotinas de Teste</i> do Primeiro Cenário.	126
Figura 38 – Gráficos em Barras dos Tempos de Inclusão dos Recursos nas <i>Rotinas de Teste</i> do Segundo Cenário.	127
Figura 39 – Gráficos dos Tempos de <i>Outros Processamentos</i> durante a Inclusão dos Recursos nas <i>Rotinas de Teste</i> dos Dois Cenários.	128
Figura 40 – Gráficos dos Tempos de <i>Cálculo do Número de Versão</i> durante a Inclusão de Versões Customizadas nas <i>Rotinas de Teste</i> dos Dois Cenários.	129
Figura 41 – Gráficos dos Tempos de <i>Cálculo do Delta</i> durante a Inclusão de Versões Customizadas nas <i>Rotinas de Teste</i> dos Dois Cenários.	130
Figura 42 – Gráficos dos Tempos de Inclusão dos Recursos nas <i>Rotinas de Teste</i> dos Dois Cenários	131
Figura 43 – Gráfico do Tempo de Escrita em <i>Filesystem</i> em Relação ao Tempo Total de Inclusão dos Recursos nas <i>Rotinas de Teste</i> do Primeiro Cenário.	132
Figura 44 – Gráficos dos Tempos de Obtenção dos Recursos nas <i>Rotinas de Teste</i> dos Dois Cenários.	133
Figura 45 – Gráficos dos Tempos de Realização do <i>Merge</i> durante a Obtenção de Versões Customizadas nas <i>Rotinas de Teste</i> dos Dois Cenários	134
Figura 46 – Gráficos dos Espaços Ocupado em Disco pelos Recursos nas <i>Rotinas de Teste</i> dos Três Cenários.	137

Lista de tabelas

Tabela 1 – Propostas de Definição para Objetos de Aprendizagem.	29
Tabela 2 – Atributos dos Tipos de Componentes dos OACs.	51
Tabela 3 – Atributos Customizáveis por Nível de Grau de Liberdade.	55
Tabela 4 – Propostas de Definição para Repositórios de Objetos de Aprendizagem.	59
Tabela 5 – Funcionalidades Disponibilizadas pela CLOWebPlatform.	92
Tabela 6 – Códigos de <i>Status</i> Retornados nas Respostas da API REST da CLOWeb- Platform.	113
Tabela 7 – Tamanho dos Pacotes Referentes aos Recursos Utilizados na Validação do Comportamento em Relação ao Tempo.	124
Tabela 8 – Espaço Ocupado em Disco pelos Recursos nas Rotinas de Teste dos Três Cenários.	138

Lista de abreviaturas e siglas

AP	Application Profile
API	Application Programming Interface
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
BSON	Binary JavaScript Object Notation
GLOBE	Global Learning Objects Brokered Exchange
CDescriptor	Components Descriptor
CG	Customização Guiada
CLAssRoOM	Customizable LeARning Objects Model-Driven
CLO	Customizable Learning Object
CLO-DP	Customizable Learning Object Deployment Package
CLO-P	Customizable Learning Object Package
CLOPackageFactory	Customizable Learning Object Package Factory
CLOVeR	Customizable Learning Object Versioning Repository
CLOWebPlatform	Customizable Learning Object Web Platform
CRUD	Create, Retrieve, Update and Delete
CV-DP	Customized Version Deployment Package
DC	Dublin Core
DSL	Domain Specific Language
EFDescriptor	Executable File Descriptor
EPT	Ensino Profissional e Tecnológico
GL	Grau de Liberdade
GQM	Goal/Question/Metric
HTML	HyperText Markup Language

HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IDE	Integrated Development Environment
IGR	Initial Growth Rate
JSON	JavaScript Object Notation
KMS	Knowledge Management System
LACLO	Latin-American Community on Learning Objects
LAFLO	Latin-American Federation of Learning Object Repositories
LOM	Learning Object Metadata
MDSE	Model-Driven Software Engineering
MGR	Mature Growth Rate
MPS-SW	Modelo de Referência para a Melhoria de Software Brasileiro
OA	Objeto de Aprendizagem
OAC	Objeto de Aprendizagem Customizável
OAR	Objeto de Aprendizagem Reutilizável
ODT	Open Document Text
RDescriptor	Root Descriptor
REA	Recurso Educacional Aberto
REST	Representational State Transfer
RI	Repositório Institucional
ROA	Repositório de Objetos de Aprendizagem
RFOA	Referatory de Objetos de Aprendizagem
SGBD	Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados
SLR	Semantic Learning Repository
SQuaRE	System and Software Quality Requirements and Evaluation
SR	Sistema de Recomendação
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação

URI	Uniform Resource Identifier
VC	Versão Customizada
VDescriptor	Version Descriptor
XML	Extensible Markup Language

Sumário

1	INTRODUÇÃO	25
1.1	Objetos de Aprendizagem	28
1.2	Adaptação de Objetos de Aprendizagem	34
1.3	Problema e Motivação para a Dissertação	40
1.4	Objetivos Geral e Específicos	44
1.5	Produção Científica	44
1.6	Estrutura da Dissertação	45
2	CUSTOMIZAÇÃO GUIADA E OBJETOS DE APRENDIZAGEM CUSTOMIZÁVEIS	47
2.1	Objetos de Aprendizagem Customizáveis	48
2.2	Grau de Liberdade	54
2.3	<i>Customizable LeARning Objects Model-Driven</i>	55
2.3.1	<i>Customizable Learning Object Studio</i>	56
3	REPOSITÓRIOS DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM	59
3.1	Classificações	60
3.2	Funcionalidades	62
3.2.1	Versionamento de Recursos em Repositórios de Objetos de Aprendizagem	64
3.3	Análises Quantitativas	65
3.4	Problemas e Limitações	67
3.5	Tendências	69
3.5.1	Avaliação da Qualidade e Recomendação de Objetos de Aprendizagem	69
3.5.2	Repositórios de Objetos de Aprendizagem como Gerenciadores de Conhecimento	71
3.5.3	Adaptação de Metadados	72
3.5.4	Dispositivos Móveis	73
4	<i>CUSTOMIZABLE LEARNING OBJECT VERSIONING REPOSI- TORY: O REPOSITÓRIO PROPOSTO</i>	75
4.1	Modelo de Dados e Estratégia de Versionamento	76
4.1.1	Armazenamento de Objetos de Aprendizagem Customizáveis	79
4.1.1.1	<i>Root Descriptor</i> - RDescriptor	79
4.1.1.2	<i>Executable File Descriptor</i> - EFDdescriptor	80
4.1.1.3	<i>Components Descriptor</i> - CDescriptor	81
4.1.2	Armazenamento de Versões Customizadas	82
4.1.2.1	<i>Version Descriptor</i> - VDescriptor	82

4.1.3	Hierarquia de Versionamento	87
4.1.3.1	Incorporação de Versão	88
5	ARQUITETURA DO REPOSITÓRIO PROPOSTO	91
5.1	Funcionamento da <i>Customizable Learning Object Web Platform</i> . .	95
5.1.1	Autocadastro	98
5.2	Formato de Empacotamento de Objetos de Aprendizagem Custo- mizáveis e Versões Customizadas para o CLOVeR	101
5.2.0.1	<i>Customizable Learning Object Deployment Package</i> - CLO-DP	102
5.2.0.2	<i>Customizable Learning Object Package</i> - CLO-P	105
5.2.0.3	<i>Customized Version Deployment Package</i> - CV-DP	108
5.3	API REST	110
6	AVALIAÇÃO DO REPOSITÓRIO PROPOSTO	115
6.1	Avaliação de Qualidade de Software	115
6.1.1	Norma ISO/IEC 25010	116
6.1.2	<i>Goal/Question/Metrics</i>	118
6.2	Metodologia de Avaliação	119
6.2.1	Gerador de Objetos de Aprendizagem Customizáveis e de Versões Customizadas	122
6.3	Resultados e Discussões	124
6.3.1	Comportamento em Relação ao Tempo	124
6.3.2	Utilização de Recursos	135
7	CONCLUSÃO	141
	REFERÊNCIAS	147
	APÊNDICES	163
	APÊNDICE A – EXEMPLOS DE CONTEÚDO DOS ARQUIVOS DE UM CLO-DP	165
	APÊNDICE B – PRIMEIRO CENÁRIO DE TESTE DO PROCESSO DE AVALIAÇÃO SOBRE O COMPORTAMENTO EM RELAÇÃO AO TEMPO	171
	APÊNDICE C – SEGUNDO CENÁRIO DE TESTE DO PROCESSO DE AVALIAÇÃO SOBRE O COMPORTAMENTO EM RELAÇÃO AO TEMPO	177

1 Introdução

"O começo de todas as ciências é o espanto de as coisas serem o que são."
(Aristóteles)

O uso de ferramentas tecnológicas como um elemento integrante do dia a dia das pessoas é algo que se intensifica cada vez mais em todas as partes do globo. Isto é reflexo do cenário delineado por Castells (1999). Ele afirma que caminhamos para a Sociedade da Informação, um novo modelo social baseado na informação e no qual os meios tecnológicos passam a assumir um importante papel na rotina dos indivíduos. Tarouco et al. (2014) dizem que já migramos de uma Sociedade Industrial para a Sociedade da Informação e do Conhecimento e que hoje vivemos em um paradigma social alicerçado nos meios de comunicação oferecidos pelas Tecnologias da Informação e da Comunicação (TICs). No caso do Brasil, uma estatística que denota a rápida proliferação da tecnologia como um integrante da rotina do seu povo é a que indica que 51% das residências já possuíam acesso à internet no ano de 2015. Este percentual revela que houvera um elevado aumento nos últimos 10 anos, pois apenas 13% das moradias do país tinham esse acesso em 2005 (COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL, 2016; ROSSINI; CASTRO, 2016).

Em qualquer agrupamento social, a educação é um dos pilares de sustentação. Ela resulta em uma facilitação no desenvolvimento individual e na exploração do potencial humano; uma elevação da eficiência dos processos produtivos; e uma redução da complexidade social, sendo assim fundamental para o desenvolvimento em comunidade (TUOMI, 2013). Dessa forma, quaisquer alterações no paradigma social afeta, direta ou indiretamente, o seu respectivo modelo educacional. Estudos recentes com professores brasileiros indicaram que mais de 80% deles já utilizam tecnologias de comunicação digital para acessar e disponibilizar material ou realizar outras atividades que fazem parte do exercício da docência (ROSSINI; CASTRO, 2016). Contudo, apenas incorporar recursos tecnológicos às práticas educacionais dos docentes não é suficiente. A adoção desses recursos exige planejamento e preparação para que o ambiente montado para a transmissão de conceitos e informações seja prazeroso e proveitoso, tanto para tutores quanto para aprendizes (TAROUCO et al., 2006).

Butcher (2010 apud COHEN; REISMAN; SPERLING, 2015) destaca que, na atual Sociedade do Conhecimento, o conhecimento e as habilidades da população são os principais elementos para a redução da pobreza e para a promoção do crescimento de uma nação e que o futuro de qualquer país é altamente dependente desses pontos e da criatividade do seu povo. Por estes motivos, Butcher (2010 apud COHEN; REISMAN; SPERLING, 2015) ressalta que a educação é extremamente importante no contexto social

de momento, dado que é uma fonte para a obtenção de habilidades básicas, um motor para o desenvolvimento sócio-econômico e um meio de desenvolvimento de novos conhecimentos e de inovação.

Para Wiley, Green e Soares (2012), a revolução tecnológica dos últimos anos resultou em uma revolução na educação. Segundo eles, estamos no meio desta revolução. Pela primeira vez na história da humanidade, há ferramentas que possibilitam o acesso de qualquer indivíduo ao conhecimento que desejar, em muitos casos, sem custo algum (WILEY; GREEN; SOARES, 2012). E a internet é o principal meio em que se dá este acesso. Após modificar a maneira como as pessoas se comunicam e como os negócios são feitos, a internet transformou a forma de aprender, mudando, inclusive, o modo com que os materiais educacionais são projetados, desenvolvidos e distribuídos (WILEY, 2003). Um grande exemplo destas alterações é a crescente popularização da educação a distância por meio da internet. Muitas instituições aderiram a este modelo como uma estratégia de atender à atual demanda dos alunos por uma aprendizagem flexível, temporal e espacialmente (TATE; HOSHEK, 2009).

Neste contexto de revolução, inspirados no pensamento orientado a objetos, um paradigma da Ciência da Computação que ganhou força na década de 90, surgem os *Objetos de Aprendizagem* (OAs), pequenos recursos educacionais, que podem ser reutilizados em diferentes contextos de uso, de forma modificada ou em combinação com outros recursos (KURILOVAS; KUBILINSKIENE; DAGIENE, 2014; LEHMAN, 2007; WILEY, 2003). Eles se destacam como uma vantajosa ferramenta para o ensino-aprendizagem, uma vez que possibilitam diversificar a abordagem de conteúdos (WILEY, 2000), podem ser utilizados para a construção de outros recursos educacionais mais especializados (XU, 2015) e contribuem para a melhoria da educação nos ambientes de sala de aula presencial e virtual (MCGREAL, 2004; XU, 2015). A proposta central dos OAs é prover uma solução modularizada, baseada em padrões que elevem a flexibilidade, a independência de plataforma e o reúso de conteúdos voltados à educação, bem como proporcionar aos seus usuários um elevado grau de controle sobre eles (KURILOVAS; KUBILINSKIENE; DAGIENE, 2014).

No início dos anos 2000, surgiu um movimento em defesa da livre distribuição dos Objetos de Aprendizagem e de todo e qualquer recurso/material voltado à educação (BUTCHER, 2015; UNESCO, 2002). Denominado *Recursos Educacionais Abertos* (REAs), do inglês *Open Educational Resources*¹, este movimento foi considerado por Tuomi (2013) e Wiley, Green e Soares (2012) como um componente chave dessa revolução pela qual a educação passa.

Os REAs representam, no cenário da educação, a crescente tendência de livre disponibilização de conteúdo, simbolizada principalmente pelo já consolidado movimento

¹ <<https://www.oercommons.org/>>

em defesa do *Software de Código Aberto*, do inglês *Open Source Software* (COHEN; REISMAN; SPERLING, 2015). Segundo Wiley, Green e Soares (2012), a sua definição mais difundida é a que foi estabelecida em 2002 no Fórum sobre o Impacto do *Open Courseware* no Ensino Superior em Países em Desenvolvimento (*Forum on the Impact of Open Courseware for Higher Education in Developing Countries*), onde o termo "Recursos Educacionais Abertos" foi utilizado pela primeira vez. Os REAs foram conceituados neste fórum como sendo:

"A provisão aberta de recursos educacionais, possibilitada pelas tecnologias de informação e comunicação, para consulta, utilização e adaptação por uma comunidade de usuários para fins não comerciais" (UNESCO, 2002, p. 24)

Porém, muitos outros autores apresentaram suas próprias definições para REAs. Apesar das diferenças entre elas, todas ressaltam como aspecto chave o fato desses recursos serem disponibilizados abertamente, por meio de licenças que não exigem autorização prévia dos criadores para a reutilização (BUTCHER, 2015; MCGREAL, 2013). Junqueira e Lóscio (2014) destacam que os REAs se diferem dos Dados Abertos, que, de acordo com a *Open Knowledge Foundation*², são dados publicados e compartilhados na *web*, podendo ser livremente utilizados, reutilizados e redistribuídos, enquanto que REAs dizem respeito apenas a recursos destinados à educação, sendo portanto mais restritivos do que os Dados Abertos.

Por serem recursos licenciados de forma aberta, os REAs possuem grande potencial de contribuição para a elevação da qualidade e eficácia do ensino (BUTCHER, 2015). Eles também podem ser apontados como um método de promoção/*marketing* institucional e individual, pois, como suas licenças exigem que os autores sejam identificados, organizações e pessoas que atuam elaborando e compartilhando recursos educacionais abertamente passam a serem vistas e reconhecidas pela comunidade acadêmica de acordo com a qualidade de suas produções (BUTCHER, 2015; MCGREAL, 2013; WILEY; BLISS; MCEWEN, 2014). Além disso, a utilização de REAs resulta em significativa redução de custos por parte da indústria de software e, principalmente, das instituições de ensino, uma vez que elementos já existentes não precisam ser recriados, mas apenas reutilizados (MCGREAL, 2013; WILEY; GREEN; SOARES, 2012). Este é um aspecto que denota a importância desses recursos para a democratização da educação. Para Rossini e Castro (2016), o sistema educacional brasileiro pode se beneficiar bastante com o uso de REAs, principalmente o sistema público, que possui críticas limitações orçamentárias.

² <<https://okfn.org/>>

Na seção a seguir são apresentadas a conceituação de Objetos de Aprendizagem e o detalhamento de alguns dos aspectos intrínsecos a este tipo de recurso.

1.1 Objetos de Aprendizagem

Embora pareça simples definir Objetos de Aprendizagem, ainda não há uma conceituação que seja considerada consenso entre os pesquisadores desta área de estudo (YASSINE; KADRY; SICILIA, 2016). Ao longo dos anos, muitos autores apresentaram definições, alguns abordando aspectos educacionais e outros aspectos tecnológicos. Isto gerou uma proliferação de diferentes conceitos que acabam por dificultar e tornar confusa a comunicação neste campo de pesquisa (RENSING et al., 2005; SINCLAIR et al., 2013; WILEY, 2003; WILEY, 2008). Essas divergências resultam principalmente da falta de consenso em relação as características que um OA deve possuir, fazendo com que, ao mesmo tempo, um grupo de autores considerem um determinado recurso como um Objeto de Aprendizagem e outros não. Portanto, conforme afirmado por Yassine, Kadry e Sicilia (2016), o estabelecimento de um conceito amplamente aceito contribuiria positivamente para futuras evoluções do tema.

Considerando esta peculiaridade conceitual que envolve os Objetos de Aprendizagem, o ideal é que, para cada pesquisa que tenha este tipo recurso como objeto de estudo, caso da pesquisa descrita nesta dissertação, seja indicada a definição considerada. A Tabela 1 apresenta uma série de definições propostas para os OAs.

Embora as várias definições se diferenciem entre si, alguns aspectos dos OAs são comuns a todas elas, dentre eles ressalta-se a *Reusabilidade*, uma característica considerada central para estes tipos de recursos (IEIRI; BRAGA, 2015; MARCHIORI, 2012; SINCLAIR et al., 2013; WILEY, 2008; YASSINE; KADRY; SICILIA, 2016). OAs devem possuir uma estrutura flexível que permita a sua utilização em diferentes contextos educacionais, em alguns casos em campos distintos do conhecimento ou mesmo em diferentes fases do ensino (infantil, fundamental, básico ou superior) (MARCHIORI, 2012). Como a *Reusabilidade* refere-se ao uso futuro do recurso em diferentes cenários, ela está diretamente relacionada ao *design* instrucional do recurso, sendo uma característica complexa de se definir e de se mensurar, diferentemente de aspectos técnicos relacionados às plataformas tecnológicas, tais como *Durabilidade*, *Interoperabilidade*, *Acessibilidade*, dentre outros (SINCLAIR et al., 2013; YASSINE; KADRY; SICILIA, 2016).

Com base nas várias definições apresentadas na Tabela 1, recursos, como imagens, áudios, vídeos, páginas *web*, apresentações, simuladores, tutoriais, jogos educativos, *softwares* em geral que possam ser usados de alguma forma para a educação; podem ser considerados Objetos de Aprendizagem, já que as definições são pouco restritivas. Para este trabalho, foi estabelecido o uso do conceito proposto por Wiley (2000). Ele restringe

Tabela 1 – Propostas de Definição para Objetos de Aprendizagem.

Autor	Definição
Wiley (2000)	Qualquer recurso digital que possa ser reutilizado como suporte à aprendizagem.
Shepherd (2000)	Um componente digital, pequeno e reusável, que possa ser seletivamente aplicado - sozinho ou combinado com outros - por <i>softwares</i> , pelos professores ou pelos próprios alunos para satisfazer necessidades individuais de aprendizagem.
IEEE LTSC (2002)	Qualquer entidade - digital ou não-digital - que possa ser usada para aprendizagem, educação ou formação.
Polsani (2003)	Uma unidade independente de conteúdo para a aprendizagem, definida de forma a ser reusada em múltiplos contextos instrucionais.
Rehak e Mason (2003)	Uma entidade digitalizada que pode ser usada, reusada ou referenciada durante o ensino-aprendizagem apoiado por tecnologias.
McGreal (2004)	Qualquer recurso digital que é encapsulado em uma lição ou em um conjunto de lições agrupadas em unidades, módulos, cursos e, até mesmo, programas. Neste caso, lições são definidas como recursos instrucionais que normalmente incluem um propósito ou um conjunto de propósitos de aprendizagem.
Kay e Knaack (2005)	Ferramentas baseadas na <i>web</i> que sejam interativas e reusáveis e que apoiem a aprendizagem de conceitos específicos por meio do reforço, amplificação e orientação dos processos cognitivos dos alunos.
Tarouco et al. (2006)	Uma entidade, digital ou não-digital, que pode ser usada, reusada ou referenciada durante o ensino apoiado por tecnologia.
Churchill (2007)	Uma representação projetada para possibilitar o uso em diferentes contextos educacionais.
Cechinel, Sánchez-Alonso e García-Barriocanal (2011)	Entidades digitais que podem ser usadas e reusadas no processo de ensino-aprendizagem e são consideradas por muitos como fundamentais para o amplo desenvolvimento e a adoção do <i>e-learning</i> .

Fonte: Elaborada pelo Autor.

OAs a recursos, pequenos ou grandes, que possam ser distribuídos via rede de dados, assim como a internet, e utilizados simultaneamente por um número qualquer de pessoas (WILEY, 2003).

Nesta dissertação, são considerados Objetos de Aprendizagem:

*"Quaisquer recursos digitais que possam ser reutilizados
como suporte à aprendizagem" (WILEY, 2000)*

Um dos motivos para os OAs ganharem ampla aceitação e importância no contexto do desenvolvimento de material educacional foi o fato deles possuírem elevado potencial de reutilização em diferentes contextos de uso (SINCLAIR et al., 2013; TAROUCO; SILVA; GRANDO, 2011). Os Objetos de Aprendizagem possuem uma série de vantagens inerentes a esta característica, dentre as quais muitos autores destacam a economia, financeira e

temporal, oriunda do reúso durante a produção de recursos educacionais de qualidade (DOWNES, 2001; ELLIOTT; SWEENEY, 2008; RENSING et al., 2005; SAMPSON; ZERVAS, 2011; TAROUCO; SILVA; GRANDO, 2011; TATE; HOSHEK, 2009).

Professores, alunos e instituições em geral se beneficiam dessa economia, pois quaisquer ações que resultem na otimização do tempo e na redução dos elevados custos para se produzir recursos educacionais de qualidade sempre são bem-vindas (ZIMMERMANN, 2006 apud SAMPSON; ZERVAS, 2011). Com o reúso, os docentes podem dedicar mais tempo a outras atividades, tal como o planejamento de aula. Isso afeta positivamente as estratégias de ensino, a efetividade do rapasse do conhecimento e também a experiência com o uso do *e-learning* como parte da prática docente (ELLIOTT; SWEENEY, 2008; SCHMITT et al., 2013; TAROUCO; SILVA; GRANDO, 2011)(VERBERT, 2008 apud YASSINE; KADRY; SICILIA, 2016). Rensing et al. (2005) e Tate e Hoshek (2009) descrevem que muitas instituições de ensino estimularam o reúso de OAs como uma estratégia para minimizar os custos e acelerar o retorno dos investimentos em educação baseada em ambientes virtuais, como a educação a distância. Atualmente, essa prática ainda é bastante incentivada por parte das instituições, dada a eficiência resultante da reutilização.

Essa economia foi quantitativamente verificada por Elliott e Sweeney (2008). Eles mensuraram e compararam o tempo gasto para se produzir um determinado recurso educacional reutilizando OAs já existentes com o tempo estimado para se criar um recurso equivalente totalmente do início. Como resultado do estudo, os autores concluíram que a elaboração sem reutilizar elementos demanda considerável tempo adicional e, consequentemente, possui maior custo em comparação com o tempo da produção baseada no reúso.

Além de afetar o custo, a *Reusabilidade* dos OAs contribuem também para a elevação da qualidade dos recursos em si, já que quanto mais professores e/ou alunos os utilizam, mais versões melhoradas dos mesmos tendem a ser criadas (SAMPSON; ZERVAS, 2011). Enfim, o reúso é um aspecto tão importante para os OAs que alguns autores passaram a adotar o termo Objetos de Aprendizagem Reutilizáveis (OAR), do inglês *Reusable Learning Objects*, ao invés de simplesmente Objetos de Aprendizagem (RENSING et al., 2005; TATE; HOSHEK, 2009).

Contudo, para que um OA seja reutilizado em outro contexto de uso, um conjunto de fatores precisam ser considerados. O tamanho (granularidade); a compatibilidade com diferentes ambientes (interoperabilidade); a facilidade de obtenção (acessibilidade); o quão está ligado a um contexto em específico (genericidade); e até a forma como o recurso é licenciado são tópicos relevantes para se determinar se um OA pode ser facilmente reutilizado (SCHMITT et al., 2013; TAROUCO et al., 2006; TATE; HOSHEK, 2009; WILEY, 2009; YASSINE; KADRY; SICILIA, 2016). Dentre estes vários pontos, a *Granularidade*, tanto pedagógica quanto técnica, é vista como o aspecto mais importante

para determinar a possibilidade de reúso, (KURILOVAS; KUBILINSKIENE; DAGIENE, 2014; PAVANI, 2016; TAROUÇO; SILVA; GRANDO, 2011; TATE; HOSHEK, 2009; YASSINE; KADRY; SICILIA, 2016), o que a fez ser uma característica muito debatida nos últimos anos (YASSINE; KADRY; SICILIA, 2016).

Ao longo do tempo, se difundiu amplamente a ideia de que quanto menor a *Granularidade* do recurso, mais propício ao reúso ele estaria (TAROUÇO; SILVA; GRANDO, 2011). Com base nesta visão, os OAs devem ser pequenos para estarem aptos à reutilização (*Granularidade Técnica*), pois assim não estariam ligados a um contexto em específico e ainda poderiam ser facilmente combinados com outros recursos (*Granularidade Pedagógica*), sendo, conseqüentemente, mais propícios ao uso em diferentes cenários (KURILOVAS; KUBILINSKIENE; DAGIENE, 2014; TAROUÇO; SILVA; GRANDO, 2011; TATE; HOSHEK, 2009; WILEY, 2000) (SANZ-RODRÍGUEZ; DODERO; SÁNCHEZ-ALONSO, 2008 apud YASSINE; KADRY; SICILIA, 2016). Neste caso, imagens, pequenas atividades, definições, dentre outros pequenos elementos seriam mais simples de serem agregados com outros Objetos de Aprendizagem do que cursos em sua totalidade, uma vez que estes últimos estão intrinsecamente ligados a um determinado contexto (YASSINE; KADRY; SICILIA, 2016). Contrariando esta visão, o estudo de Ochoa (2011) revelou que este paradigma não é completamente válido. Ele concluiu que OAs com uma granularidade imediatamente abaixo a do recurso que se constrói são mais facilmente utilizados durante o processo de criação quando comparados com elementos de granularidade maior ou muito menor a do recurso em elaboração. Por exemplo, é mais fácil reutilizar lições inteiras ao se montar um curso do que reutilizar cursos completos ou imagens individuais; é mais fácil reutilizar cursos completos para se montar uma estrutura curricular do que outras estruturas curriculares ou lições individuais (OCHOA, 2011).

Apesar dessas questões, para serem de fato reutilizados, é fundamental que os Objetos de Aprendizagem sejam compartilhados de um modo que possam ser facilmente localizados (CECHINEL; OCHOA, 2014; IEIRI; BRAGA, 2015). A atual tendência mundial de incentivo à liberação pública de recursos educacionais acaba elevando a quantidade de instituições e pessoas que compartilham conteúdo (COHEN; REISMAN; SPERLING, 2015). Esses pontos denotam a importância que as estratégias de compartilhamento desses recursos representam atualmente para essa área. Autores destacam inclusive que o compartilhamento representa uma fase do ciclo de vida de um OA, caso de Collis e Strijker (2004 apud CECHINEL, 2014), que a chamam de etapa de *Oferta* (*Offering*).

A primeira forma de compartilhamento em massa de OAs se deu por meio da internet, onde os recursos eram livremente publicados e só podiam ser obtidos por *links* diretos ou ferramentas de pesquisa. Porém, este era um procedimento que demandava bastante esforço por parte dos usuários, porque as ferramentas de buscas não eram tão precisas e os seus resultados deviam ser manualmente avaliados (OCHOA, 2005). Com

isso, e considerando o crescente número desses elementos, se fez necessário a criação de ambientes destinados especificamente ao armazenamento e à recuperação de OAs, os *Repositórios de Objetos de Aprendizagem* (ROAs) (CASALI; CECHINEL; OCHOA, 2015; LEHMAN, 2007; OCHOA, 2005).

ROAs são repositórios digitais destinados ao armazenamento, organização, classificação, compartilhamento e obtenção de Objetos de Aprendizagem, nos quais estes recursos são descritos e indexados por meio de metadados (IEIRI; BRAGA, 2015; LEHMAN, 2007; MCGREAL, 2008; RENSING et al., 2005; TAROUÇO et al., 2014; TZIKOPOULOS; MANOUSELIS; VUORIKARI, 2009; ZERVAS; KALAMATIANOS; SAMPSON, 2014). Eles são acessados e manipulados pelos seus usuários por interfaces virtuais em formato de portal (CLEMENTS; PAWLOWSKI; MANOUSELIS, 2014) ou também por meio de outros ambientes virtuais, como Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs) (SANTOS et al., 2016). Neste último caso, os repositórios devem possuir interfaces que possibilitem a integração com tais ambientes.

Os principais objetivos dessas bases digitais são assegurar o armazenamento e a eficiente localização de OAs, garantindo o reúso dos mesmos (DOWNES, 2001 apud CLEMENTS; PAWLOWSKI; MANOUSELIS, 2015)(FERRAN et al., 2009; IEIRI; BRAGA, 2015; LEHMAN, 2007; SAMPSON; ZERVAS, 2013b). Ademais, eles vão além de repositórios padrões no quesito gerenciamento de recursos, pois costumam incluir formas diferentes de consulta, funcionalidades que tratam da atualização de recursos, mecanismos de autorização, dentre outros pontos (RENSING et al., 2005)(RETALIS, 2005 apud CLEMENTS; PAWLOWSKI; MANOUSELIS, 2015). Muito já se foi investido por diversos governos na produção e manutenção de ROAs com o objetivo de estimular o compartilhamento de Objetos de Aprendizagem (FRIESEN, 2004b apud MCNAUGHT, 2007)(ROCHA et al., 2011), mas são as iniciativas oriundas de Universidades e do meio acadêmico em geral que dominam o desenvolvimento dessas ferramentas. Projetos de cunho privado são restritos nessa área (ROCHA et al., 2011).

Os Repositórios de Objetos de Aprendizagem ganham cada vez mais importância, à medida que a quantidade de recursos educacionais aumenta. Isso impacta na elevação do número de repositórios desse tipo e também no tamanho dos já existentes, o que é algo positivo para os usuários, pois aumenta a gama de opções (LEHMAN, 2007; MCGREAL, 2008; MCGREAL, 2011; YASSINE; KADRY; SICILIA, 2016). Esses aumentos atualmente ocorrem de modo bastante acelerado, uma vez que o ensino baseado em ambientes virtuais se populariza cada vez mais (YASSINE; KADRY; SICILIA, 2016) e muitos governos e instituições têm investido no desenvolvimento, uso e compartilhamento de REAs em geral (CLEMENTS; PAWLOWSKI; MANOUSELIS, 2014; MCGREAL; MIAO; MISHRA, 2016). Até porque aspectos que limitavam o desenvolvimento dos REAs vêm se reduzindo significativamente, caso do acesso à internet que, atualmente, é mais democratizado, devido

o barateamento dos custos de infraestrutura (MCGREAL; MIAO; MISHRA, 2016; TUOMI, 2013).

Os metadados, utilizados para a descrição e indexação dos recursos quando persistidos em ROAs, são "dados sobre dados" para a indicarem as características dos OAs, tais como *Título, Autor, Data de Criação*, dentre outros (BERNERS-LEE, 1997 apud ZERVAS; KALAMATIANOS; SAMPSON, 2014)(WILEY, 2003). Eles são fundamentais para o reuso dos recursos, visto que são as informações utilizadas para a realização de buscas pelos OAs nos repositórios (JOSHI; THAKUR; MEHROTRA, 2013; MCGREAL, 2004; SCHMITT et al., 2013; SINCLAIR et al., 2013; ZERVAS; KALAMATIANOS; SAMPSON, 2014). Todas as características relevantes para a identificação e localização de um determinado recurso devem ser descritas como metadado, em um processo de catalogação que deve caracterizar por completo o recurso (LEHMAN, 2007; MCGREAL, 2004; MARCHIORI, 2012; TAROUÇO; FABRE; TAMUSIUNAS, 2003) e ocorrer para todos os OAs incluídos na base de dados (OCHOA; DUVAL, 2008c). Contudo, diferentemente de repositórios tradicionais, os metadados utilizados nos ROAs devem descrever também aspectos relativos a questões pedagógicas (CERVONE, 2012), já que é a partir de informações como tipo de objeto, público-alvo, nível de interatividade, dentre outras de caráter pedagógico, que docentes tomam a decisão de adotar ou não um recurso em específico (SCHMITT et al., 2013).

Muitas organizações buscaram definir padrões tendo em vista garantir a interoperabilidade de tecnologias voltadas ao ensino-aprendizagem, dentre os quais estão padrões de metadados para os Objetos de Aprendizagem, dada a importância de se descrever estes recursos (MARCHIORI, 2012; WILEY, 2003). Quando ROAs diferentes adotam um mesmo padrão de metadados, OAs descritos sob o padrão em questão podem, considerando outros fatores técnicos, ser armazenados e recuperados nos vários repositórios. Isso garante para o OA preceitos de interoperabilidade, portabilidade e durabilidade (MARCHIORI, 2012). Os padrões mais difundidos para catalogação desses tipos de recursos são o *Dublin Core* (DC), destinado à descrição de informações gerais relativas a recursos disponíveis digitalmente (DUBLIN CORE METADATA INITIATIVE, 2017), mas que também possui uma variante exclusivamente voltada para recursos educacionais, o DC-Ed; e o *IEEE Learning Object Metadata* (IEEE LOM), desenvolvido especificamente para descrever OAs (IEEE LTSC, 2002) (MARCHIORI, 2012; PALAVITSINIS; MANOUSELIS; SÁNCHEZ-ALONSO, 2014; ZERVAS; KALAMATIANOS; SAMPSON, 2014).

O padrão IEEE LOM (IEEE LTSC, 2002) se tornou o padrão de metadados mais comumente adotado pelos ROAs (OCHOA et al., 2011; MCGREAL, 2008), em muito por ter campos destinados à descrição de informações de relevância pedagógica e se destinar justamente à descrição de OAs (JOSHI; THAKUR; MEHROTRA, 2013; PALAVITSINIS; MANOUSELIS; SÁNCHEZ-ALONSO, 2014). Yassine, Kadry e Sicília (2016) resumiu da

seguinte forma quais características cada categoria de elementos do padrão IEEE LOM (IEEE LTSC, 2002) visa descrever:

- (i) *General*: informações gerais;
- (ii) *Lifecycle*: histórico e atual estado do OA;
- (iii) *Meta-Metadata*: metadados utilizados para a catalogação do recurso;
- (iv) *Technical*: características e requisitos técnicos;
- (v) *Educational*: características pedagógicas;
- (vi) *Rights*: questões relativas ao direito autoral e às condições de uso;
- (vii) *Relation*: relacionamentos entre recursos;
- (viii) *Annotation*: observações e comentários relativos à aplicação educacional do OA;
- (ix) *Classification*: perspectiva para a classificação dos recursos.

Também é importante destacar que o armazenamento e o compartilhamento de recursos educacionais por meio de Repositórios de Objetos de Aprendizagem estimula a colaboração, algo bastante positivo para o ensino-aprendizagem, uma vez que conteúdos ficam disponíveis para o reuso por parte de um elevado número de profissionais da educação (LEHMAN, 2007; SCHMITT et al., 2013). Os ROAs fazem com que os recursos educacionais digitais passem de um armazenamento individual para um armazenamento coletivo (JOSHI; THAKUR; MEHROTRA, 2013).

Contudo, apesar dos Objetos de Aprendizagem serem compartilhados e localizados por ROAs, eles nem sempre podem ser reutilizados no estado em que são obtidos nos repositórios. A reusabilidade deste tipo de recurso está mais ligada à possibilidade dele ser aplicado a novos contextos de uso do que a facilidade de ser obtido (SINCLAIR et al., 2013). A seção a seguir aborda a adaptação de OAs, um procedimento normalmente requerido pelos usuários ao lidarem com este tipo de recurso.

1.2 Adaptação de Objetos de Aprendizagem

É muito comum que um OA demande a realização de adaptações para tornar-se adequado e, conseqüentemente, possa ser utilizado em um contexto diferente do qual foi originalmente proposto. Estas alterações resultam em novas versões dos recursos (BARRITT; ALDERMAN JR., 2004; CECHINEL, 2014; PARAGARINO; BARUJEL; NISTAL, 2015; SCHMITT et al., 2013; STRIJKER, 2004; WILEY, 2009). Lane e McAndrew (2010 apud WILEY; BLISS; MCEWEN, 2014) dizem que tais adaptações podem ser de

tipo técnico, linguístico, cultural e pedagógico. Já Sampson e Zervas (2011) afirmam que elas são executadas por docentes e/ou produtores de conteúdo digital, programadores e *designers*, por exemplo, e são efetuadas em até três diferentes dimensões do recurso: aparência/*layout*; conteúdo; e aspectos técnicos. Executá-las visa basicamente adequar os OAs à cultura e ao nível de conhecimento dos alunos que irão manuseá-los, bem como também às necessidades inerentes ao novo contexto de uso, tal como questões técnicas (SOUZA; CASTRO-FILHO; ANDRADE, 2011; SOUZA; CASTRO FILHO; ANDRADE, 2012a).

Inclusive, a possibilidade de adaptação foi um dos aspectos que fez com que uma metáfora inicialmente utilizada para a descrição de OAs, a que os relaciona aos LEGOs³, passasse rapidamente a ser rejeitada (WILEY, 2009). De acordo com Wiley (2009), o termo Objeto de Aprendizagem foi cunhado em uma referência explícita aos LEGOs e em uma referência implícita ao paradigma de Orientação a Objetos, mas como os LEGOs só podem ser utilizados individualmente ou em combinação com outros LEGOs, formando novas estruturas, eles são individualmente imutáveis, ou seja, não é possível fragmentar ou recolorir uma peça de LEGO. Esta característica os tornam conceitualmente incompatíveis com os OAs, pois estes, por sua vez, consideram a possibilidade de serem adaptados como um ponto crucial para a reutilização (WILEY, 2009). Uma metáfora mais aceita, conforme descrito por Wiley (2003), é a que faz um paralelo dos OAs com os Átomos, uma vez que estes elementos só podem ser combinados se suas estruturas forem compatíveis e também por exigirem algum nível de conhecimento para a realização de tais procedimentos, diferente dos LEGOs, que possibilitam quaisquer pessoas, inclusive crianças, agregá-los indiscriminadamente. Além disso, os Átomos também podem ser adaptados, dando origem a outros Átomos, por meio da modificação de suas características internas, já que são formados por subelementos.

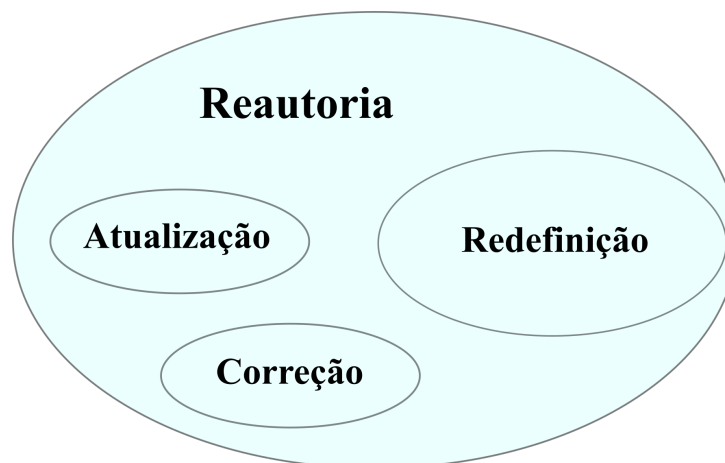
Essa adaptabilidade foi um dos fatores que contribuíram para a difusão dos OAs. Nenhum outro elemento utilizado para o ensino-aprendizagem antes dos OAs possibilitava que os seus usuários executassem modificações e pudessem se beneficiar de imediato de novas versões (WILEY, 2003). Uma das etapas do ciclo de vida desses recursos é justamente o momento de realização de alterações antes do reuso. Lehmann et al. (2008) e Rensing et al. (2005) chamam esta fase de *Reautoria* (*Re-Authoring*), já Collis e Strijker (2004 apud CECHINEL, 2014) a definem como uma das subetapas da fase de *Uso* (*Using*), momento em que o recurso é obtido e utilizado sem alterações ou então é adaptado para as necessidades específicas do novo público-alvo. Rensing et al. (2005) e Van Assche e Vuorikari (2006 apud SAMPSON; ZERVAS, 2011) detalham de forma semelhante, apenas com diferença de nomenclatura, que nessa etapa do ciclo de vida do OA, as adaptações podem ser de três tipos distintos:

³ <<https://www.lego.com/>>

- *Modularização* (RENSING et al., 2005) / *Desagregação* (VAN ASSCHE; VUORIKARI, 2006 apud SAMPSON; ZERVAS, 2011): divide o recurso em partes menores;
- *Agregação* (RENSING et al., 2005)(VAN ASSCHE; VUORIKARI, 2006 apud SAMPSON; ZERVAS, 2011): combina o recurso com outros a fim de se criar um novo OA;
- *Adaptação* (RENSING et al., 2005) / *Modificação* (VAN ASSCHE; VUORIKARI, 2006 apud SAMPSON; ZERVAS, 2011): modifica o recurso para as necessidades do novo contexto de uso.

Rensing et al. (2005) ressaltam que as alterações efetuadas na etapa de *Reautoria* do OA podem não buscar apenas redefinir o recurso para um outro ambiente de utilização, mas também podem objetivar a atualização ou a correção de problemas. Eles ilustram este ponto pela Figura 1.

Figura 1 – Modificações Realizadas na Fase de *Reautoria* de um OA.



Fonte: Adaptado de Rensing et al. (2005).

O ideal é que essas adaptações possam ser efetuadas de maneira simplificada por parte dos usuários. Para tanto, os próprios OAs devem permitir que sejam alterados, desde questões relativas à forma com que são licenciados até aspectos relacionados a sua própria estrutura (SINCLAIR et al., 2013). Inclusive, muitos autores definem a *Modificabilidade* como uma das propriedades dos Objetos de Aprendizagem, a que indica o quão facilmente ele pode ser alterado para outros contextos (MCNAUGHT, 2007; SANZ-RODRIGUEZ; DODERO; SÁNCHEZ-ALONSO, 2011; TAROUÇO; SILVA; GRANDO, 2011). Quanto maior for a *Modificabilidade* do recurso, maior a chance dele ser reutilizado. Mesmo os OAs genéricos devem ter um nível adequado de *Modificabilidade* (MCNAUGHT, 2007), pois os docentes tendem a desistir de usar esses recursos caso não encontrem OAs completamente adequados as suas necessidades ou não possam realizar modificações nos encontrados (SINCLAIR et al., 2013).

No caso do movimento REA, a *Modificabilidade* é tida como uma característica fundamental. Como raramente os usuários encontram estes recursos em uma forma que se adéquam perfeitamente as suas necessidades (BUTCHER, 2015), a possibilidade de adaptá-los é um grande diferencial em comparação com demais recursos educacionais. Este também é um dos fatores que contribuíram para a rápida difusão dos REAs (BUTCHER, 2015; CLEMENTS; PAWLOWSKI, 2012). Contudo, ainda há muitos recursos educacionais distribuídos em formatos complexos de serem alterados, tais como imagens, documentos em PDF e textos como parte de elementos gráficos (MCGREAL, 2013; SINCLAIR et al., 2013). Wiley (2007), inclusive, incluiu a possibilidade do recurso ser adaptado como uma das quatro ações que um recurso educacional deve obrigatoriamente permitir que os seus utilizadores executem para que seja considerado um REA. Estas operações ficaram amplamente conhecidas como os "4R's" de Wiley:

1. *Reusar*: ser reutilizado da forma em que é encontrado;
2. ***Revisar***: ser adaptado para um novo contexto de uso;
3. *Remixar*: ser combinado com outros recursos de modo a gerar um novo que atenda às necessidades de uso;
4. *Redistribuir*: permitir que versões modificadas do recurso sejam livremente compartilhadas.

Para o completo atendimento aos "4R's" de Wiley, é importante ressaltar que os REAs devem ser licenciados com base em licenças não restritivas. Por isso, a licença *Creative Commons*⁴ (CREATIVE COMMONS ORG, 2017a) é a mais recomendada para o estabelecimento dos direitos autorais nesses casos (HILTON et al., 2010; WILEY, 2009; WILEY; BLISS; MCEWEN, 2014). Ela possui quatro tipos de licença que podem ser combinadas entre si: *Attribution* - autoriza a execução de quaisquer operações, contanto que se dê os devidos créditos ao criador do recurso; *NonCommercial* - libera completamente o recurso para uso e modificações, mas com a condição de que o mesmo não seja utilizado para fins comerciais; *ShareAlike* - também disponibiliza livremente o recurso, mas com a condição de que todas as novas versões deles sejam compartilhadas sob o mesmo licenciamento do recurso original; e *NoDerivatives* - restringe a criação de versões derivadas dos recursos (CREATIVE COMMONS ORG, 2017b). Delas, a única que não deve ser utilizada para o licenciamento de REAs é a *NoDerivatives*, pois restringe a criação de novas versões (BUTCHER, 2015; HILTON et al., 2010; WILEY; BLISS; MCEWEN, 2014).

Entretanto, apesar de todos os pontos acima apresentados sobre a adaptação de recursos educacionais a novos contextos de uso, quase sempre este não é um procedimento

⁴ <<https://creativecommons.org/>>

simples de se executar, porque na maioria dos casos demandam conhecimentos técnicos por parte dos usuários (LAWLESS; PELLEGRINO, 2007). Isto ocorre devido ao fato deles serem comumente produzidos como blocos monolíticos, o que impossibilita o acesso a elementos específicos que compõem o recurso (SOUZA; CASTRO-FILHO; ANDRADE, 2010; SOUZA; CASTRO-FILHO; ANDRADE, 2011). Nestes casos, quaisquer modificações devem ser executadas em nível de código-fonte (SOUZA, 2012). Cechinel (2014) destaca até que a adaptação de Objetos de Aprendizagem depende do nível de acesso dos usuários ao código-fonte do recurso.

Portanto, mesmo os OAs sendo considerados modificáveis, não há garantias de que os professores são capazes de adaptar e reutilizar os recursos, já que, além dos desafios pedagógicos intrínsecos a este processo, eles enfrentam limitações tecnológicas (HILTON et al., 2010; TAROUÇO; SILVA; GRANDO, 2011; WILEY; BLISS; MCEWEN, 2014). Sang et al. (2010) detectaram que, quando os docentes enfrentam barreiras para adotar TICs como ferramenta para o ensino-aprendizagem, eles acabam por evitar a utilização de tais tecnologias. Essa limitação pode ser uma das causas da baixa taxa de reutilização de OAs compartilhados em ROAs, algo em torno de 20%, observada por Ochoa e Duval (2008a), e também do fato da maioria dos usuários não *Revisar* ("4R's") REAs, algo percebido por Wiley, Bliss e McEwen (2014). Mas para se ter uma conclusão sobre isso, estudos mais detalhados são necessários.

Clements e Pawlowski (2012), visando elevar a taxa de reuso desses recursos, chegaram, inclusive, a indicar que os professores devem receber treinamento relativos ao uso de tecnologias para que possam melhor lidar com elas. Porém, para Tarouco, Silva e Grando (2011) e para Tarouco et al. (2006), as modificações de Objetos de Aprendizagem devem ocorrer de uma forma facilitada, mesmo para os usuários que não possuem fluência digital. Tarouco et al. (2006) afirmam que o mais adequado para os docentes são que eles usem ferramentas que possibilitem a manipulação de estruturas e procedimentos já devidamente programados, fazendo com que eles se preocupem apenas com aspectos pedagógicos ao manusear o conteúdo do recurso.

Neste contexto, Souza, Castro Filho e Andrade propuseram a estratégia de *Customização Guiada* (CG), que visa permitir a alteração e/ou reconfiguração simplificada da interface de recursos educacionais digitais, possibilitando a adaptação deles a novos contextos de uso, sem demandar conhecimentos técnicos por parte dos usuários (SOUZA, 2012; SOUZA; ANDRADE; CASTRO FILHO, 2011; SOUZA; CASTRO FILHO; ANDRADE, 2012a). Ela simplifica o modo dos docentes realizarem readequações nos recursos, que podem ocorrer em nível de interface, durante o próprio uso, não sendo necessário executá-las em nível de código-fonte (SOUZA; CASTRO-FILHO; ANDRADE, 2010; SOUZA; CASTRO-FILHO; ANDRADE, 2011). Souza (2012) conceitua CG como:

"Uma estratégia de adaptação que tem por objetivo possibilitar que os próprios clientes façam reconfigurações ou ajustes diretamente na interface de um recurso educacional digital no intuito de adequá-lo a um novo contexto ou a novas necessidades."

(SOUZA, 2012, p. 70)

Souza, Castro-Filho e Andrade aplicaram Customização Guiada a OAs do tipo animação/simulação, dando origem aos *Objetos de Aprendizagem Customizáveis* (OACs), recursos cuja principal diferença para OAs tradicionais do tipo animação/simulação é o fato de propiciar a readequação fácil e rápida de suas interfaces, conforme as necessidades de adaptação dos usuários (SOUZA, 2012; SOUZA; ANDRADE; CASTRO FILHO, 2011). Esse tipo de modificação em nível de interface é chamado por Freund (2009 apud SOUZA; CASTRO-FILHO; ANDRADE, 2011) de *Customização*, enquanto que as alterações em baixo nível são denominadas *Personalização*. O primeiro termo do nome *Customização Guiada* é justamente em referência à definição de *Customização* apresentada por Freund, pois a estratégia de CG foi inspirada no conceito apresentado por ele (SOUZA; CASTRO FILHO; ANDRADE, 2012b). Já o termo *Guiada* está relacionado ao fato das modificações serem controladas de acordo com o nível de interesse e de conhecimento dos customizadores. Isto visa garantir, mesmo com alterações, a manutenção das relações pedagógicas incorporadas ao recurso no momento da sua concepção (SOUZA, 2012; SOUZA; ANDRADE; CASTRO FILHO, 2011; SOUZA; CASTRO-FILHO; ANDRADE, 2011), uma vez que usuários com total liberdade de alteração podem acabar gerando versões do recurso de baixa qualidade (WILEY; BLISS; MCEWEN, 2014).

Os OAs do tipo animação/simulação foram escolhidos porque a literatura os trata como recursos que viabilizam a reprodução em sala de aula de ambientes do mundo real (SOUZA, 2012). Os OACs são formados por um conjunto de telas, denominadas *Cenas*, que, por sua vez, são constituídas de elementos que possuem *Potencial Pedagógico*, ou seja, que podem representar um conceito individualmente ou em combinação com outros (SOUZA, 2012; SOUZA; ANDRADE; CASTRO FILHO, 2011). Estes elementos são chamados de *Componentes* e podem ser do tipo *Texto*; *Botão*; *Imagem*; *Áudio* ou *Vídeo*. A customização da interface do recurso ocorre por meio da alteração do estado desses elementos. O usuário pode, por exemplo: esconder/mostrar uma imagem; desabilitar/habilitar um botão; traduzir um texto; fragmentar um áudio/vídeo; dentre outras ações (SOUZA; CASTRO-FILHO; ANDRADE, 2011; SOUZA; CASTRO FILHO; ANDRADE, 2012a).

Os OACs eliminam algumas barreiras de caráter cultural que, de acordo com Clements e Pawlowski (2012), limitam o reuso de recursos educacionais, como é o fato de muitos OAs serem intrinsecamente ligados a determinados aspectos culturais. Quanto mais os recursos forem relacionados a contextos específicos de uso, menos reutilizados

tendem a ser (SANZ-RODRIGUEZ; DODERO; SÁNCHEZ-ALONSO, 2011). Em um OAC, os docentes podem facilmente alterar imagens e traduzir textos, criando recursos mais compatíveis com o nível de conhecimento dos alunos e com a cultura em que estiverem inseridos (SOUZA, 2012; SOUZA; ANDRADE; CASTRO FILHO, 2011; SOUZA; CASTRO-FILHO; ANDRADE, 2010). Além disso, a autonomia e a agilidade para customização propiciada pela CG resulta em economia financeira e temporal. Isto contribui para que os professores inovem e criem ambientes mais motivadores e agradáveis para os estudantes, potencializando a eficácia do processo de tramissão de conhecimento (SOUZA; CASTRO-FILHO; ANDRADE, 2010; SOUZA; CASTRO-FILHO; ANDRADE, 2011).

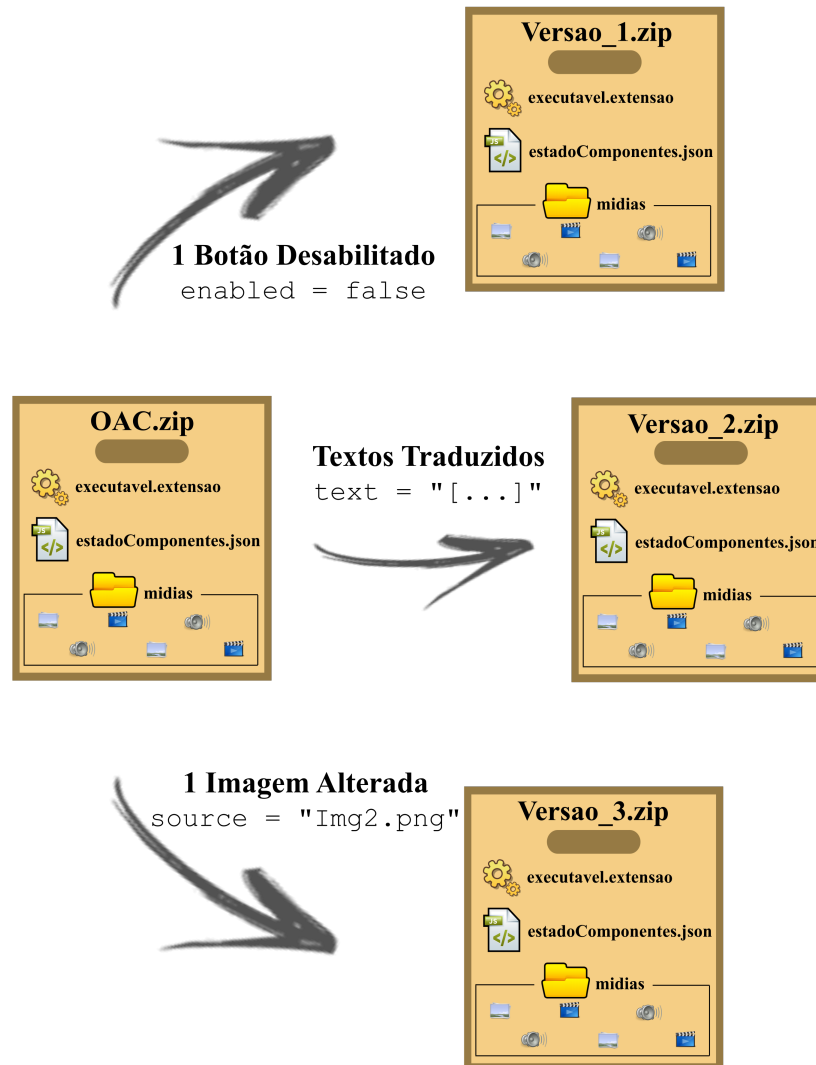
1.3 Problema e Motivação para a Dissertação

Assim como os OAs tradicionais, os Objetos de Aprendizagem Customizáveis precisam ser armazenados em um repositório para serem compartilhados e, consequentemente, reutilizados (SILVA; SOUZA; SOUZA, 2017). Porém, como os *ROAs com Armazenamento Tradicional* funcionam basicamente como *containers* para o armazenamento e obtenção de Objetos de Aprendizagem, onde os recursos são armazenados em formatos de pacotes que encapsulam todos os arquivos que os compõem, tal como executáveis, mídias (imagens, áudios e vídeos) e demais informações (OCHOA; CARRILLO; CECHINEL, 2014; SANTOS et al., 2014; TAROUÇO; SILVA; GRANDO, 2011), armazenar OACs e suas *Versões Customizadas* (VCs) nestes repositórios não é uma estratégia eficiente, pois muitas informações ficariam replicadas ao longo da base. Uma vez que a mais simples alteração na interface de um OAC resulta em uma nova versão do recurso, reempacotar todos os elementos que o constituem para persistir como uma nova versão faz com que todos os arquivos e informações inalteradas fiquem replicadas no repositório (SILVA; SOUZA; SOUZA, 2017), como exemplificado na Figura 2.

Com isso posto, surgiu a necessidade de se desenvolver um ROA que considere, dos Objetos de Aprendizagem Customizáveis, os seus aspectos estruturais (são formados pelos arquivos executáveis, as descrições dos estados dos componentes e os arquivos de mídia referenciados por estes elementos) e funcionais (a customização ocorre por meio da alteração, em nível de interface, das características dos componentes; um mesmo recurso pode possuir múltiplas VCs; a mais simples customização executada em um componente já origina uma nova Versão Customizada; e modificações em nível de código-fonte dos executáveis resultam na criação de um novo OAC, já que alterações neste nível não representam customizações). Um repositório que possibilite, de forma otimizada, armazenar, compartilhar e gerenciar OACs e suas VCs, realizando o devido controle entre as diversas versões e persistindo apenas as diferenças entre elas, evitando assim a replicação de dados. Souza, inclusive, elenca, como trabalho futuro em sua tese, a necessidade de implementação de uma ferramenta que execute o robusto Controle de Versão desses recursos (SOUZA, 2012, p. 209). Esta

necessidade motivou a realização desta pesquisa.

Figura 2 – Replicações Resultantes do Armazenamento de OACs em *ROAs com Armazenamento Tradicional*.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

Neste trabalho é apresentado o *Customizable Learning Object VErSioning Repository* (CLOVeR), *Repositório para Versionamento de Objeto de Aprendizagem Customizável* em português. O CLOVeR é um repositório desenvolvido para os OACs e as suas Versões Customizadas, mas que suporta demais hipermídias baseadas na estratégia de Customização Guiada e que possuem estrutura idêntica a dos Objetos de Aprendizagem Customizáveis. Além disso, pelo fato de ser de código-aberto, a forma como os recursos são tratados e armazenados também pode ser adaptada, possibilitando a realização de modificações para o armazenamento de hipermídias baseadas em CG com quaisquer padrões estruturais.

O CLOVeR possui uma estratégia de versionamento que organiza e gerencia as diversas versões que armazena com base em um modelo de dados específico. De acordo com

o estudo de Silva e Souza (2016), esta é uma das estratégias costumeiramente adotadas para a realização do controle de versão de Objetos de Aprendizagem em ROAs. Versionamento este que é tido por muitos autores como característica obrigatória para este tipo de repositório (BUTCHER, 2015; MCGREAL, 2008; SCHMITT et al., 2013; TAROUCO et al., 2014), pois é um aspecto que contribui para o reúso, estimulando o compartilhamento de versões modificadas dos recursos (MCGREAL, 2008; SAMPSON; ZERVAS, 2011; TATE; HOSHEK, 2009).

A estratégia de versionamento do CLOVeR realiza a persistência e gerencia múltiplas versões de um mesmo recurso, permitindo que elas sejam acessadas e manipuladas por diversos usuários de modo independente. Esta é uma característica exigida para sistemas de controle de versão de OAs (CERVONE, 2012; TATE; HOSHEK, 2009; THEILMANN; ALTENHOFEN, 2003). A estratégia de versionamento organiza os OACs e as suas VCs mantendo o relacionamento entre eles e o histórico de modificações, de uma forma que evita que uma versão impacte outras já persistidas ou que serão persistidas, um crítico risco para o controle de versão de Objetos de Aprendizagem (TATE; HOSHEK, 2009; THEILMANN; ALTENHOFEN, 2003). Outra característica do repositório é o fato dele armazenar, como recomendado por Brooks, Cooke e Vassileva (2003), a *Sintática* e a *Semântica* das alterações que originam as Versões Customizadas. A *Sintática* indica as diferenças entre as versões em um formato que seja adequado para o sistema processar a recuperação da versão, chamada comumente de *Delta*, enquanto que a *Semântica* são estas diferenças em um formato que proporciona a interpretação por humanos, tal como um *Log* (BROOKS; COOKE; VASSILEVA, 2003).

Ademais, o CLOVeR garante, quando comparado com *ROAs com Armazenamento Tradicional*, a otimização do uso de espaço em disco para o armazenamento de OACs e VCs no servidor em que é hospedado, uma vez que evita a replicação de arquivos e dados não alterados entre as diferentes versões de um mesmo OAC (SILVA; SOUZA; SOUZA, 2017). Este é um atributo bastante importante do repositório proposto, pois o custo de infraestrutura para a hospedagem deste tipo de ambiente pode ser bastante elevado, de modo que qualquer estratégia que resulte em economia é algo positivo (MCGREAL; MIAO; MISHRA, 2016).

Repositórios com objetivos próximos ao do CLOVeR já foram anteriormente propostos. Junqueira e Lóscio (2015) criaram o RECOBA, um repositório para publicação e compartilhamento de OAs abertamente e em um formato fragmentado, que visa, por meio da definição de referências, evitar a replicação no repositório de partes que são comuns a diferentes recursos. Nele são armazenados OAs do formato *Open Document Text*⁵ (ODT) (OPENDOC SOCIETY, 2017) divididos nas suas subpartes, tais como capítulos, seções, parágrafos, imagens, tabelas, dentre outros, para que sejam disponibilizadas para

⁵ <<http://www.opendocumentformat.org/aboutODF/>>

a consulta e reutilização durante a elaboração de novos recursos. Porém, no RECOBA, OAs criados a partir do reuso desses elementos, que, por sua vez, são referenciados para cada recurso, e não replicados, representam novos Objetos de Aprendizagem e não versões modificadas de recursos já existentes, não demandando a realização de versionamento.

Outro exemplo é o repositório proposto por Nogueira, Chaimowicz e Prates (2013), o PINGO. Ele é uma base destinada ao armazenamento de jogos educativos customizáveis. É acessível por meio de uma plataforma *web* na qual os docentes podem pesquisar jogos e, assim como ocorre com os OACs, customizar as suas respectivas interfaces por um formulário, não exigindo conhecimento técnico por parte do usuário. Contudo, no caso do PINGO, cada versão customizada só é utilizada através da própria plataforma *web* e apenas fica disponível para um grupo específico de alunos, que são organizados em salas de aula virtuais, sendo desconsiderada após o encerramento da sala de aula. Desta forma, dado que as diferentes versões customizadas dos jogos educativos não são disponibilizadas publicamente no repositório e também possuem tempo de vida limitado, o controle perene das mesmas é dispensado pelo PINGO.

Além desses repositórios, pode-se citar também o Inter-Red, base para a publicação de conteúdos didáticos digitais, objetos que contêm informações pertinentes e úteis à educação presencial e/ou a distância e são formados por elementos digitais, produzidos por instituições da rede de Ensino Profissional e Tecnológico (EPT) (SERRA; JOYE; SOARES, 2008). Conforme detalhado por Serra, Joye e Soares (2008), o Inter-Red é uma das ferramentas que compõem o EPT Virtual, projeto que buscou desenvolver e implantar um portal para a disponibilização e consulta de informações acerca de tecnologias educacionais relacionadas ao EPT. Dentre os requisitos desse repositório, estava a necessidade de persistir as novas versões dos conteúdos armazenados, de um modo a manter o histórico de evolução do material. Para tanto, foi proposta para ele, visando otimizar o espaço demandado pelo armazenamento, uma estratégia de versionamento baseada na utilização do Sistema de Controle de Versão *Apache Subversion*⁶ (THE APACHE SOFTWARE FOUNDATION, 2017). Ao analisar o impacto de tal estratégia, Furtado Júnior et al. (2011a) concluíram que, de fato, o uso direto do *Subversion* resultou em uma otimização do armazenamento, devido a não replicação de aspectos comuns às diferentes versões dos recursos, porém ela também acarretou em um elevado tempo para o processamento de requisições de inclusão e de obtenção de recursos, quando comparada ao armazenamento baseado no uso de um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) relacional, que persiste replicações. Com isso, optou-se para o Inter-Red a utilização de um método híbrido, com o uso *Subversion* para os conteúdos mais antigos, que tendem a ser menos solicitados, e com o uso de um SGBD relacional para os recursos mais recentes e mais comumente solicitados (FURTADO JÚNIOR et al., 2011b). No caso do CLOVeR, a estratégia adotada baseia-se

⁶ <<https://subversion.apache.org/>>

em uma base de dados não-relacional, mas de uma forma que evita a replicação de dados comuns entre as versões.

1.4 Objetivos Geral e Específicos

O objetivo geral deste estudo foi desenvolver um repositório que possibilite, de forma otimizada, realizar o armazenamento, o compartilhamento e o gerenciamento de Objetos de Aprendizagem Customizáveis e suas respectivas Versões Customizadas.

Para atingir o objetivo geral do trabalho, os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos:

- Conhecer em detalhes as características estruturais e funcionais dos OAs e dos OACs;
- Pesquisar os aspectos técnicos, as operações e as características estruturais dos ROAs já existentes;
- Investigar, por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura, quais são as estratégias adotadas para a realização do versionamento de Objetos de Aprendizagem em ROAs;
- Projetar/Modelar um repositório que considere as características estruturais e funcionais intrínsecas aos OACs e as suas Versões Customizadas e que realize o controle de versão destes recursos, de acordo com as recomendações para o versionamento de Objetos de Aprendizagem;
- Implementar o repositório projetado/modelado, juntamente com uma Plataforma *Web* que ofereça as funcionalidades que devem ser ofertadas por Repositórios de Objetos de Aprendizagem;
- Avaliar o comportamento do repositório desenvolvido, verificando o seu tempo de resposta e comparando-o com *ROAs com Armazenamento Tradicional* em relação ao armazenamento de recursos;
- Levantar e elencar manutenções evolutivas que possam aperfeiçoar o repositório criado e melhorar os resultados obtidos ao longo da avaliação.

1.5 Produção Científica

Durante esta pesquisa de mestrado, os seguintes trabalhos científicos foram aceitos e publicados:

- SILVA, José Wallison Félix da; SOUZA, Cidcley Teixeira de. Versionamento de Recursos em Repositórios de Objetos de Aprendizagem: uma revisão sistemática. **Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p.1-11, dez. 2016.

Semestral. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/70695>>. Acesso em: 21 jan. 2017.

- SILVA, José Wallison Félix da; SOUZA, Cidcley Teixeira de; SOUZA, Maria de Fátima Costa de. CLOVeR: An Optimized Repository for Customizable Learning Objects. *In: IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, 17., 2017, Timisoara. **Proceedings...** [S.l.]: IEEE, 2017. p 76-78.
- SILVA, José Wallison Félix da; SOUZA, Cidcley Teixeira de; SOUZA, Maria de Fátima Costa de. Proposta de Repositório para o Versionamento de Objetos de Aprendizagem Customizáveis. *In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 28., 2017, Recife. **Anais...** Porto Alegre: SBC, 2017. p 324-333.
- SILVA, José Wallison Félix da; SOUZA, Cidcley Teixeira de. Repositórios de Objetos de Aprendizagem: características; classificações; limitações e tendências. *In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 28., 2017, Recife. **Anais...** Porto Alegre: SBC, 2017. p 61-70.

1.6 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação segue com o capítulo 2, que descreve em detalhes a estratégia de Customização Guiada e os OACs e apresenta como e em quais condições eles podem ser customizados.

No capítulo 3 são especificadas as características dos Repositórios de Objetos de Aprendizagem existentes. Nele são descritas as funcionalidades obrigatórias e recomendadas para este tipo de base. Além disso, são apresentadas a forma com que são classificadas, algumas estatísticas e problemas/desafios relativos a elas, e também tendências para o futuro das mesmas.

Os capítulos 4 e 5 são destinados exclusivamente à descrição do repositório proposto. Primeiramente, no 4, são detalhados o modo com que os dados são organizados no repositório para garantir a otimização do armazenamento e a forma como ocorre o versionamento dos recursos. Já no 5, são descritas questões gerais relacionadas ao funcionamento e à estrutura do CLOVeR e da Plataforma *Web* pela qual é acessado. A isto segue a apresentação de como o conteúdo do repositório pode ser manipulado (inserido, pesquisado e obtido) por meio da plataforma.

Por fim, no capítulo 6, são explicitados o método utilizado para a avaliação do repositório e os resultados que foram obtidos ao longo do processo, juntamente com uma análise dos mesmos. A dissertação é encerrada com o capítulo 7, no qual são descritas as conclusões da pesquisa executada e listados uma série de trabalhos futuros que visam melhorar ainda mais a eficiência do armazenamento do CLOVeR e a experiência dos usuários que o utilizam por meio da Plataforma *Web*.

2 Customização Guiada e Objetos de Aprendizagem Customizáveis

"Existem muitas hipóteses em ciência que estão erradas. Isso é perfeitamente aceitável; elas são a abertura para achar as que estão certas."
(Carl Sagan)

Como apresentado na introdução, muitos benefícios que contribuam para as estratégias de ensino-aprendizagem são esperados a partir do reúso de OAs, principalmente economia, temporal e financeira, dado que recursos educacionais já existentes não necessitam ser recriados (LEHMAN, 2007; MCGREAL; MIAO; MISHRA, 2016). Até porque, conforme destacado por Gonzalez-Barbonea e Anido-Rifonb (2008 apud TAROUCO; SILVA; GRANDO, 2011), às vezes o tempo e o custo para se produzir um novo recurso acaba por ultrapassar em muito as previsões iniciais. Mas como é fundamental, para a efetiva reutilização, que os recursos se adéquem a contextos de uso distintos dos quais eles foram inicialmente propostos, surgiu a necessidade de adequação dos OAs a fim de prepará-los para outros ambientes (SINCLAIR et al., 2013; SOUZA; CASTRO-FILHO; ANDRADE, 2011).

Apesar das vantagens obtidas pela reusabilidade já serem consolidadas e amplamente difundidas, o reúso de Objetos de Aprendizagem ainda não é uma prática disseminada, devido a uma série de dificuldades enfrentadas pelos usuários, principalmente os docentes (TAROUCO; SILVA; GRANDO, 2011). Dentre elas, está o fato desse tipo de recurso educacional ser costumeiramente produzido como blocos monolíticos em que quaisquer alterações devem ser executadas em nível de código-fonte, um procedimento que exige conhecimento técnico de programação por parte do usuário (SOUZA, 2012; SOUZA; CASTRO-FILHO; ANDRADE, 2010; SOUZA; CASTRO-FILHO; ANDRADE, 2011). Mesmo que o recurso seja licenciado de forma aberta, o que ocorre com os REAs, os professores não necessariamente podem modificá-los, pois isto depende do seu nível de conhecimento técnico e de como o recurso é estruturado (HILTON et al., 2010). É tanto que, segundo Souza, Castro Filho e Andrade (2012a), apenas uma parcela dos usuários, os que possuem expertise para manipular código-fonte, conseguem usufruir da liberdade de adaptação oferecida pelos REAs.

Essas limitações fizeram, inclusive, que Wiley (2007-2010) desenvolvesse um *framework* para análise das restrições referentes ao processo de modificação de um recurso educacional, o *ALMS Analysis*, cuja nomenclatura remete às questões que o autor julga importante que sejam respondidas ao analisar a forma com que os recursos podem ser

adaptados a novos contextos e, por conseguinte, reutilizados:

- (i) *Access to editing tools?* (Acesso a ferramentas de edição?): questiona quais as ferramentas que possibilitam a edição do recurso e se o usuário possui acesso às mesmas;
- (ii) *Level of expertise required to revise or remix?* (Nível de conhecimento necessário para revisar ou remixar?): questiona o nível de conhecimento exigido por parte do usuário para a modificação dos recursos (necessário para a manipulação de ferramenta de edição, por exemplo);
- (iii) *Meaningfully editable?* (Devidamente editável?): questiona se o recurso é de fato modificável;
- (iv) *Source-file access?* (Acesso ao código-fonte?): questiona se o usuário possui completo acesso ao código-fonte do recurso.

Sang et al. (2010) afirmam que os docentes com poucas habilidades no manejo de TICs desistem rapidamente de utilizar tais tecnologias como ferramental para o ensino-aprendizagem quando se deparam com obstáculos técnicos. Portanto, os OAs devem ser editáveis de uma maneira que os docentes, mesmo com conhecimentos básicos em informática, sejam capazes de alterá-los (RENSING et al., 2005; SINCLAIR et al., 2013; TAROUCO et al., 2006).

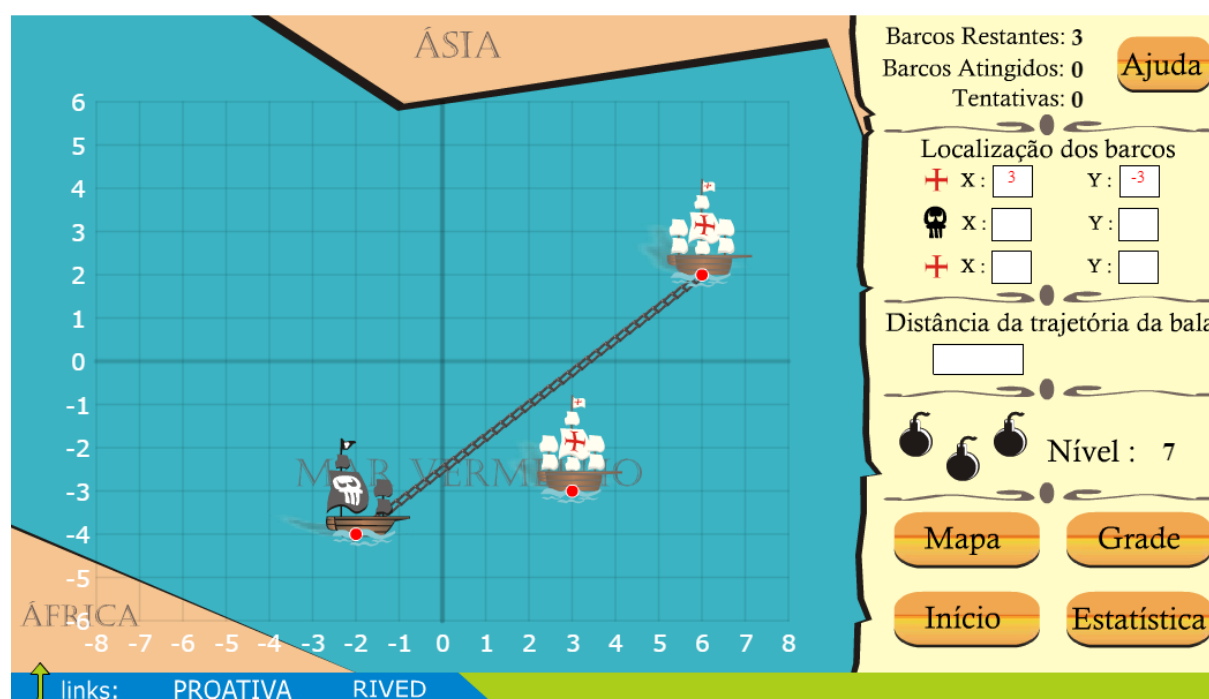
Visando mitigar essas restrições, Souza, Castro Filho e Andrade propuseram uma estratégia que busca gerar recursos educacionais adaptáveis tanto por programadores quanto por docentes com baixo conhecimento técnico (SOUZA; CASTRO-FILHO; ANDRADE, 2011; SOUZA; CASTRO FILHO; ANDRADE, 2012a). Denominada *Customização Guiada*, OAs baseados nesta estratégia permitem que os usuários realizem modificações e/ou reconfigurações em suas interfaces, de forma simples e rápida, bem como também possibilitam que sejam feitas alterações em baixo nível, por meio da disponibilização do código-fonte (SOUZA, 2012; SOUZA; ANDRADE; CASTRO FILHO, 2011; SOUZA; CASTRO FILHO; ANDRADE, 2012a). Ela foi inspirada na definição de *Customização* apresentada por Freund (2008 apud SOUZA; CASTRO FILHO; ANDRADE, 2012b), que define como *Customização* o processo de alterar recursos, em nível de interface, com o objetivo de adaptá-los a novos contextos de uso (SOUZA; CASTRO-FILHO; ANDRADE, 2011; SOUZA; CASTRO FILHO; ANDRADE, 2012b).

2.1 Objetos de Aprendizagem Customizáveis

A estratégia de CG foi inicialmente aplicada aos OAs do tipo animação/simulação, procedimento que originou os Objetos de Aprendizagem Customizáveis. Os OAs do tipo

animação/simulação foram selecionados por propiciarem a reprodução de ambientes reais de um modo que os aprendizes podem interagir, como apresentado na Figura 3, e também por serem recursos que comumente demandam adequações (de aspectos culturais, por exemplo) para serem reutilizados em outros contextos de uso (SOUZA, 2012).

Figura 3 – Exemplo de OA do Tipo Animação/Simulação.



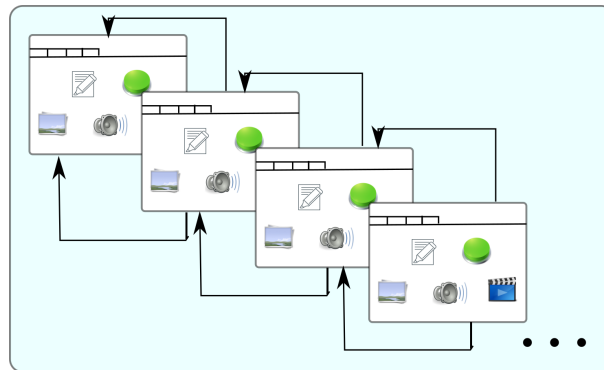
Fonte: Grupo de Pesquisa e Produção de Ambientes Interativos e Objetos de Aprendizagem (ca. 2012).

Souza (2012) conceitua OACs como:

"Objetos de Aprendizagem que possibilitam realizar intervenções guiadas diretamente em suas interfaces." (SOUZA, 2012, p. 83)

Em relação à estrutura, ilustrada na Figura 4, os OACs são formados por um conjunto de telas, denominadas *Cenas*, que são exibidas e entre as quais os usuários navegam durante a interação com o recurso. Cada Cena (representada por uma caixinha branca na Figura 4), por sua vez, é composta por elementos com *Potencial Pedagógico*, que é a capacidade de expressar ou representar, individualmente ou em conjunto com outros elementos, um conceito específico (SOUZA, 2012; SOUZA; ANDRADE; CASTRO FILHO, 2011; SOUZA; CASTRO-FILHO; ANDRADE, 2011).

Figura 4 – Estrutura de um OAC.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

Os elementos com *Potencial Pedagógico* dos OACs são chamados de *Componentes* e, conforme descrito por Souza, Castro-Filho e Andrade (2011), podem ser dos seguintes tipos:

- *Texto*: texto qualquer que pode representar um conceito, uma atividade, uma descrição do funcionamento do recurso, dentre outras coisas;
- *Botão*: elemento para a execução de ações e que normalmente é utilizado como *link* entre as Cenas;
- *Imagem*: elemento que referencia um arquivo de mídia do tipo imagem. É utilizado comumente para ilustrar conceitos e contextualizar ambientes;
- *Áudio*: elemento com referência a um arquivo de mídia do tipo áudio que pode ser executado durante o uso do recurso;
- *Vídeo*: faz referência a um arquivo de mídia do tipo vídeo que, assim como o áudio, pode ser executado ao se utilizar o OAC.

Tal como o paradigma de Orientação a Objetos, cada Componente possui, de acordo com o seu tipo, um grupo específico de atributos, cujo conjunto dos valores determinam o estado do mesmo (SILVA; SOUZA; SOUZA, 2017). Por exemplo, uma imagem pode ficar visível ou escondida, dependendo do valor do atributo *booleano Visible* (Visível?); um botão pode ficar habilitado ou desabilitado, conforme o seu atributo *booleano Enabled* (Habilitado?); e o idioma de um texto dependerá do conteúdo definido no atributo *string Text*. A customização de um OAC se dá por meio da alteração dos valores dos atributos e, conseqüentemente, do estado dos componentes que constituem as Cenas do recurso (SILVA; SOUZA; SOUZA, 2017; SOUZA, 2012). A Tabela 2 apresenta os atributos de cada tipo de elemento com *Potencial Pedagógico*, juntamente com o seu respectivo tipo de dado, e descreve o impacto pedagógico para o recurso da customização do valor desses atributos, conforme descrito por Souza, Castro Filho e Andrade (2012a).

Tabela 2 – Atributos dos Tipos de Componentes dos OACs.

Atributo	Tipo de Dado	Texto	Botão	Imagem	Áudio	Vídeo
enabled (<i>Indica se o componente está habilitado</i>) Quando falso, restringe o acesso a atividades e cenários, mas deixando os usuários cientes da existência do componente e de que o acesso a ele pode ser liberado posteriormente.	<i>boolean</i>		X	X	X	X
visible (<i>Indica se o componente está visível</i>) Quando falso, restringe o acesso, semelhantemente ao atributo <i>enabled</i> , mas não permite que o usuário tenha ciência da existência do componente.	<i>boolean</i>	X	X	X	X	X
position (<i>Posição do componente na cena</i>) Sua alteração visa redefinir o local em que o componente é exibido na tela.	<i>string</i>	X	X	X	X	X
zindex (<i>Prioridade de exibição do componente</i>) A modificação altera a camada em que o componente será exibido (a frente ou atrás de outros componentes).	<i>integer</i>	X	X	X	X	X
text (<i>Conteúdo do componente do tipo texto</i>) É alterado para readequar o recurso por questões culturais, tais como idioma e regionalismos, ou mesmo para a melhoria de <i>feedbacks</i> ou textos informativos	<i>string</i>	X				
label (<i>Legenda textual do componente do tipo botão</i>) É customizado pelos mesmos motivos do atributo <i>text</i> .	<i>string</i>		X			
source (<i>Arquivo de mídia referenciado</i>) Pode ser um caminho relativo ou absoluto. É alterado quando se deseja substituir o arquivo de mídia, por questões culturais, por exemplo.	<i>string</i>			X	X	X
startTime (<i>O início, em segundos, da execução da mídia</i>) É alterado quando se deseja trabalhar apenas com um trecho da mídia.	<i>integer</i>				X	X
stopTime (<i>O fim, em segundos, da execução da mídia</i>) É alterado pelo mesmo motivo do atributo <i>startTime</i> .	<i>integer</i>				X	X

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Figura 5 – Customização do OAC Histórias Fantásticas.



(a) Desabilitando Componentes



(b) Editando Texto

Fonte: Souza (2012).

A Figura 5 melhor esclarece o funcionamento e o processo de customização de OACs. Nela, são apresentadas telas do OAC Histórias Fantásticas com a paleta de opções para a customização habilitada. Este recurso foi objeto de estudo dos autores que propuseram a estratégia de CG (SOUZA, 2012; SOUZA; CASTRO FILHO; ANDRADE, 2012a). Por meio da paleta, o estado dos componentes do recurso podem ser modificados com apenas um clique, para habilitar/desabilitar um botão, por exemplo.

Os estados dos componentes ficam registrados em arquivos no formato de Notação de Objeto *JavaScript* (*JavaScript Object Notation* - JSON) (BRAY, 2014), um formato flexível que pode ser lido e escrito por várias tecnologias e ferramentas atualmente (ECMA INTERNATIONAL, 2013). Estes estados são lidos pelo executável do OAC para a definição de como o recurso deve ser apresentado ao usuário durante a utilização. A listagem a seguir apresenta um trecho de exemplo do conteúdo de um arquivo JSON com os estados dos componentes de um OAC:

```

1 { "scenes": [
2   { "scene": "cena_inicial",
3     "components": [
4       { "name": "TextoApresentacao",
5         "position": "D:5:9:71:105:176:277",
6         "zindex": 0,
7         "enabled": true,
8         "visibled": true,
9         "text": "Olá Garotada..." },
10      { "name": "BotaoAtividade1",
11        "position": "D:90:80:68:58:176:277",

```

```

12     "zindex": 1,
13     "enabled": true,
14     "visibled": true,
15     "label": "Atividade 1" },
16   . . . ] },
17 { "scene": "cena_atividade1",
18   "components": [
19   { "name": "TextoApresentacaoAtividade1",
20     "position": "D:5:9:71:105:176:277",
21     "zindex": 0,
22     "enabled": true,
23     "visibled": true,
24     "text": "Escolha um dos seguintes cenários..." },
25   { "name": "FolhaAtividade1",
26     "position": "D:181:300:139:228:264:222",
27     "zindex": 0,
28     "enabled": true,
29     "visibled": true,
30     "source": "Folha_Atividade1.png" } ]
31   ] },
32   . . . ] }

```

Essa estratégia de permitir aos docentes executarem adaptações em nível de interface é bastante vantajoso. Sobrinho et al. (2013) destacam que os OACs possibilitam que os educadores controlem facilmente o excesso de atividades disponíveis no recurso; configurem, a seu modo, a sequência de atividades; e redefinam os *feedbacks* apresentados no OA. Os OACs possuem a flexibilidade necessária para que os docentes possam adequar recursos educacionais às suas necessidades pontuais (SOBRINHO et al., 2013).

Além da autonomia dada aos reutilizadores, os OACs resultam em economia de tempo por parte dos professores, pois, além de permitir o reúso de recursos já produzidos, o processo de customização deles é rápido. Este tempo pode ser destinado a outras atividades que elevam a qualidade do ensino-aprendizagem (SOUZA, 2012; SOUZA; CASTRO-FILHO; ANDRADE, 2011; SOUZA; CASTRO FILHO; ANDRADE, 2012a). Eles têm potencial para estimular o compartilhamento de recursos educacionais, pois Butcher (2015) destaca que um dos fatores que limitam o compartilhamento de recursos por parte dos criadores de conteúdo é o receio que eles têm dos OAs serem julgados como de baixa qualidade. Mas como os OACs podem ser facilmente modificados, qualquer melhoria considerada necessária é rapidamente realizada, o que eleva a qualidade do recurso em versões futuras. Estes dois pontos demonstram que os OACs potencializam os dois principais argumentos

em favor do reúso de OAs de acordo com Sampson e Zervas (2011), que são a redução de custos e o aprimoramento dos recursos educacionais.

É importante ressaltar também que as barreiras culturais citadas por Clements e Pawlowski (2012) como impedimento para a reutilização de OAs são minimizadas com os OACs, uma vez que customizações de interface, tais como a tradução de textos e a substituição de elementos para que fiquem em concordância com o ambiente em que o aprendiz está inserido e também com o seu nível de conhecimento, são bastante significantes no contexto pedagógico (SOUZA, 2012).

2.2 Grau de Liberdade

Contudo, simplificar o processo de adaptação de Objetos de Aprendizagem não necessariamente garante que as novas versões dos recursos sejam de melhor qualidade (WILEY; BLISS; MCEWEN, 2014). Por isso, a CG utiliza o conceito de *Grau de Liberdade* (GL) para, ainda na fase de concepção do recurso, restringir, de acordo com o nível de conhecimento do usuário, o que pode ser modificado no OAC durante a customização. Esta limitação visa garantir que as relações pedagógicas incorporadas ao recurso sejam mantidas mesmo com a realização de alterações (SOUZA; CASTRO-FILHO; ANDRADE, 2011; SOUZA; CASTRO FILHO; ANDRADE, 2012b).

GL é um conceito baseado no movimento em favor do *software* livre, que atribui níveis de permissão, numa escala que varia de 1 a 4, para os usuários alterarem sistemas. No caso dos OACs, os *Graus de 1 a 3* são destinados aos usuários que podem executar modificações simples na interface do recurso, gerando novas Versões Customizadas do mesmo. Enquanto isso, o *Grau 4* é atribuído aos usuários que também desejam realizar alterações em nível de código-fonte, dando origem a novos recursos, uma vez que modificações em nível de código-fonte representam a *Personalização* de um recurso, como descrito por Freund (2009 apud SOUZA; CASTRO-FILHO; ANDRADE, 2011), e não a sua *Customização* (SOUZA, 2012; SOUZA; ANDRADE; CASTRO FILHO, 2011; SOUZA; CASTRO FILHO; ANDRADE, 2012b). Souza (2012) define Grau de Liberdade como:

"Um conjunto de permissões associadas a um cliente para modificar um recurso educacional digital levando em consideração o seu nível de conhecimento para realizar tal modificação." (SOUZA, 2012, p. 78)

Na Tabela 3 são apresentados os atributos que têm a customização autorizada para cada nível de Grau de Liberdade.

Tabela 3 – Atributos Customizáveis por Nível de Grau de Liberdade.

Grau de Liberdade	Atributo
1	<i>enabled</i> <i>visibled</i> <i>position</i> <i>zindex</i>
2	Customizáveis pelo Grau de Liberdade 1 + <i>startTime</i> <i>stopTime</i>
3	Customizáveis pelo Grau de Liberdade 2 + <i>text</i> <i>label</i> <i>source</i>
4	Customizáveis pelo Grau de Liberdade 3 + Acesso ao Código-fonte do recurso

Fonte: Adaptado de Souza (2012).

2.3 Customizable LeARning Objects Model-Driven

Além de tratar dos aspectos relacionados à adequação de recursos educacionais, a estratégia de Customização Guiada proposta também estabelece um processo de desenvolvimento para que a produção de OACs ocorra de forma simplificada (SOUZA, 2012; SOUZA; CASTRO FILHO; ANDRADE, 2012b).

Figura 6 – Customização Guiada no Contexto de um Recurso Educacional Digital.



Fonte: Souza (2012).

O *Customizable LeARning Objects Model-Driven* (CLAssRoOM), *Objetos de Aprendizagem Customizáveis Orientados a Modelos* em português, é um processo de desenvolvi-

mento de OAC baseado na abordagem de Engenharia de Software Orientada a Modelos (*Model-Driven Software Engineering* - MDSE) e que garante a multidisciplinaridade e uma comunicação padronizada entre os membros da equipe envolvida na criação do OAC. A abordagem MDSE permite que o foco do desenvolvimento de *software* seja o domínio da aplicação, ao invés da tecnologia utilizada, pois lida com artefatos que são mais genéricos e abstratos do que códigos-fonte (SOUZA, 2012; SOUZA; CASTRO FILHO; ANDRADE, 2012b). Silva, Barbosa e Maldonado (2011) recomendam o uso da MDSE para a produção de Objetos de Aprendizagem, dado que a equipe envolvida na concepção do OA é multidisciplinar, com diferentes perfis e responsabilidades.

O CLAssRoOM divide-se em três etapas: Descrição de Requisitos; Desenvolvimento de Componentes Gráficos ou simplesmente Modelagem; e Implementação de Ações. Primeiramente, um especialista da área discrimina o escopo do recurso e a equipe pedagógica descreve os requisitos. Com estas definições, os membros da equipe especificam a estrutura do OAC por meio de uma Linguagem Específica de Domínio (*Domain Specific Language* - DSL), que, através de transformações, geram o Roteiro de Atividades a ser utilizado pela equipe de *design* e os *templates* de implementação a serem usados pela equipe de programação para a realização de ajustes nos códigos gerados (SOUZA, 2012; SOUZA; CASTRO FILHO; ANDRADE, 2012b).

2.3.1 Customizable Learning Object Studio

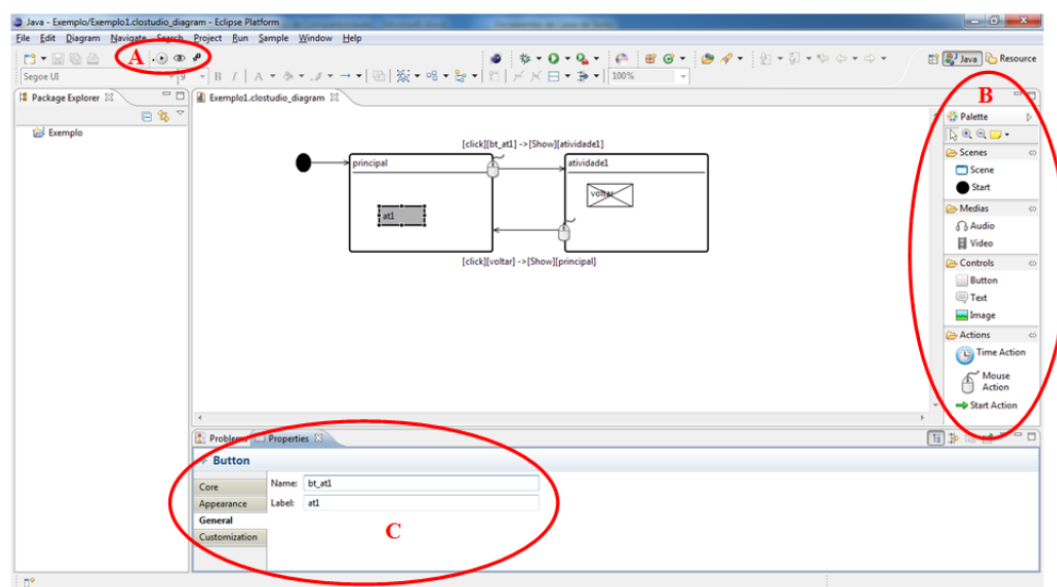
Também foi elaborada uma ferramenta para autoria de OAC, que funciona como uma DSL visual e que fornece as ações e notações necessárias para a produção. O *CLO Studio*¹, nome em referência ao termo *Customizable Learning Object* (CLO), OAC em inglês, é disponibilizada como um *plugin* para o Ambiente de Desenvolvimento Integrado (*Integrated Development Environment* - IDE) *Eclipse*² (ECLIPSE FOUNDATION, 2017), que é uma IDE de código aberto e familiar para muitos desenvolvedores de *software* (SOUZA, 2012; SOUZA; CASTRO FILHO; ANDRADE, 2012b).

Ele possui quatro categorias gerais de elementos que podem ser utilizados para a elaboração do OAC: *Controls* (Controles); *Scenes* (Cenas); *Medias* (Mídias); e *Actions* (Ações). É pelo CLO Studio que os desenvolvedores especificam as Cenas que comporão o OAC, juntamente com os seus componentes e as ações que eles executarão. Além disso, estabelecem os metadados de descrição do recursos e as ações de customização que serão permitidas para cada componente (SOUZA; CASTRO FILHO; ANDRADE, 2012b). A Figura 7 apresenta um exemplo de uso do CLO Studio, destacando os seus elementos.

¹ <<https://sites.google.com/site/customizacaoguiada/o-que-e-o-clo-studio>>

² <<https://eclipse.org/>>

Figura 7 – Exemplo de Uso do CLO Studio: (a) Barra de Ferramentas; (b) Paleta de Componentes; (c) Abas de Propriedades.



Fonte: Souza (2012).

Uma nova versão do CLO Studio está em fase de implementação no momento. Ela possibilitará que todos da equipe multidisciplinar responsável pela elaboração dos recursos manipulem simultaneamente o OAC em desenvolvimento, ao invés de cada membro da equipe manusear uma versão local do recurso. Isso será possível por meio de uma estratégia de funcionamento em nuvem.

Neste capítulo foi descrito em detalhes a estratégia de Customização Guiada e os Objetos de Aprendizagem Customizáveis, informações obtidas por meio da análise de produções acadêmicas referentes a tais conceitos, em atendimento a um dos objetivos específicos da pesquisa, o que determinou ser necessário conhecer os aspectos estruturais e funcionais dos OACs. Os levantamentos obtidos por meio do estudo realizado sobre CG e OACs foram fundamentais para se projetar o CLOVeR, pois indicavam a forma como os OACs são formados e como é executado o processo de Customização, sendo este limitado com base no Grau de Liberdade do usuário. Além disso, foram destacados alguns dos benefícios resultantes da adoção dos OACs e o processo de desenvolvimento definido para eles com o objetivo de tornar simples a criação dos mesmos por equipes multidisciplinares, o CLAssRoOM. No próximo capítulo são apresentados aspectos técnicos, funcionais e estruturais dos Repositórios de Objetos de Aprendizagem em geral, informações também fundamentais para a modelagem do repositório proposto na pesquisa.

3 Repositórios de Objetos de Aprendizagem

"Se eu vi mais longe, foi por está de pé sobre ombros de gigantes."
(Isaac Newton)

Assim como os Objetos de Aprendizagem, muitas definições foram apresentadas para os repositórios utilizados para o armazenamento e compartilhamento destes recursos. Embora sejam semelhantes entre si, não existe um conceito estabelecido como definitivo. Na Tabela 4 são listadas algumas dessas definições.

Tabela 4 – Propostas de Definição para Repositórios de Objetos de Aprendizagem.

Autor	Definição
Downes (2001)	Plataformas multi-funcionais que são projetadas para facilitar o acesso a OAs reutilizáveis, distribuídos em uma variedade de formatos, por meio das quais os usuários podem pesquisar, obter e utilizar o conteúdo armazenado.
Higgs, Meredith e Hand (2003)	Sistemas que proveem o acesso a OAs por meio de operações de pesquisa, obtenção, envio, armazenamento e publicação.
Rensing et al. (2005)	Sistemas que proveem OAs de diferentes autores, descrevendo-os por metadados, e que permitem a recuperação por usuários que desejarem reutilizá-los.
McGreal (2008)	Sistemas que possibilitam aos usuários localizarem, avaliarem e gerenciarem OAs por meio de metadados, elementos que descrevem os vários aspectos desses recursos, desde questões técnicas até questões pedagógicas.
Lehman (2007)	Bases de dados eletrônicas que armazenam uma coleção de pequenas unidades de informação educacional que podem ser obtidas e utilizadas. Estas bases permitem a organização de OAs, elevam a eficiência, facilitam o reúso de recursos e apoiam oportunidades de aprendizagem.
Ochoa e Duval (2008b)	Bibliotecas digitais que armazenam principalmente materiais de cunho educativo, cujo principal objetivo é garantir o compartilhamento de recursos para o reúso em ambientes de formação.
Tzikopoulos, Manouselis e Vuorikari (2009)	Sistemas que facilitam o armazenamento, localização e recuperação de OAs por eles persistidos, bem como contribui para o compartilhamento e a reutilização destes recursos.
Tarouco et al. (2014)	Espaços que possibilitam o armazenamento; a pesquisa, por meio de metadados; e a reutilização de OAs. Eles facilitam a obtenção destes recursos, concentrando em um mesmo local os mecanismos de consulta e de localização.
Ieiri e Braga (2015)	Bibliotecas digitais onde são inseridos, removidos, disponibilizados, catalogados e armazenados OAs, cujo principal objetivo é facilitar o reúso, a busca e a disponibilização destes recursos.
Yassine, Kadry e Sicilia (2016)	Espécie de biblioteca digital ou base de dados eletrônica onde educadores podem compartilhar, usar e reusar diferentes OAs para a criação de oportunidades de aprendizagem em ambiente virtuais. Pode consistir em uma base de dados ou em múltiplas bases ligadas por meio de uma mesma ferramenta de pesquisa.

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Os ROAs se diferenciam em muitos aspectos de outras bases digitais, tais como o tipo de conteúdo armazenado, o fato de ser destinado exclusivamente à educação, os padrões de metadados utilizados, uma vez que em ROAs eles devem incluir elementos para

a descrição de características de cunho pedagógico, dentre outros pontos (MCGREAL, 2008). Além disso, nestes repositórios não se busca apenas realizar a persistência e a disponibilização de recursos, mas também executar o gerenciamento dos OAs em termos de identificação, reúso e atualização (RETALIS, 2005 apud CLEMENTS; PAWLOWSKI; MANOUSELIS, 2015).

Dada a importância dos ROAs, foi criada uma organização internacional a partir da aliança de uma série de outras organizações que, de alguma forma, lidam com estas bases, a fim de se investigar e discutir políticas, desafios pedagógicos e requisitos tecnológicos para os ROAs. A Federação Mundial de Repositórios de Objetos de Aprendizagem¹ (*Global Learning Objects Brokered Exchange* - GLOBE) tem a Comunidade Latino Americana de Objetos de Aprendizagem² (*Latin-American Community on Learning Objects* - LACLO) como membro. Esta, por sua vez, é responsável pela Federação Latino Americana de Repositórios de Objetos de Aprendizagem³ (*Latin-American Federation of Learning Object Repositories* - LAFLOR) (MARCHIORI, 2012).

Contudo, os ROAs ainda são comumente implementados como simples *containers* para o armazenamento e obtenção de conteúdo, que armazenam OAs em formatos de pacote, encapsulando todos os elementos e informações que constituem os recursos, juntamente com os metadados que os descrevem (OCHOA; CARRILLO; CECHINEL, 2014; SANTOS et al., 2014).

3.1 Classificações

Ao se analisar a literatura existente sobre Repositórios de Objetos de Aprendizagem, nota-se que vários estudos foram dedicados a analisar os diversos aspectos destas bases digitais. Alguns autores, inclusive, definiram classificações para elas de acordo com uma série de perspectivas, como suas características, seu funcionamento e a forma com que são estruturados.

Tzikopoulos, Manouselis e Vuorikari (2009), ao analisarem as propriedades dos ROAs com base em produções de outros autores, estabeleceram que as características desses repositórios podem ser divididas em três diferentes tipos:

- (i) *Gerais e de Conteúdo*: referem-se às características que normalmente tipificam o ROA, tais como cobertura geográfica e idioma da interface, e aos aspectos do conteúdo nele armazenado, assim como público-alvo, área de estudo e idioma dos OAs;

¹ <<http://www.globe-info.org/>>

² <<http://www.laclo.org/>>

³ <<http://laflor.laclo.org/>>

- (ii) *Técnicas*: referem-se aos serviços que o ROA disponibiliza para os seus utilizadores, como pesquisar e navegar pela listagem dos OAs armazenados, visualizar as descrições dos recursos e criar/gerenciar uma conta pessoal. Além disso, referem-se também ao padrão de metadado utilizado para a descrição do conteúdo;
- (iii) *De Qualidade*: referem-se aos mecanismos de garantia da qualidade no ROA, por exemplo, políticas de avaliação e revisão de conteúdo. Referem-se também aos serviços relativos à segurança, como o processo de autenticação.

McGreal (2008), Downes (2003 apud MARCHIORI, 2012) e Tzikopoulos, Manouselis e Vuorikari (2009) categorizaram os ROAs em dois tipos, de acordo com a localização do seu conteúdo: os que centralizam os recursos e metadados em um mesmo local; e os que agregam metadados de um conjunto de outros repositórios remotos, atuando como uma ferramenta de pesquisa, localização e acesso a OAs armazenados em diferentes bases. Este segundo tipo, denominado *Referatory* (*Reference + Repository* - Referência + Repositório), pode ser visto basicamente como um portal para a consulta de Objetos de Aprendizagem (MCGREAL, 2008; TZIKOPOULOS; MANOUSELIS; VUORIKARI, 2009). Um grande exemplo de *Referatory* é o *Open Discovery Space Project*⁴, uma iniciativa europeia que visa criar um "super repositório" com base na referência a outros ROAs existentes (ZERVAS; KALAMATIANOS; SAMPSON, 2014). Porém, para Tarouco, Silva e Grando (2011), um *Referatory* oferece risco caso não possua uma estratégia de constante atualização das suas referências, uma vez que os OAs podem mudar de lugar, desatualizando a referência do repositório, o que torna o recurso inacessível por meio do portal.

Sobre essa classificação em dois tipos, McGreal (2008) vai além e define que um ROA também pode ser enquadrado em uma terceira categoria, os híbridos, ou seja, que possuem características dos outros dois tipos. Os *Híbridos* tanto armazenam OAs e metadados de forma centralizada quanto proveem consultas para o conteúdo de ROAs remotos.

Já Clements, Pawlowski e Manouselis (2014) classificam Repositórios de Objetos de Aprendizagem baseado no tipo de conteúdo provido e na abrangência da base em relação a usuários. Estes autores dividiram os ROAs em três categorias:

- *Nacionais*: normalmente mantido por ministérios ou órgãos responsáveis pelo sistema educacional de uma nação. Eles são utilizados pelas instituições de ensino de um determinado país;
- *Temáticos*: proveem conteúdo de uma área em específico (ciências, matemática, artes, dentre outras);
- *Federated International* (termo não traduzido): coleta metadados de outros ROAs e, a partir deles, oferece consulta para recursos armazenados remotamente (*Referatory*).

⁴ <<http://opendiscoveryspace.eu/>>

Margaryan e Littlejohn (2007 apud MARCHIORI, 2012) foram mais amplos ao classificar ROAs. Para eles, este tipo de base digital pode ser tipificada de acordo com seis diferentes dimensões, a saber: propósito do repositório; temas/disciplinas (ROAs monodisciplinares ou multidisciplinares); âmbito (departamental, institucional, regional, nacional ou internacional); público de uso prioritário (escolas de primeiro/segundo grau, instituições de ensino superior, educação a distância/educação continuada, profissionais ou público em geral); contribuidores (professores, alunos, instituições, empregados e grupos de entusiastas); e modelo de negócio e forma de gerência do repositório (MARCHIORI, 2012).

Por fim, também de acordo com o trabalho de McGreal (2008), é importante ressaltar que esses repositórios ainda podem ser classificados conforme o público-alvo; a granularidade dos recursos armazenados; o formato dos REDs; e o tamanho das bases em relação à quantidade de recursos.

3.2 Funcionalidades

ROAs são acessados e manipulados pelos seus usuários e administradores por meio de interfaces de alto nível, normalmente plataformas *web* (CLEMENTS; PAWLOWSKI; MANOUSELIS, 2014; JOSHI; THAKUR; MEHROTRA, 2013). Lund e Højsholt-Poulsen (2010 apud CLEMENTS; PAWLOWSKI; MANOUSELIS, 2014) destacam, inclusive, que uma das métricas utilizadas para se mensurar o "sucesso" de um Repositório de Objeto de Aprendizagem é a quantidade de acessos e visualizações que essas plataformas recebem, juntamente com o quantitativo de recursos que são obtidos a partir delas.

Considerando este cenário e que ROAs têm que disponibilizar uma série de ações não ofertadas por bases de conteúdos digitais tradicionais, alguns pesquisadores se dedicaram a analisar as funcionalidades disponibilizadas por tais interfaces e descobriram quais são as mais comuns, as obrigatórias e as recomendadas para esse tipo de repositório (CERVONE, 2012).

McGreal (2008) concluiu que as principais funcionalidades ofertadas nas plataformas de interação com ROAs são a pesquisa, a navegação pela lista de OAs retornados e a obtenção (*download*) de recursos. Porém, McGreal (2008) também ressalta que essas bases devem prover mecanismos para o controle de qualidade dos recursos, aspecto, segundo ele, importantíssimo, devido questões pedagógicas, logísticas e técnicas. Ações como a exigência de cadastro para a submissão de conteúdo são pontos recomendados. Além disso, McGreal (2011) também destaca a importância de se ter funcionalidades para a gerência e manutenção do repositório, principalmente para o efetivo controle de versão dos recursos, dado que eles podem e tendem a ser alterados.

Tzikopoulos, Manouselis e Vuorikari (2009) recomendam também que as plataformas

de interação com ROAs ofereçam serviços de personalização de ambiente para os usuários, recomendando recursos com base no perfil e no comportamento do utilizador, por exemplo. Enquanto que Tarouco et al. (2014) ressaltam ser interessante possibilitar a integração de ROAs a Ambientes Virtuais de Aprendizagem, eliminando a necessidade dos docentes acessarem outras ferramentas para pesquisar e obter recursos educacionais digitais, já que AVAs são os ambientes em que os OAs são constantemente utilizados. Estes tipos de operação ampliam a experiência dos usuários ao lidarem com tais repositórios e ainda facilitam e elevam o reuso dos OAs (TAROUCO et al., 2014; TZIKOPOULOS; MANOUSELIS; VUORIKARI, 2009).

Em relação às consultas que os usuários podem realizar nos ROAs, Cervone (2012) pontua como fundamental que os metadados descrevam e a plataforma de acesso possibilite a busca por aspectos pedagógicos dos recursos, assim como assunto, nível de ensino, tipo de OA, formato digital do recurso, bem como por elementos que tradicionalmente caracterizam recursos em outros tipos de bases, como público-alvo, data de armazenamento, requisitos de uso, dentre outros.

Tendo em vista as várias funcionalidades providas pelos ROAs e que elas são ligadas a diferentes dimensões do repositório, Sampson e Zervas (2013b) realizaram uma análise e as agruparam em três diferentes tipos:

- (i) *Dimensão de Objetos de Aprendizagem (Learning Objects Component Dimension)*: funcionalidades que possibilitam os usuários interagirem e/ou manipularem os OAs armazenados local e/ou remotamente. Ex.: armazenar; pesquisar; navegar por uma listagem de recursos; visualizar; baixar; avaliar/comentar; e recomendar;
- (ii) *Dimensão de Metadados que Descrevem Objetos de Aprendizagem (Learning Objects Metadata Descriptions Component Dimension)*: funcionalidades para os usuários interagirem, de várias formas, com os metadados dos OAs. Ex.: armazenar; visualizar; baixar; e validar;
- (iii) *Dimensão de Serviços de Valor Agregado (Added-Value Services Component Dimension)*: operações que aprimoram a experiência dos usuários ao utilizarem as funcionalidades das duas outras dimensões. Ex.: criação de contas pessoais; fóruns; wikis; e feeds de notificação de novos OAs inseridos.

No mesmo estudo, Sampson e Zervas (2013b) também verificaram a taxa de adesão das funcionalidades de cada dimensão por parte de um grupo de ROAs, a fim de detectar quais delas são consideradas centrais (comumente oferecidas) por dimensão. Como resultado, Sampson e Zervas (2013b) indicou que:

- **Armazenar OA, Pesquisar OA, Navegar por OAs, Visualizar OA e Baixar OA** são as funcionalidade centrais de ROAs na *Dimensão de Objetos de Aprendizagem*;
- **Armazenar Metadados e Visualizar Metadados** são as funcionalidade centrais de ROAs na *Dimensão de Metadados que Descrevem Objetos de Aprendizagem*;
- **Contas Pessoais e Fóruns** são as funcionalidade centrais de ROAs na *Dimensão de Serviços de Valor Agregado*.

Contudo, as atuais implementações de repositórios de OAs acabam por aderir apenas às funcionalidades básicas, raramente adotando serviços de valor agregado para facilitar a manipulação de conteúdo e a colaboração entre os utilizadores do repositório, docentes e/ou alunos, por exemplo. Isto evidencia que muito dessas bases ainda são desenvolvidas visando somente o armazenamento e o compartilhamento de Objetos de Aprendizagem (CLEMENTS; PAWLOWSKI; MANOUSELIS, 2015; ZERVAS; ALIFRAGKIS; SAMPSON, 2014).

3.2.1 Versionamento de Recursos em Repositórios de Objetos de Aprendizagem

Uma função considerada por Koohang e Harman (2007 apud TAROUÇO et al., 2014) como obrigatória para os ROAs e listada por McNaught (2007) como característica necessária para o "sucesso" destes repositórios é a execução do *Versionamento dos Recursos Armazenados*. Para que os OAs sejam reutilizados e compartilhados, é fundamental que os ROAs deem suporte à inclusão e à gerência de novas versões dos recursos, já que é costumeira a necessidade de se criar versões adaptadas dos OAs (CERVONE, 2012; MCNAUGHT, 2007; THEILMANN; ALTENHOFEN, 2003).

Brooks, Cooke e Vassileva (2003) ressaltam que uma solução para versionamento de OAs deve registrar tanto a *Sintática* das alterações, diferenças entre as versões em um formato facilmente legível por máquinas, chamada comumente de *Delta*; quanto a *Semântica*, diferenças em um formato legível para humanos, caso de um *Log* (BROOKS; COOKE; VASSILEVA, 2003). Embora os padrões de metadados IEEE LOM (IEEE LTSC, 2002) e *Dublin Core* (DUBLIN CORE METADATA INITIATIVE, 2017) possibilitem estabelecer relacionamentos de derivação entre Objetos de Aprendizagem, ou seja, indicar se um é uma versão do outro, eles permitem apenas o registro da Semântica do relacionamento. Isto os impossibilitam de serem utilizados para o controle de versão de OAs, já que a intervenção humana se faz necessária para a interpretação dos relacionamentos (BROOKS; COOKE; VASSILEVA, 2003).

Com isto posto, Silva e Souza (2016) analisaram, por meio de uma *Revisão Sistemática da Literatura*, como é feito o versionamento de recursos em ROAs. O estudo concluiu que o controle das versões dos OAs se dá pela alteração dos padrões de metadados

utilizados para a descrição dos recursos ou mediante a definição de modelos de dados próprios que possibilitem o estabelecimento de relações entre os recursos quando forem persistidos (SILVA; SOUZA, 2016).

Além do relacionamento entre os recursos e suas respectivas versões, o versionamento de OA deve manter o histórico das alterações realizadas e garantir a total independência entre os recursos (mesmo com as relações), permitindo que sejam acessados e manipulados sem que um impacte no funcionamento do outro. Isto é, o usuário deve ter a certeza de que a sua versão se manterá da forma que foi inserida no repositório, independentemente de outras terem sido incluídas ou removidas (CERVONE, 2012; TATE; HOSHEK, 2009; THEILMANN; ALTENHOFEN, 2003).

3.3 Análises Quantitativas

Analizando a literatura existente referente a ROAs, também são encontradas algumas pesquisas quantitativas que buscaram entender o comportamento dessas bases e dos seus utilizadores ao longo do tempo. De acordo com Ochoa e Duval (2009), estudos analíticos sobre ROAs contribuem fornecendo informações necessárias para a tomada de decisões relativas à evolução desta área de pesquisa, a questões arquiteturais, a estratégias de interoperabilidade e ao planejamento para o crescimento do repositório. Inclusive, Ochoa (2011), um dos principais autores de trabalhos quantitativos sobre este assunto, cunhou o termo *Learnometrics* para se remeter ao estudo de métricas pertinentes aos Objetos de Aprendizagem (*Metrics for Learning Objects*).

O trabalho de Ochoa e Duval (2009) levantou estatísticas referentes à publicação e ao crescimento dos ROAs. O estudo dividiu estas bases em quatro categorias: ROA (tradicional); *ReFeratory* de Objetos de Aprendizagem (RFOA) (repositórios do tipo *Referatory*); *OpenCourseWare* (OCW) (repositórios para a distribuição de conteúdos acadêmicos de uma instituição); e AVA (Ambiente Virtual de Aprendizagem). Ele identificou que a distribuição dos recursos entre os ROAs é bastante desigual, independentemente da categoria do repositório. Alguns poucos armazenam grandes quantidades de OAs, enquanto que a grande maioria armazena um pequeno número de recursos. Já em relação ao comportamento dos usuários, foi evidenciado que a maior parte publica apenas um OA, ao passo que um pequeno grupo, altamente produtivo, é responsável pela inserção da maioria dos recursos. Os autores estimaram que cerca de 20% dos usuários publicam em torno de 80% dos OAs. Isto não ocorre nos OCWs, nos quais a proporção é de 20% dos usuários publicando em torno de 50% do conteúdo (OCHOA; DUVAL, 2009).

Outro aspecto interessante desta mesma pesquisa de Ochoa e Duval (2009) é a identificação do padrão de crescimento dos repositórios em número de recursos. Em todas as categorias, o crescimento é linear, mas com duas taxas diferentes: uma, denominada Taxa

de Crescimento Inicial (*Initial Growth Rate* - IGR), que se mantém até um determinado momento (*Breakpoint*), que ocorre normalmente entre dois ou três anos após o início da operação do ROA; após o *Breakpoint*, o repositório assume uma segunda taxa, maior do que a IGR, chamada de Taxa de Crescimento Maduro (*Mature Growth Rate* - MGR) (OCHOA; DUVAL, 2009).

Dois anos depois, Ochoa (2011) executou nova pesquisa no intuito de entender e mensurar o processo de criação, publicação e adaptação de OAs. Neste estudo, uma categoria a mais de repositório foi considerada além das examinadas no trabalho anterior, o Repositório Institucional (RI). Ochoa (2011) analisou a quantidade de recursos armazenados por cada categoria de repositório analisada. Não foi possível se estabelecer uma média, dada a desigualdade de armazenamento entre as várias bases, como evidenciado por Ochoa e Duval (2009), mas foi apresentado que:

- (i) ROAs possuem alguns milhares de OAs;
- (ii) RFOAs referenciam dezenas de milhares de OAs;
- (iii) IRs possuem de centenas de milhares a milhões de OAs;
- (iv) OCWs e AVAs possuem de centenas a milhares de cursos, cada um composto de milhares ou dezenas de milhares de OAs.

Neste mesmo estudo de Ochoa (2011), também foi analisada a taxa de adição diária de novos recursos em ROAs:

- (i) ROAs crescem na taxa de 1 a 2 OAs por dia;
- (ii) RFOAs passam a referenciar de 4 a 20 OAs a mais por dia;
- (iii) IRs crescem de acordo com o seu tamanho, podendo variar de alguns poucos OAs a centenas de OAs por dia;
- (iv) OCWs e AVAs crescem cerca de 1 curso por dia, que, em média, possui 20 OAs.

Contudo, Ochoa (2011) apresenta uma diferença em relação ao estudo anterior de Ochoa e Duval (2009). Ele percebeu que o grupo de usuários altamente produtivos representam 10% do total de utilizadores e que eles produzem em torno de 50% do conteúdo armazenado na base. Foi notado também um padrão comportamental por parte de todos os usuários. Eles param gradativamente de publicar, mesmo os que são altamente produtivos. Devido a isto, Ochoa (2011) recomenda que os ROAs possuam algum mecanismo de recompensa para estimular os usuários a continuarem inserindo recursos,

já que muitos desses publicadores não são esclarecidos dos benefícios de se compartilhar material educacional.

Já Zervas, Alifragkis e Sampson (2014) avaliaram o impacto no crescimento dessas bases oriundo da adoção, pelas plataformas de interação com os repositórios, das funcionalidades de cada uma das dimensões definidas por Sampson e Zervas (2013b). Para tanto, eles coletaram e analisaram dados de 49 ROAs. Concluíram que funções da *Dimensão de Objetos de Aprendizagem* e da *Dimensão de Serviços de Valor Agregado* afetam marginalmente a taxa de crescimento, enquanto que operações da *Dimensão de Metadados que Descrevem Objetos de Aprendizagem* não influenciam no aumento de elementos armazenados (ZERVAS; ALIFRAGKIS; SAMPSON, 2014).

Por fim, é importante destacar que Ochoa et al. (2011) investigaram quantitativamente o índice de uso dos elementos do padrão de metadados IEEE LOM (IEEE LTSC, 2002) para a descrição de OAs nos ROAs. Foi evidenciado que apenas uma parte dos elementos são frequentemente utilizados para a catalogação de recursos. Cerca de 40% deles são usados para descrever 60% dos recursos, enquanto que outros 30% são utilizados apenas em 10% dos casos. Isto ocorre porque o padrão IEEE LOM (IEEE LTSC, 2002) possui muitos elementos considerados complexos e que acabam sendo desprezados pelos usuários (OCHOA et al., 2011). Esta análise validou a hipótese de Friesen (2004a apud OCHOA et al., 2011), que afirma que os pontos complexos deste padrão não são efetivamente empregados na prática. Além dessa complexidade destacada pelos autores, também é possível afirmar que a quantidade elevada de elementos para a descrição dos recursos e também a extensividade de preenchimento exigido por alguns deles contribuem para a não adoção do padrão de metadados em sua totalidade.

3.4 Problemas e Limitações

Apesar dos benefícios que os ROAs proporcionam ao ensino-aprendizagem, compartilhar e reusar recursos educacionais por intermédio destes repositórios ainda não é uma prática amplamente adotada por docentes e estudantes (CASALI; CECHINEL; OCHOA, 2015), em muito por não conhecerem os ROAs existentes e, até mesmo, por não terem ciência das vantagens de se utilizar os recursos armazenados nestas bases. Já no caso dos usuários que conhecem tais repositórios e têm essa ciência, as limitações técnicas e de usabilidade que estas bases possuem são fatores que resultam na baixa taxa de adesão. Contudo, para Casali, Cechinel e Ochoa (2015), o principal impedimento diz respeito ao fato destes usuários terem, mesmo atualmente, que dedicar bastante esforço para a indexação, pesquisa e reúso dos recursos.

Casali, Cechinel e Ochoa (2015) cita alguns problemas de usabilidade que são apresentados por ROAs atuais, que, segundo eles, reprimem o uso e a consolidação definitiva

destas ferramentas como plataformas de obtenção de recursos educacionais digitais. Dentre estes pontos, destaca-se o fato: dos ROAs não considerarem aspectos pedagógicos; dos requisitos de qualidade e de reusabilidade dos OAs não serem cumpridos; de não ser possível pesquisar recursos por características importantes, tais como público-alvo e tipo de atividade; e desses repositórios não se integrarem a AVAs (CASALI; CECHINEL; OCHOA, 2015). Sinclair et al. (2013) ressalta também que a exigência de cadastro para a consulta de conteúdo em alguns ROAs é um aspecto problemático, pois restringe o acesso dos usuários.

Junqueira e Lóscio (2014) realizaram uma análise comparativa entre 48 ROAs disponíveis na *web* e detectaram que muitos destes repositórios possuem características que acabam limitando o reuso dos recursos que armazenam. Além da exigência por cadastro para acessar conteúdo, como citado por Sinclair et al. (2013), Junqueira e Lóscio (2014) apontaram outros cinco fatores: disponibilização de conteúdo em formatos que dificultam a adaptação (PDF, por exemplo); falta da adoção de padrão de metadados para a descrição dos recursos; disponibilização de material de forma não fragmentada; pesquisas com resultados imprecisos; e não deixar claro a forma como os recursos armazenados são licenciados.

Além disso, as plataformas de interação com os ROAs às vezes não são implementadas de modo a serem intuitivas, o que dificulta o acesso de usuários com baixa fluência tecnológica. Todos estes problemas/limitações afetam diretamente o compartilhamento e o reuso de OAs, podendo até impossibilitar que os usuários os executem (IEIRI; BRAGA, 2015). Devido a isso, Ieiri e Braga (2015) ressaltam ser importante a participação de profissionais da área da educação no processo de desenvolvimento de ROAs.

Outra característica dos ROAs que podem impactar na reutilização de recursos educacionais está relacionada à avaliação da qualidade. Cechinel e Ochoa (2014), ao analisarem o modo de se avaliar recursos nestes repositórios, notaram que é impraticável deixar esta operação somente a cargo de humanos (avaliações manuais e individuais). Devido à elevada quantidade de OAs armazenados, muitos ficam sem ser avaliados, mesmo tendo uma qualidade elevada. Por isso, é adequado que os ROAs adotem, como uma estratégia complementar à inspeção tradicional, técnicas e/ou ferramentas de análise automatizada que verifiquem quantitativamente atributos intrínsecos aos OAs, de um modo que defina automaticamente o nível de qualidade do recurso (CECHINEL; OCHOA, 2014).

Já em relação especificamente aos metadados, Paragarino, Barujel e Nistal (2015) falam que a descrição dos recursos de forma manual, normalmente no momento da inclusão, é algo trabalhoso e que pode resultar em erros. Neste contexto, Palavitsinis, Manouselis e Sánchez-Alonso (2014) propuseram um processo para a garantia, por meio de avaliação constante, da qualidade dos metadados armazenados em ROAs. Pois, atualmente, além

da falta de informações na descrição dos recursos, os usuários dessas bases têm de lidar com algo pior: a existência de descrições inconsistentes (PALAVITSINIS; MANOUSELIS; SÁNCHEZ-ALONSO, 2014). Outro problema de ROAs atuais relativo aos metadados é a questão de alguns repositórios estabelecerem estruturas fixas para a descrição dos recursos, tanto utilizando padrões difundidos, caso do IEEE LOM (IEEE LTSC, 2002) ou do *Dublin Core* (DUBLIN CORE METADATA INITIATIVE, 2017), quanto usando variações próprias destes padrões, porque qualquer adição de elemento como parte da descrição pode tornar o recurso inadequado à base ou exigir que a mesma seja reformulada (SANTOS et al., 2014).

3.5 Tendências

A análise da literatura recente sobre Repositórios de Objetos de Aprendizagem evidenciou que alguns temas de discussão que visam elevar a efetividade destas bases estão em evidência no momento, dada a quantidade de trabalhos publicados relativos a tais assuntos.

3.5.1 Avaliação da Qualidade e Recomendação de Objetos de Aprendizagem

Um desses temas trata da avaliação da qualidade dos recursos armazenados em ROAs e de sistemas de recomendação de conteúdo para os usuários destes repositórios.

Além de serem fatores que contribuem para o sucesso dos ROAs (CECHINEL; SÁNCHEZ-ALONSO; GARCÍA-BARRIOCANAL, 2011; CLEMENTS; PAWLOWSKI; MANOUSELIS, 2014; TATE; HOSHEK, 2009), o controle e a avaliação da qualidade de OAs passam a ser de suma importância para os seus potenciais usuários à medida que a quantidade de recursos disponibilizados pelos ROAs se eleva (CLEMENTS; PAWLOWSKI; MANOUSELIS, 2015; PALAVITSINIS, 2013). Por isso, muitos dos atuais repositórios possuem estratégias que possibilitam a qualificação do seu conteúdo, normalmente por meio da atribuição de notas, comentários e/ou, até mesmo, avaliação em pares pelos próprios usuários da base, a partir da impressão que eles têm ao utilizar os recursos (CECHINEL et al., 2014; CECHINEL; SÁNCHEZ-ALONSO; GARCÍA-BARRIOCANAL, 2011; CLEMENTS; PAWLOWSKI; MANOUSELIS, 2014; SANZ-RODRIGUEZ; DODERO; SÁNCHEZ-ALONSO, 2011).

Contudo, para Clements, Pawlowski e Manouselis (2015), a simples disponibilização dessas funcionalidades não são suficientes para garantir uma melhor experiência de uso por parte dos usuários. Esses tipos de avaliação costumam ser úteis em plataformas de comércio digital (*e-commerce*), nas quais as notas e os comentários sobre produtos costumam ser suficientes para os usuários definirem percepções sobre a qualidade do item. A avaliação de Objetos de Aprendizagem deve ir além e ser baseada em várias perspectivas.

Inclusive, muitos *frameworks* definindo processo de avaliação da qualidade de OAs, segundo o conteúdo e a estrutura, já foram propostos na literatura (SINCLAIR et al., 2013).

O método de análise de recursos educacionais digitais mais comumente adotado, independentemente do processo de avaliação utilizado, é o manual, ou seja, os avaliadores inspecionam diretamente os recursos. Porém, esta não é uma estratégia escalável, dado que a averiguação humana pode se tornar impraticável com a elevação da quantidade de OAs no repositório. Portanto, é fundamental que estratégias de automatização sejam propostas para esses processos (CECHINEL, 2014; CECHINEL et al., 2014; CECHINEL; SÁNCHEZ-ALONSO; GARCÍA-BARRIOCANAL, 2011; SANZ-RODRIGUEZ; DODERO; SÁNCHEZ-ALONSO, 2011). Sanz-Rodriguez, Doderó e Sánchez-Alonso (2011), por exemplo, propuseram uma solução para a avaliação automática de OAs com base nos metadados utilizados para a catalogação dos mesmos.

Para Minguillón, Rodríguez e Conesa (2010 apud WILEY; BLISS; MCEWEN, 2014), a integração a ROAs de métodos para a avaliação da qualidade de conteúdo podem resultar também na melhoria das consultas oferecidas. Ochoa (2011) defende que as qualificações dos recursos sejam consideradas nos resultados de pesquisas como uma maneira de se definir a relevância do OA. Ele recomenda que os de melhor qualidade sejam retornados nas primeiras posições da lista de resultado, o que facilita a obtenção de melhores recursos por parte dos usuários. Até porque, de acordo com Sampson e Zervas (2011), os ROAs devem oferecer estratégias que otimizem o tempo de busca por recursos, um dos custos no processo de reúso de Objetos de Aprendizagem.

Porém, a priorização com base neste aspecto pode fazer com que recursos de interesse do usuário nunca sejam encontrados, caso eles não possuam qualificação ou tenham sido mal avaliados por outros utilizadores (CECHINEL, 2014; CECHINEL et al., 2014; SANTOS et al., 2016). Devido a isto, Cechinel (2014) destaca a adoção de Sistemas de Recomendação (SRs) personalizada de conteúdo como algo interessante para os ROAs atuais, uma vez que são soluções que sugerem recursos para os usuários de forma automática, conforme o perfil e/ou o padrão comportamental ao utilizar o repositório (OAs mais acessados, por exemplo). Aliás, isto é uma orientação antiga para os ROAs. Neven e Duval (2002) afirmavam, ainda no início dos anos 2000, que recomendar recursos educacionais com base em outros baixados seria um vantajoso aspecto para os Repositórios de Objetos de Aprendizagem.

Os Sistemas de Recomendação já são comumente utilizados e bem aceitos pelos usuários de outros ambientes, tais como *e-commerce* e transmissão de *stream* de vídeo (CLEMENTS; PAWLOWSKI, 2012; SERGIS; PANAGIOTIS; SAMPSON, 2014). Sergis, Panagiotis e Sampson (2014) destacam que, de modo geral, estes sistemas se dividem em três tipos:

- (i) *Baseados em Conteúdo*: preparam sugestões com base nos itens que os usuários já interagiram;
- (ii) *De Filtragem Colaborativa*: definem recomendações a partir das avaliações de outros utilizadores que possuam alguma relação com o usuário (proximidade física, por exemplo);
- (iii) *Híbridos*: combinam as duas outras estratégias de sugestionamento;

O trabalho de Zapata et al. (2013) propõe um *framework* de recomendação destinado especificamente a OAs e também cita uma série de outras soluções desse tipo propostas por outros autores.

3.5.2 Repositórios de Objetos de Aprendizagem como Gerenciadores de Conhecimento

Para Ferran et al. (2009), os ROAs devem deixar de funcionar apenas como depósitos para armazenamento e compartilhamento de conteúdo, passando a funcionar também como ambientes que ofereçam verdadeiras experiências de aprendizagem aos seus usuários. Eles devem considerar os conhecimentos e as habilidades prévias dos aprendizes e, a partir disso, prover uma interface formativa que amplie estas competências (FERRAN et al., 2009).

Como funcionalidades da *Dimensão de Serviços de Valor Agregado* são raramente adicionadas aos ROAs, operações para a interação e colaboração entre professores e alunos costumam não ser suportadas por estes repositórios (CLEMENTS; PAWLOWSKI; MANOUSELIS, 2015), funções consideradas atualmente como necessárias por Yassine, Kadry e Sicilia (2016) e importante para se alcançar o cenário delineado por Ferran et al. (2009).

Para tanto, os ROAs necessitam armazenar e gerenciar não apenas OAs, mas muitas outras informações, assim como dados oriundos dos alunos, dos professores e das atividades (OCHOA; CARRILLO; CECHINEL, 2014; SANTOS et al., 2014). Bem como dados gerados ao longo do ciclo de vida dos recursos, à medida que são reutilizados, avaliados/comentados e compartilhados (OCHOA; CARRILLO; CECHINEL, 2014). Além disso, Sampson e Zervas (2013b) afirmam que os ROAs possuem e produzem os dois tipos de conhecimentos definidos por Cochran-Smith e Lytle (1999):

- (i) *Conhecimento para a Prática Educacional (Knowledge for Educational Practice)*: embutido nos Objetos de Aprendizagem;

- (ii) *Conhecimento Oriundo da Prática Educacional (Knowledge of Educational Practice)*: produzido pelos docentes ao observar o avanço dos alunos; pelos aprendizes ao se relacionar com os recursos; e pelas interações entre estes dois tipos de usuário.

O provimento limitado de operações da *Dimensão de Serviços de Valor Agregado* pelas plataformas de interação com ROAs faz com que os *Conhecimentos Oriundos da Prática Educacional* não sejam produzidos, organizados e compartilhados (SAMPSON; ZERVAS, 2013a; SAMPSON; ZERVAS, 2013b).

Neste contexto, Sampson e Zervas (2013b) analisaram como os Repositórios de Objetos de Aprendizagem podem ser projetados e desenvolvidos como *Sistemas de Gestão do Conhecimento (Knowledge Management Systems - KMSs)*. No estudo, eles levantaram as funcionalidades que os ROAs devem possuir para serem considerados KMSs e estejam aptos a tratar os diferentes tipos de conhecimento produzidos pela sua comunidade de usuários. Já Ochoa, Carrillo e Cechinel (2014) propuseram que os ROAs atuais necessitam ser remodelados para que passem a ser considerados *Repositórios de Aprendizagem Semântica (Semantic Learning Repositories - SLRs)*, evoluções dos ROAs que têm como foco os seus usuários. Nos SLRs, dados sobre os utilizadores são armazenados e tratados, visando garantir a oferta de recursos no tempo, sequência e formatos mais adequados.

3.5.3 Adaptação de Metadados

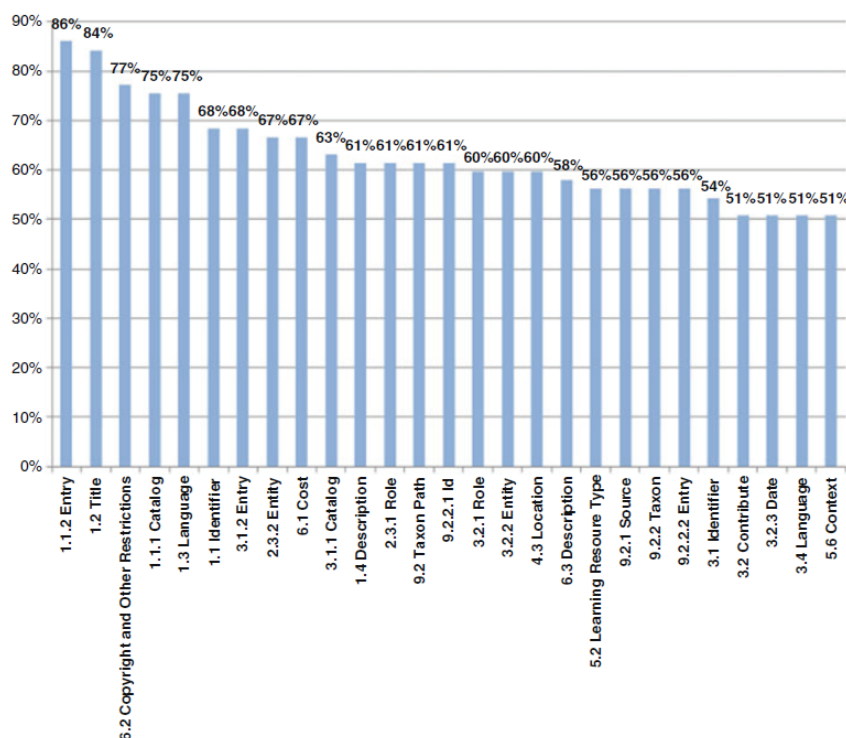
Outro aspecto importante em relação aos Repositórios de Objetos de Aprendizagem que influencia pesquisas e ações no momento, e já há um certo tempo, é a questão da extensão e/ou adaptação dos padrões de metadados comumente adotados por estas bases digitais ou mesmo a criação por completo de estratégias próprias para a catalogação dos recursos armazenados, basicamente devido à necessidade de atender demandas específicas do repositório. Estes padrões estendidos/adaptados/criados são denominados de *Application Profiles (APs)* (ZERVAS; KALAMATIANOS; SAMPSON, 2014).

Divergências na forma de descrição dos Objetos de Aprendizagem impede a interoperabilidade entre repositórios (ZERVAS; KALAMATIANOS; SAMPSON, 2014). Dado que a elaboração de APs é uma prática comum, Zervas, Kalamatianos e Sampson (2014) realizaram uma análise sistemática de APs de 19 ROAs europeus e, visando garantir algum tipo de interoperabilidade entre as bases, propuseram, a partir de suas observações, recomendações para futuras implementações de *Application Profiles*.

Tomando o padrão de metadados IEEE LOM (IEEE LTSC, 2002) como referência, Zervas, Kalamatianos e Sampson (2014) definiram, com base na taxa de adesão pelos APs analisados, uma listagem dos elementos considerados *Obrigatórios* (apareceram em mais de 75% dos casos), *Recomendados* (mais de 50%) e *Opcionais* (menos de 50%) para

qualquer AP a ser criado. A Figura 8 apresenta a taxa de adoção desses elementos por parte das estratégias de catalogação dos 19 repositórios verificados.

Figura 8 – Elementos do Padrão LOM Ordenados pelo Percentual de Adoção por parte de APs.



Fonte: Zervas, Kalamatianos e Sampson (2014).

3.5.4 Dispositivos Móveis

Por fim, outro tema relativo aos ROAs bastante abordado em pesquisas atualmente é o que trata do suporte que estes repositórios devem oferecer a dispositivos móveis.

Em virtude da rápida expansão destes dispositivos na sociedade atual, inclusive na área da educação como uma ferramenta para acesso a recursos educacionais digitais e a Ambientes Virtuais de Aprendizagem, oferecendo mobilidade e flexibilidade aos usuários (YELA et al., 2016), é indispensável que os ROAs sejam suportados e acessíveis por meio de dispositivos móveis, estando assim adaptados ao atual contexto tecnológico (KINSHUK; JESSE, 2013 apud XU, 2016).

De forma a atender o objetivo específico da pesquisa que estabeleceu a necessidade de se realizar uma análise dos Repositórios de Objetos de Aprendizagem existentes, um estudo aprofundado dessas bases digitais foi realizado, tendo sido descrito neste capítulo as informações obtidas. Foram apresentadas várias definições para este tipo de repositório; como são estruturados e tipificados; quais operações são oferecidas por eles; como evoluem e os seus usuários se comportam ao longo do tempo; problemas/limitações ainda enfrentados

por essas bases de dados; e também alguns temas vistos atualmente como tendências de pesquisa nesta área de estudo. Além disso, a investigação feita indicou que os ROAs ainda são comumente desenvolvidos para funcionarem apenas como *containers* para o armazenamento e a obtenção de Objetos de Aprendizagem.

As informações contidas neste capítulo foram fundamentais para a modelagem do CLOVeR. A partir delas, decidiu-se adotar para ele uma estratégia centralizada, ou seja, que disponibilize aos utilizadores somente os recursos nele armazenados, e que o seu conteúdo deve ser acessado e manipulado por meio de uma interface *web*, forma como os ROAs são normalmente utilizados, mas que também deve oferecer a possibilidade de integração a Ambientes Virtuais de Aprendizagem. Com base nos dados contidos na seção destinada às funcionalidades disponibilizadas por tais repositórios, optou-se por, ainda na versão inicial do repositório proposto, prover as operações consideradas centrais nas dimensões de *Objetos de Aprendizagem* e *Metadados que Descrevem Objetos de Aprendizagem*, uma vez que controlar os OAs e os metadados que os descrevem é um ponto fundamental para o uso de um ROA.

Em relação ao versionamento de recursos, a análise evidenciou que é um aspecto de alta importância para Repositórios de Objetos de Aprendizagem, dado que é comum a demanda dos OAs por adaptações. O objetivo específico referente à investigação, por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura, do modo como o controle de versão é efetuado em ROAs foi contemplado na publicação Silva e Souza (2016). Este trabalho indicou que o versionamento ocorre normalmente por meio da adaptação de padrões de metadados ou pela definição de modelos de dados próprios. Para o caso do CLOVeR, a segunda estratégia foi seguida, sendo estabelecido, para tanto, um modelo próprio de organização e relacionamento dos recursos armazenados no repositório.

Por fim, outros aspectos considerados para o desenvolvimento do repositório proposto a partir dos levantamentos descritos neste capítulo são o fato dele demandar tecnologias escaláveis, já que ROAs podem ter que armazenar elevadas quantidades de OAs, e ter que garantir flexibilidade na descrição dos recursos, não adotando um padrão fixo de metadados. Outros aspectos dos ROAs considerados importantes para o CLOVeR e não contemplados na versão inicial da base foram estabelecidos como pontos a serem providenciados em trabalhos futuros.

O próximo capítulo é destinado à apresentação em detalhes da modelagem definida para o repositório proposto.

4 Customizable Learning Object VErSioning Repository: O Repositório Proposto

*"O problema não é tanto ver aquilo que ninguém ainda viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê."
(Arthur Schopenhauer)*

O objetivo da pesquisa descrita nesta dissertação foi desenvolver um ROA para o armazenamento, o compartilhamento e o gerenciamento otimizado de OACs e de suas respectivas Versões Customizadas, considerando os aspectos estruturais e funcionais e realizando o versionamento destes recursos. Como resultado, foi proposto o Repositório para Versionamento de Objeto de Aprendizagem Customizável (*Customizable Learning Object VErSioning Repository* - CLOVeR), uma base digital projetada para o eficiente armazenamento de versões de hipermídias baseadas na estratégia de Customização Guiada, como é o caso dos OACs. O CLOVeR também possibilita a persistência e o controle dos usuários responsáveis pela manipulação do seu conteúdo, guardando os perfis dos mesmos e atrelando níveis de permissão de acesso à base e Grau de Liberdade para a customização de recursos.

Visando simplificar o posterior processo de internacionalização do repositório proposto, todos os termos utilizados na sua definição foram estabelecidos em inglês, como poderá ser notado ao longo deste capítulo 4 e do capítulo 5, que descrevem detalhes da estrutura e de como utilizar o repositório. Inclusive, o logotipo do mesmo, ilustrado na Figura 9, foi criado em alusão ao próprio nome "CLOVeR", termo que em inglês significa "trevo".

Figura 9 – Logotipo do CLOVeR.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

4.1 Modelo de Dados e Estratégia de Versionamento

A estratégia de versionamento de recursos especificada para o CLOVeR é baseada em um modelo de dados que estabelece um relacionamento hierárquico entre as versões de um mesmo OAC. Conforme Silva e Souza (2016), a definição de modelos de dados próprios é uma das estratégias comumente utilizadas para o controle de versão de OAs em repositórios deste tipo. O versionamento garante o armazenamento otimizado dos recursos, pois persiste apenas as diferenças para cada versão de um mesmo OAC, evitando a replicação de arquivos e dados inalterados (SILVA; SOUZA; SOUZA, 2017). Como no CLOVeR o registro das diferenças de uma versão de OAC ocorre em relação à versão inicial do recurso, conforme será detalhado nas próximas seções, o histórico de customizações é mantido de uma forma que assegura total independência entre as versões, o que permite o acesso e a manipulação delas sem que as demais sejam afetadas, um dos requisitos para o controle de versão de OAs (CERVONE, 2012; TATE; HOSHEK, 2009; THEILMANN; ALTENHOFEN, 2003).

Para Neven e Duval (2002), não é eficiente utilizar bases de dados relacionais para o armazenamento de metadados de Objetos de Aprendizagem, uma vez que os registros de metadados são comumente definidos em formatos estruturados, tal como o *eXtensible Markup Language* (XML), o que exige a execução de conversões tanto na obtenção quanto na inclusão de informações se persistidas em bancos relacionais. No caso dos OACs e suas Versões Customizadas, tanto os metadados quanto o estado dos componentes são estabelecidos no formato JSON. Por isso, para o CLOVeR optou-se por adotar um banco de dados não-relacional para o armazenamento das informações referentes aos recursos.

O *MongoDB*¹ (MONGODB INC, 2016), base de dados não-relacional mais utilizada do mundo de acordo com o *ranking* de Março de 2017 da DB-Engines (2017), foi selecionada para a persistência desses dados. O MongoDB é um banco orientado a documentos, ou seja, armazena e organiza o conteúdo em forma de coleções de documentos ao invés de tabelas. Cada "registro" nele é representado por um documento de uma coleção que, por sua vez, não possui uma estrutura fixa, possibilitando a livre adição e remoção de campos, enquanto que em uma base relacional cada registro deve seguir a estrutura predefinida da tabela em que estiver inserido (ter as mesmas colunas) (LEAVITT, 2010). Esta característica do MongoDB é o que garante ao CLOVeR o suporte a um padrão de metadados flexível, algo destacado por Ochoa, Carrillo e Cechinel (2014) e Santos et al. (2014) como importante para ROAs, pois evita que a mais simples alteração/evolução na forma como os recursos são catalogados demande a redefinição do modelo de dados do repositório.

Uma série de fatores contribuíram para a seleção do MongoDB como base para o CLOVeR. Dentre eles, pode-se citar o fato de ser um banco escalável, capaz de manipular

¹ <<https://www.mongodb.com/>>

eficientemente grandes quantidades de documentos (MONGODB INC, ca. 2014f), requisito essencial para Repositórios de Objetos de Aprendizagem, pois são bases que tendem a armazenar na faixa de alguns milhares de recursos (OCHOA, 2011); ser de código-aberto (MONGODB INC, ca. 2014f), o que possibilita aos desenvolvedores verificarem a forma como é implementado internamente e, se necessário, adaptarem o funcionamento do banco para atender necessidades específicas; ser uma base não-relacional amplamente difundida (DB-ENGINES, 2017), o que implica na existência de uma grande comunidade com expertise para o provimento de suporte técnico (MONGODB INC, ca. 2014k); e também oferecer opções em nível de infraestrutura que podem ser úteis para o CLOVeR, tais como a configuração de réplicas da base de dados em nós primários e secundários que são automaticamente intercalados em caso de falha no funcionamento de algum deles, mitigando o risco de indisponibilidade (MONGODB INC, ca. 2014i), e o balanceamento de carga de forma geográfica, fazendo com que seja possível, por exemplo, o acesso otimizado de usuários a recursos em seu idioma nativo, com base em sua localização (MONGODB INC, ca. 2014j). Além desses aspectos, foi considerado também o fato do conteúdo dos documentos no MongoDB serem armazenados no formato JSON binário, o *Binary JSON*² (BSON) (BSON, 2017), tendo o JSON como o seu formato padrão de escrita e leitura de dados (MONGODB INC, ca. 2014a). Esta característica faz com que o MongoDB seja compatível, sem demandar a realização de conversões, com o padrão de representação das informações relativas aos OACs e às Versões Customizadas.

Enquanto que os dados dos recursos são persistidos em uma base MongoDB, seus arquivos executáveis e de mídia são mantidos em um diretório no sistema de arquivos do servidor em que o CLOVeR estiver hospedado. Estes arquivos são referenciados nos documentos do MongoDB pela sua localização no servidor. A listagem a seguir exemplifica o formato de um componente do tipo *Vídeo* no documento destinado ao armazenamento do estado dos componentes de um OAC:

```
1 { "name": "VideoCreditos",
2   "position": "D:12:4:150:262:154:273",
3   "zindex": 0,
4   "enabled": true,
5   "visibled": true,
6   "startTime": 0,
7   "stopTime": 15,
8   "source": "./file/hist_rias_quase_fant_sticas/swf/
      components/Video_Creditos.mp4" }
```

Esta estratégia de armazenamento de recursos em ROAs de forma fragmentada é recomendada por Santos (2013 apud NOGUEIRA; AMORIM; LÓSCIO, 2015) e Junqueira e

² <<http://bsonspec.org/>>

Lóscio (2014), pois contribui para o reúso. No caso do CLOVeR, como mídias são persistidas separadas de seus OACs/VCs, é possível habilitar o acesso à elas e a reutilização por outros Objetos de Aprendizagem. Em versões futuras do repositório proposto, essas mídias serão publicamente disponibilizadas.

Já em relação aos cadastros dos usuários que manipulam o conteúdo do repositório e às permissões de acesso aos recursos nele armazenados, informações essencialmente do tipo relacional, optou-se por utilizar o banco de dados relacional *PostgreSQL*³ (POSTGRESQL GLOBAL DEVELOPMENT GROUP, 2017a) para a persistência. O PostgreSQL é uma base também amplamente difundida, sendo a segunda do tipo relacional de código-aberto (POSTGRESQL GLOBAL DEVELOPMENT GROUP, 2017b) mais adotada no mundo, conforme indicado no *ranking* de Março de 2017 da DB-Engines (2017).

A utilização de duas bases diferentes é uma estratégia comumente empregada pelas equipes técnicas responsáveis pelo desenvolvimento e manutenção de ROAs, pois é um forma de atender a necessidade que estes repositórios têm de persistir distintos tipos de dados, como os referentes aos OAs e os que dizem respeito aos perfis dos usuários (OCHOA; CARRILLO; CECHINEL, 2014). A Figura 10 ilustra a estrutura utilizada pelo CLOVeR para o armazenamento de conteúdo.

Figura 10 – Estrutura do CLOVeR.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

Nas próximas seções são descritas a forma como os OACs e suas Versões Customizadas ficam organizadas e relacionadas no repositório. A estratégia de controle de versão concebida para o CLOVeR funciona a partir dos relacionamentos entre os recursos armaze-

³ <<https://www.postgresql.org/>>

nados, já que é baseada na definição de um modelo de dados que permite o estabelecimento de relações de versionamento entre os OAs, uma das estratégias descritas por Silva e Souza (2016) como opção para o controle de versão de recursos educacionais digitais em ROAs.

4.1.1 Armazenamento de Objetos de Aprendizagem Customizáveis

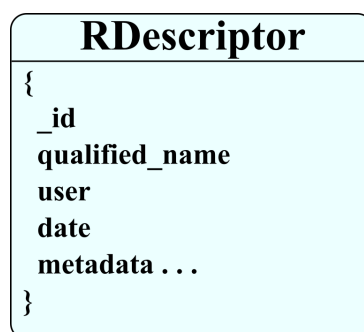
Para cada novo OAC adicionado à base de dados, três diferentes tipos de documentos são criados no MongoDB para o armazenamento das informações referentes ao recurso. Estas três categorias de documento, chamadas de *Descritores*, são detalhadas a seguir.

4.1.1.1 *Root Descriptor* - RDescriptor

O Descritor Raiz (*Root Descriptor* - RDescriptor) é o tipo de documento destinado ao armazenamento dos metadados do OAC. O seu nome é em referência ao fato dele ser a raiz da *Hierarquia de Versionamento* do recurso, hierarquia esta que é descrita em detalhes na seção 4.1.3.

Embora os documentos do MongoDB não possuam uma estrutura fixa, sendo Livre de Esquema (*Schemaless*) (MONGODB INC, ca. 2014d), é possível controlar em nível de aplicação as informações que devem ser incluídas neles, caso a definição de alguns campos seja obrigatória. Em relação ao CLOVeR, a estrutura dos documentos inseridos nele é "parcialmente" controlada, de modo a garantir que cada categoria possua um grupo mínimo de dados úteis para o gerenciamento e o versionamento dos recursos armazenados. A Figura 11 apresenta a estrutura do RDescriptor, destacando os elementos básicos que este tipo de documento possui.

Figura 11 – Estrutura do RDescriptor.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

Ele é formado pelos seguintes campos:

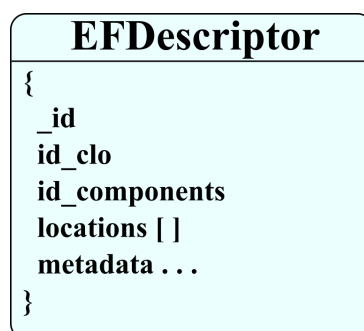
- (i) *_id*: identificador único do documento em todo o banco de dados. Gerado pelo próprio MongoDB (MONGODB INC, ca. 2014a);

- (ii) *qualified_name*: nome qualificado do OAC no repositório. Gerado com base no nome do recurso, mas eliminando os espaços em branco e os caracteres especiais. Também deve ser único no CLOVeR como um todo;
- (iii) *user*: identificador do usuário cadastrado no repositório que foi responsável por adicionar o recurso;
- (iv) *date*: data e hora de inclusão do OAC;
- (v) *metadata...*: elementos de metadados que descrevem o recurso.

4.1.1.2 Executable File Descriptor - EFDDescriptor

O Descritor de Arquivo Executável (*Executable File Descriptor* - EFDDescriptor) é uma outra categoria de documento do MongoDB, que, por sua vez, é reservada aos metadados que descrevem os arquivos executáveis dos OACs. Um EFDDescriptor é criado para cada executável, dado que um mesmo recurso pode possuir vários para que funcione em ambientes distintos. Por exemplo, ele pode ter um para dispositivos móveis com o sistema operacional Android^{TM4} (GOOGLE, 2017) e outro no formato *Adobe Flash*TM, que roda em um navegador de internet com o plugin *Adobe Flash Player*^{TM5} instalado (ADOBE SYSTEMS INC., 2017). A estrutura desse documento, com o destaque dos elementos básicos, é ilustrada na Figura 12.

Figura 12 – Estrutura do EFDDescriptor.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

Como o MongoDB é uma base de dados não-relacional, é comum realizar o armazenamento dos dados que são relacionados em um mesmo documento, organizando-os de forma não normalizada. Contudo, em alguns casos, a definição de relacionamentos entre os documentos por meio de uma *Chave Estrangeira* é o mais adequado, principalmente quando documentos de tipos diferentes necessitam ser vinculados (MONGODB INC, ca. 2014c; MONGODB INC, ca. 2014b). O MongoDB suporta estes relacionamentos, contanto

⁴ <<https://www.android.com/>>

⁵ <<http://www.adobe.com/products/flashplayer.html>>

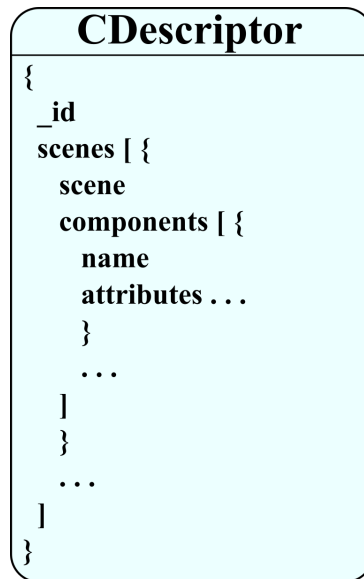
que sejam controlados em nível de aplicação, pois ele não garante a integridade relacional nem a opção de se executar junções (*joins*) nas consultas, um dos *trade-offs* dos bancos de dados não-relacionais quando comparados com os do tipo relacional (MONGODB INC, ca. 2014c). O EFDestructor possui dois campos que atuam como *Chave Estrangeira* para documentos de outras categorias. Abaixo são detalhados os elementos que compõem este descritor:

- (i) *__id*: identificador único do documento em todo o banco de dados. Gerado pelo próprio MongoDB (MONGODB INC, ca. 2014a);
- (ii) *id_clo*: referência ao RDescriptor da Hierarquia de Versionamento do OAC ao qual o arquivo executável faz parte. Possui o valor do campo *__id* do RDescriptor;
- (iii) *id_components*: referência ao Descritor de Componentes (*Components Descriptor* - CDescriptor), documento com o estado inicial de todos os componentes do OAC para o arquivo executável em questão. Guarda o valor do elemento *__id* do CDescriptor referenciado;
- (iv) *locations []*: lista com as localizações do arquivo executável que o EFDestructor representa. O executável é adicionado em um diretório denominado com base no valor do campo *qualified_name* do RDescriptor, juntamente com as mídias do recurso, o que demanda que ele seja referenciado pela sua localização no servidor. Um exemplo seria: [`"/file/hist_rias_quase_fant_sticas/swf/Histórias Quase Fantásticas.swf"`]
- (v) *metadata...*: metadados que descrevem o executável em si. De acordo com Cervone (2012), além dos metadados que identificam o OA como um todo, a descrição do executável também é necessária.

4.1.1.3 *Components Descriptor* - CDescriptor

O terceiro tipo de documento do MongoDB criado ao se adicionar um novo OAC ao CLOVeR é o CDescriptor. Como descrito na seção anterior, nele é persistido o estado inicial dos componentes do OAC para um determinado arquivo executável. Basicamente, ele é formado por um identificador único, assim como os demais descritores, e pelo estado dos componentes. A Figura 13 demonstra o padrão estrutural de um CDescriptor.

Figura 13 – Estrutura do CDescriptor.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

Esta forma de armazenamento do estado e, conseqüentemente, do conteúdo dos recursos é uma característica relevante do CLOVeR. De acordo com Ochoa e Duval (2008c), usuários enfrentam dificuldades em ter que pesquisar recursos somente por metadados, dado que o filtro informado na consulta tem que corresponder, às vezes de forma precisa, ao metadado que indexa o OA. Por isso, em ROAs com quantidades reduzidas de recursos, determinadas consultas não retornam resultado algum (OCHOA; DUVAL, 2008c). Para Cordeiro et al. (2013), os ROAs devem compreender o conteúdo e a estrutura dos OAs, de modo a também indexá-los por tal informação, permitindo aos utilizadores pesquisarem pelos conteúdos dos recursos e não apenas pelos metadados que os descrevem. O modelo de dados do CLOVeR permite que, em versões futuras do repositório, seja possível habilitar a opção de consulta também pelo conteúdo dos OACs.

Os relacionamentos existentes entre os três tipos de documentos do MongoDB criados durante a inclusão de um novo OAC ao CLOVeR é exemplificado na Figura 14.

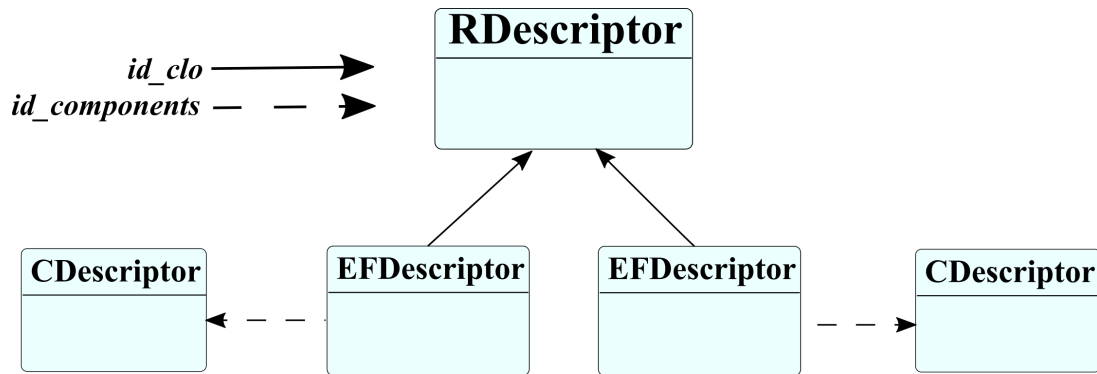
4.1.2 Armazenamento de Versões Customizadas

Já no caso da inclusão de uma nova Versão Customizada ao CLOVeR, um documento do tipo Descritor de Versão (*Version Descriptor* - VDescriptor) é criado no MongoDB, como parte da Hierarquia de Versionamento de um OAC, para representar a nova versão.

4.1.2.1 *Version Descriptor* - VDescriptor

Os VDescriptors são os documentos destinados a armazenar informações referentes às versões no repositório, tal como atributos customizados dos componentes, metadados

Figura 14 – Exemplo de Referências Existentes entre os Descritores RDescriptor, EFDescriptor e CDescriptor.



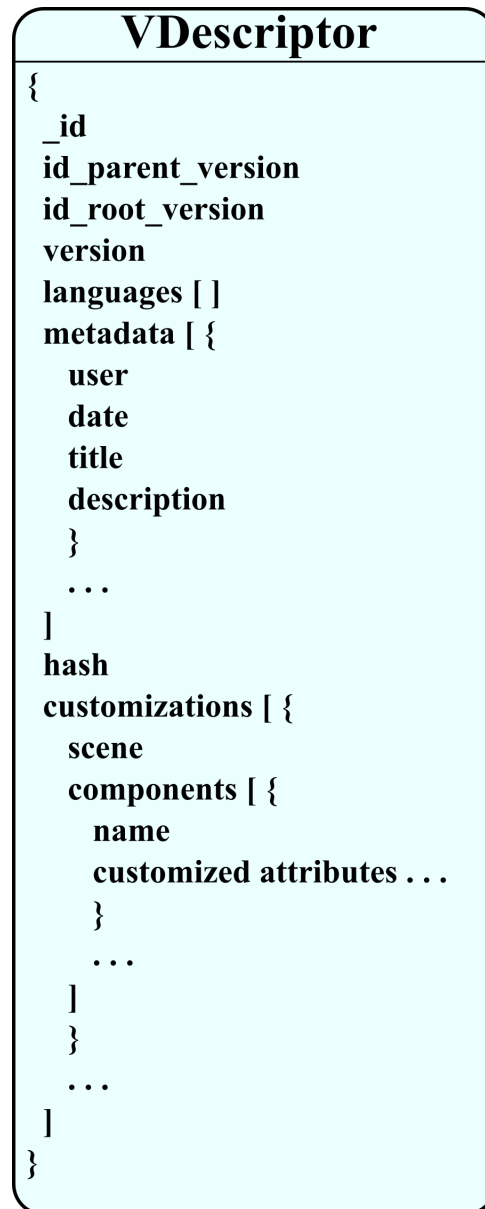
Fonte: Elaborada pelo Autor.

que descrevem a versão, identificação do recurso a partir do qual foi originada, dentre outros dados. A Figura 15 apresenta a estrutura deste tipo de descritor.

Ele é composto pelos seguintes campos:

- (i) *__id*: identificador único do documento em todo o banco de dados. Gerado pelo próprio MongoDB (MONGODB INC, ca. 2014a);
- (ii) *id_parent_version*: referência a sua versão de origem, podendo referenciar um EFDescriptor, caso a versão tenha sido originada a partir da customização do estado inicial dos componentes (*Versão de Primeiro Nível*), ou um VDescriptor, caso tenha sido gerada por meio da modificação de uma outra Versão Customizada preexistente (*Versão de Segundo Nível em diante*). Possui o valor do campo *__id* do documento referenciado;
- (iii) *id_root_version*: referência ao EFDescriptor da Hierarquia de Versionamento em que estiver inserido. Este campo otimiza a obtenção do estado inicial dos componentes do recurso para que sejam mesclados com os atributos customizados da versão durante o *download* de uma VC, pois o EFDescriptor referencia o CDescriptor. Este campo faz com que não seja necessário percorrer toda a Hierarquia de Versionamento para se obter o estado inicial dos componentes. Este elemento é preenchido com o valor do campo *__id* do EFDescriptor referenciado;
- (iv) *version*: número da versão. Este número está diretamente relacionado à posição do VDescriptor na Hierarquia de Versionamento. As Versões de Primeiro Nível recebem um número inteiro maior que zero de acordo com a ordem de adição ao CLOVeR ("1" para a primeira, "2" para a segunda, e assim por diante). Já no caso das Versões de Segundo Nível em diante, o mesmo padrão é seguindo, mas com um caractere

Figura 15 – Estrutura do VDescriptor.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

"." adicionado para cada nível a mais na hierarquia, por exemplo: 2º Nível - "1.1", "1.2", "2.1", "3.1"; 3º Nível - "2.1.1", "3.2.1";

- (v) *languages []*: lista com os idiomas para os quais a Versão Customizada está disponível. Elemento importante quando se trata de versões originadas de processos de customização que têm como objetivo traduzir OACs. Seus elementos devem seguir o padrão de valores definido para o campo *Language* da Categoria *General* do IEEE LOM (IEEE LTSC, 2002). É definido pelo usuário que adiciona a nova versão;
- (vi) *metadata []*: lista de metadados que descrevem a VC. É composta por elementos constituídos pelos campos *user* (identificador do usuário que incluiu a versão); *date*

(data e hora de inclusão ao CLOVeR); *title* (título da versão); e *description* (descrição detalhada das modificações e motivações que deram origem à nova versão - campo de registro da *Semântica* das alterações que deram origem à versão). Os metadados *title* e *description* também são definidos pelo usuário responsável pela inclusão da nova versão;

- (vii) *hash*: código encriptado representando o conteúdo do campo *customizations*. O valor deste elemento é definido por meio da aplicação da função de encriptação *SHA-1*, da família *Secure Hash Algorithm* (SHA) (EASTLAKE 3RD; JONES, 2001), à lista *customizations* durante a adição da versão ao CLOVeR. Como a função *SHA-1* transforma qualquer conteúdo digital em um código de 40 caracteres (EASTLAKE 3RD; JONES, 2001), este campo facilita a comparação de versões em uma mesma Hierarquia de Versionamento. Para que elas sejam consideradas iguais, basta que possuam o mesmo código *hash*, não sendo necessário comparar individualmente cada elemento da lista *customizations*. Exemplo de valor para este campo: "bfcdc17b0cee8e5989d8aeafcb87528257105e30";
- (viii) *customizations []*: lista com os atributos que foram customizados em relação ao estado inicial dos componentes. É formada por elementos que representam as cenas customizadas. Cada um de seus elementos são compostos pelos campos *scene*, que identifica a cena do recurso, e *components*, lista com os nomes e os atributos customizados dos componentes em relação ao estado inicial.

Os VDescriptors armazenam tanto a *Sintática* quanto a *Semântica* das customizações que deram origem a versão que ele representa, assim como orientado por (BROOKS; COOKE; VASSILEVA, 2003) (vide seção 3.2.1 do capítulo 3). Em relação à *Sintática*, foi adotada a Codificação *Delta* (*Delta Encoding*), para evitar a replicação desnecessária de dados. Esta estratégia determina que, ao se alterar um arquivo, apenas as diferenças entre versões devem ser persistidas (*Delta*), não sendo necessário a existência integral de ambas. Desta forma, a obtenção de qualquer das versões deve ser feita mesclando o *Delta* com os dados de origem, procedimento denominado *Merge* (TICHY, 1985).

No caso do CLOVeR, somente os atributos dos componentes com valores diferentes do seu estado inicial são mantidos no campo *customizations* de um VDescriptor. Ou seja, o *Delta* é sempre entre a Versão Customizada e a versão inicial do recurso, que é representada por um EFDestructor. Esta estratégia foi inspirada no *Git*⁶ (GIT, 2017), Sistema de Controle de Versão de código-aberto (GIT, 2017) que minimiza, através da criação de arquivos de referência, o quantitativo de *Merges* necessários para se obter uma versão. Este procedimento reduz o tempo e a complexidade do processo de recuperação (CHACON; STRAUB, 2014). Além disso, segundo Krüger (2007), controlar as modificações

⁶ <<https://git-scm.com/>>

em nível de atributo é o ideal para o versionamento de recursos, uma vez que otimiza o tamanho dos *Deltas* gerenciados pelo Sistema de Controle de Versão.

A listagem a seguir apresenta um exemplo de conteúdo armazenado na lista *customizations* de um VDescriptor, juntamente com o seu código *hash* equivalente:

```

1 { . . .
2   "customizations": [
3     { "scene": "cena_inicial",
4       "components": [
5         { "enabled": false,
6           "name": "BotaoAtividade2" },
7         { "visibled": false,
8           "name": "BotaoCreditos" }
9       ] }
10    ],
11    "hash": "d96be6701f19885bc67fafc4fdb624cb8c366ad1" }

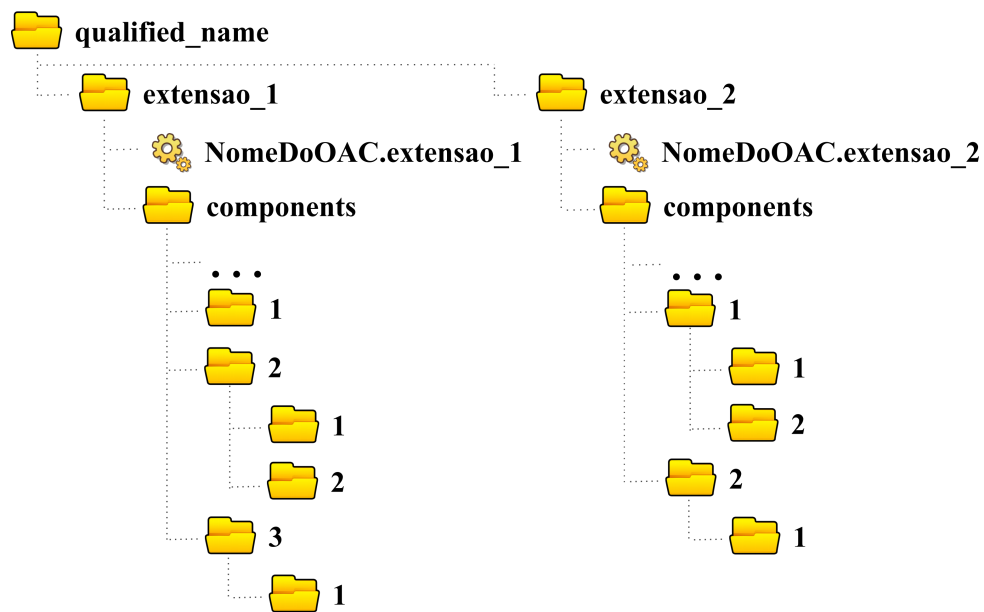
```

O *Cálculo do Delta* para uma Versão Customizada é efetuado comparando o estado dos componentes definido para a Versão Customizada com o estado inicial dos componentes registrado no CDescriptor referenciado pelo EFDdescriptor a partir do qual a versão foi criada. No caso das Versões de Primeiro Nível, o *Delta* obtido é validado, de modo a verificar se as customizações realizadas são compatíveis com o Grau de Liberdade do usuário responsável pela inclusão da VC. Caso as alterações excedam o nível de permissão, a adição da versão não é efetivada.

Já em relação às Versões de Segundo Nível em diante, a verificação do Grau de Liberdade é feita com base no *Delta* entre a nova versão e a versão partir da qual ela foi gerada. Para tanto, primeiro é necessário executar o *Merge* das customizações da versão de origem com o estado inicial dos componentes (CDescriptor), para depois, com base neste resultado, verificar quais alterações de fato foram executadas no processo de customização que originou a nova VC e assim realizar a correta validação do Grau de Liberdade do usuário.

No que diz respeito aos novos arquivos de mídia definidos por meio da substituição dos já existentes, eles são adicionados em subdiretórios do mesmo diretório no sistema de arquivos em que as mídias originais do OAC são persistidas. Estes subdiretórios são nomeados conforme o número da VC e a sua posição na Hierarquia de Versionamento. Tais mídias são referenciadas pela nova VC através das suas localizações no servidor. A Figura 16 exemplifica a estrutura de diretórios em que ficam localizados os executáveis e as mídias de um OAC.

Figura 16 – Exemplo da Estrutura de Subdiretórios em que os Arquivos Executáveis e de Mídia são Armazenados.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

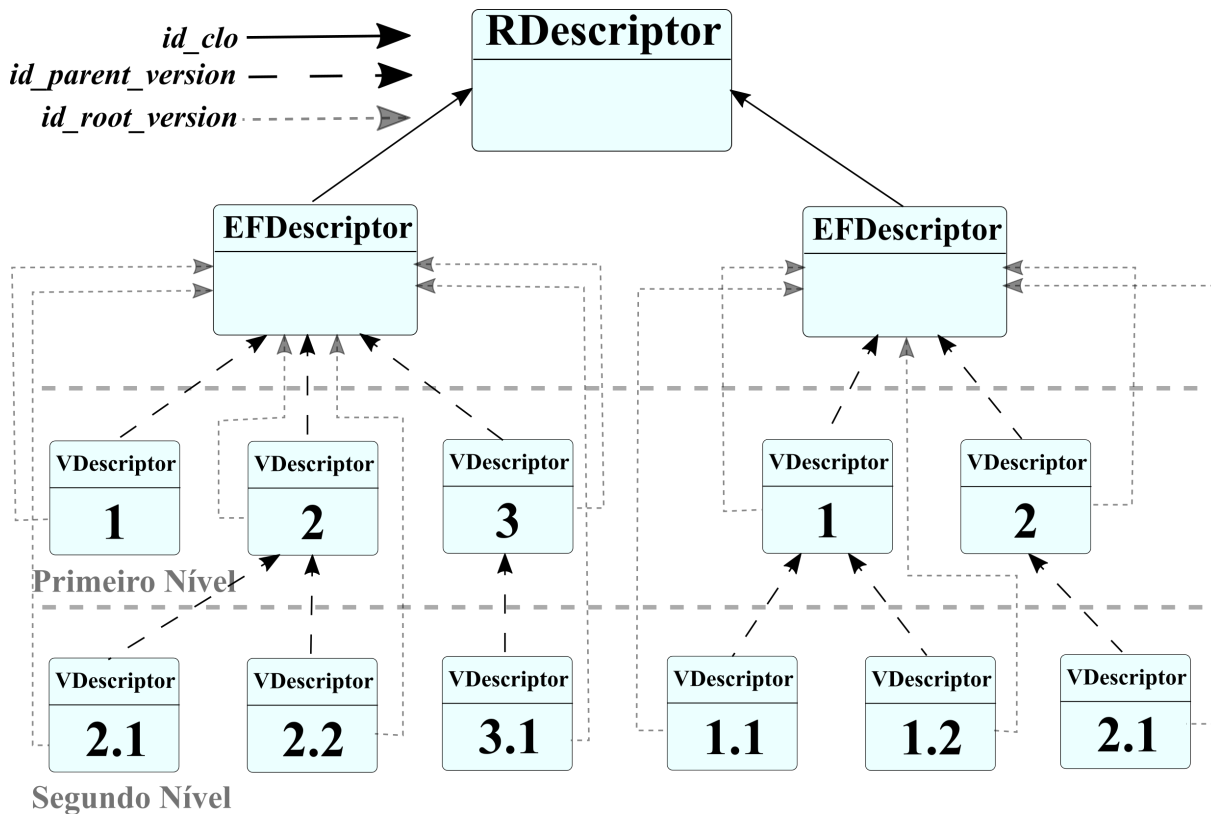
Como apenas as alterações entre as versões e as mídias modificadas são adicionadas ao CLOVeR, o uso do espaço em disco por parte do repositório é otimizado, dado que evita a replicação de arquivos e dados ao longo da base (SILVA; SOUZA; SOUZA, 2017).

Obs.: a versão atual do repositório proposto não executa o versionamento de arquivos executáveis, já que alterações em nível de código-fonte, processo de *Personalização* (FREUND, 2009 apud SOUZA; CASTRO-FILHO; ANDRADE, 2011), não resulta em uma Versão Customizada do OAC, mas sim em um novo recurso propriamente dito. Portanto, as modificações oriundas do Grau de Liberdade 4 devem ser adicionadas pelos usuários ao CLOVeR como um novo OAC.

4.1.3 Hierarquia de Versionamento

Os relacionamentos estabelecidos entre os documentos RDescriptor, EFDescriptor e VDescriptor resultam em uma estrutura hierárquica em forma de árvore no MongoDB para cada Objeto de Aprendizagem Customizável, o que possibilita a fácil identificação de suas diversas Versões Customizadas. Ela é denominada Hierarquia de Versionamento. O MongoDB, mesmo sendo uma base não-relacional, dá suporte à estrutura de dados do tipo árvore, propiciando a indexação das referências existentes ao longo da estrutura (MONGODB INC, ca. 2014e). A Figura 17 ilustra como exemplo a hierarquia de um OAC com dois arquivos executáveis, tendo cada um várias Versões Customizadas.

Figura 17 – Exemplo de Hierarquia de Versionamento de um OAC.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

As VCs da Hierarquia de Versionamento, embora relacionadas, são independentes umas das outras, assim como recomendado por Cervone (2012), Tate e Hoshek (2009) e Theilmann e Altenhofen (2003) para sistemas de controle de versão de Objetos de Aprendizagem. Esta autonomia ocorre devido aos *Deltas* serem relativos ao estado inicial dos recursos e não em relação à versão imediatamente acima na hierarquia. A estratégia de versionamento proposta garante que todas as Versões Customizadas possam ser acessadas, manipuladas e, até mesmo, customizadas por diversos usuários em paralelo. Cabe ao repositório proposto controlar em qual hierarquia e em qual nível as novas versões devem ser inseridas. Esta ação de disponibilizar todas as VCs de um recurso também é um dos requisitos para o versionamento de OAs (BROOKS; COOKE; VASSILEVA, 2003; CERVONE, 2012; THEILMANN; ALTENHOFEN, 2003). Além disso, o controle de versão projetado assegura que os usuários possam verificar, pela análise da *Semântica* das alterações, o histórico de customizações de um recurso.

4.1.3.1 Incorporação de Versão

Uma outra estratégia utilizada pelo repositório proposto para o armazenamento eficiente dos recursos é a *Incorporação de Versão Customizada*. Ela visa evitar que na Hierarquia de Versionamento de um mesmo EFDescriptor existam múltiplas VCs idênticas,

algo que poderia ocorrer se uma mesma versão fosse adicionada ao CLOVeR mais de uma vez.

Basicamente, no momento da inclusão da VC, é verificado se há algum VDescriptor com o campo *hash* igual ao *hash* definido para a nova versão que se está incluindo. Caso exista, isso é um indicativo de que a referida VC é igual a outra, ou seja, possui o mesmo *Delta* em relação ao estado inicial dos componentes. Com isso, para evitar a criação de um novo VDescriptor equivalente a outro da mesma hierarquia, os metadados referentes à nova versão são adicionados à lista de metadados do Descritor de Versão já existente, processo denominado Incorporação de Versão Customizada. Isto evita a replicação de VDescriptors quando usuários inserem diversas vezes a mesma VC de um OAC e quando geram, de modo não intencional, versões iguais de um recurso pelo processo de customização. A Figura 18 exemplifica esta operação.

Em atendimento ao objetivo específico da pesquisa de projeto/modelagem de um repositório que considere os aspectos estruturais e funcionais dos OACs e de suas Versões Customizadas, realizando o versionamento dos recursos armazenados, neste capítulo foi apresentado como OACs e VCs ficam organizadas no CLOVeR e como ocorre o controle de versão destes recursos.

Como detalhado ao longo do texto, o repositório proposto é formado por duas bases de dados. Uma não-relacional para a persistência das informações relativas aos recursos no formato binário do JSON, forma como são definidos os estados dos componentes e os metadados que descrevem os OACs, não demandando conversões para a inclusão e a obtenção de dados. E uma outra relacional, destinada aos cadastros dos usuários do repositório e às permissões de acesso à base. MongoDB e PostgreSQL, respectivamente. O uso do MongoDB garante também características definidas como necessárias para o repositório proposto: a escalabilidade da base e a flexibilidade para o armazenamento de metadados. Além disso, foi descrito que o sistema de arquivos do servidor em que o CLOVeR fica hospedado é utilizado para o armazenamento direto dos arquivos executáveis e de mídia dos recursos, sendo estes organizados com base na Hierarquia de Versionamento do OAC.

Neste capítulo também foram detalhados os documentos criados no MongoDB para representarem os recursos no repositório, sendo apresentadas quais informações cada um persiste e quais dados devem possuir. Ademais, foi descrito que, para controlar as versões dos OACs, esses documentos se relacionam hierarquicamente, algo suportado pelo MongoDB, apesar de ser não-relacional, otimizando o espaço consumido no repositório por meio do armazenamento apenas das diferenças da VC em relação à versão inicial do recurso e da prevenção de existência de versões idênticas (Incorporação de Versão Customizada).

No próximo capítulo é descrita a arquitetura do repositório proposto como um todo e também como ele pode ser acessado e ter o seu conteúdo manipulado.

The diagram illustrates the relationship between three types of descriptors: RDescriptor, EFDescriptor, and VDescriptor.

- Descriptors and Versions:**
 - RDescriptor:** A single object representing a root descriptor.
 - EFDescriptor:** A single object representing an extended feature descriptor.
 - VDescriptor:** Multiple objects representing different versions of a descriptor. The diagram shows three versions:
 - version: 1**
 - version: 2**
 - version: 3**
- Relationships:**
 - Parent-Child Relationships:** Indicated by dashed arrows labeled *id_parent_version* and *id_root_version*.
 - Version 1 is the root (parent of version 2).
 - Version 2 is the parent of version 3.
 - The RDescriptor is the parent of the EFDescriptor.
 - The EFDescriptor is the parent of version 2.
 - Customizations and Hashes:** A bracket labeled "Customizations e Hash Iguais" points to the **customizations** and **hash** fields in the VDescriptor objects, indicating that these fields are identical across different versions of the same descriptor.

Fonte: Elaborada pelo Autor.

5 Arquitetura do Repositório Proposto

"Na vida, não existe nada a temer, mas a entender."
(Marie Curie)

Os Repositórios de Objetos de Aprendizagem devem prover uma interface de alto nível que possibilite aos humanos interagirem com eles e que viabilize a integração com outras aplicações (CLEMENTS; PAWLOWSKI; MANOUSELIS, 2014; JOSHI; THAKUR; MEHROTRA, 2013). Por este motivo, foi desenvolvida a Plataforma *Web* de Objeto de Aprendizagem Customizável (*Customizable Learning Object Web Platform* - CLOWebPlatform), um ambiente *web* pelo qual o CLOVeR pode ser acessado, manipulado e gerenciado. Mesmo possibilitando a execução de todos estes procedimentos, a versão inicial da CLOWebPlatform, apresentada no decorrer deste capítulo, foi implementada visando a validação da modelagem proposta para o repositório. Objetiva-se, em implementações futuras, elaborar versões mais aprimoradas desta plataforma.

A CLOWebPlatform pode ser acessada, por meio de um navegador *web*, por qualquer pessoa que possua acesso à internet, independentemente do dispositivo que estiver utilizando (computador ou dispositivos móveis), uma vez que a interface da plataforma é "responsiva", ou seja, se adapta a diferentes dimensões de tela (SILVA; SOUZA; SOUZA, 2017). Este é um aspecto atualmente indispensável para estes ambientes, dada a expansão do uso de dispositivos móveis também no âmbito educacional (KINSHUK; JESSE, 2013 apud XU, 2016)(YELA et al., 2016). Apesar deste acesso multiplataforma à CLOWebPlatform, é importante destacar que os OACs e suas Versões Customizadas não podem ser utilizados em quaisquer ambientes, sendo possível usá-los apenas em ambientes que suportem os seus executáveis. Por conseguinte, é comum que um mesmo recurso possua diversos arquivos executáveis, o que o torna compatível com diferentes ambientes.

Além disso, seguindo a indicação de McNaught (2007), que afirma que a abertura colabora para o "sucesso" de um ROA, e conforme os ideais do movimento Recursos Educacionais Abertos, os recursos armazenados no CLOVeR são disponibilizados publicamente pela CLOWebPlatform, podendo ser livremente consultados por meio de seus metadados baseados no padrão IEEE LOM (IEEE LTSC, 2002).

A plataforma de interação com o CLOVeR foi inicialmente projetada para suportar as operações consideradas por Sampson e Zervas (2013b) como centrais para tais ambientes nas dimensões de *Objetos de Aprendizagem* e *Metadados que Descrevem Objetos de Aprendizagem* (vide seção 3.2 do capítulo 3). Destas funcionalidades, apenas a visualização prévia do conteúdo do recurso (imagens dele em uso, por exemplo) não é disponibilizada pela versão inicial. A tela de detalhamento dos recursos apenas apresenta os seus metadados.

Operações da *Dimensão de Serviços de Valor Agregado* somente serão adicionadas em versões futuras.

Como o repositório proposto é constituído de OACs e VCs, todas as funções tiveram que ser replicadas para cada tipo de recurso. Na Tabela 5 são listadas e descritas as funcionalidades inicialmente ofertadas pela CLOWebPlatform.

Tabela 5 – Funcionalidades Disponibilizadas pela CLOWebPlatform.

Funcionalidade	Descrição
<i>Dimensão de Objetos de Aprendizagem</i>	
Armazenar OAC / VC	Funcionalidade para a inclusão de novos recursos no repositório.
Pesquisar OAC / VC	Funcionalidade para a consulta de recursos a partir da definição de filtros que são comparados com os metadados contidos na base.
Navegar pela listagem de OACs / VCs	Funcionalidade que permite aos usuários navegarem entre diversos OACs agrupados em um resultado de pesquisa e navegarem pelas diversas VCs de um mesmo OAC.
Baixar OAC / VC	Funcionalidade para os usuários realizarem o <i>download</i> dos recursos.
<i>Dimensão de Metadados que Descrevem Objetos de Aprendizagem</i>	
Armazenar Metadados de OAC / VC	Funcionalidade que permite aos usuários adicionarem no repositório metadados para a descrição dos recursos.
Visualizar Metadados de OAC / VC	Funcionalidade para possibilitar a visualização em detalhes dos metadados que descrevem os recursos.

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Outra característica importante da plataforma *web* de interação com o CLOVeR é a Interface de Programação de Aplicativos (*Application Programming Interface* - API) de Transferência de Estado Representacional (*REpresentational State Transfer* - REST) oferecida por ela. Esta API REST possibilita a inclusão e a obtenção de recursos por meio de requisições do protocolo HTTP, fazendo com que o repositório funcione como um serviço (*As A Service*), um aspecto vantajoso para este tipo de base digital na visão de Huang et al. (2014). De acordo com Silva, Souza e Souza (2017), esta interface possibilita que o CLOVeR seja integrado a outras aplicações, tais como AVAs, conforme recomendado por Tarouco et al. (2014), uma vez que permite aos sistemas se comunicarem sem demandar a intervenção humana.

Ademais, no que diz respeito à CLOWebPlatform, para a implementação do seu *front-end* foi utilizada a tecnologia *HyperText Markup Language*, Versão 5 (HTML 5) (HICKSON et al., 2014), com *Bootstrap*¹ (BOOTSTRAP, 2017), o que garantiu o funcionamento multiplataforma da interface de interação com o repositório, conforme recomendado por Kinshuk e Jesse (2013 apud XU, 2016). Já o seu *back-end* foi implementado em *Node.js*^{TM2} (NODE.JS FOUNDATION, 2017b), tecnologia orientada a eventos que permite criar servidores *web* leves para o atendimento a requisições HTTP por meio da

¹ <<http://getbootstrap.com/>>

² <<https://nodejs.org/>>

interpretação de funções escritas em *Javascript* (NODE.JS FOUNDATION, 2017a). O Node.jsTM é recomendado para a implementação de aplicações que requerem escalabilidade, pois dá suporte de forma eficiente ao atendimento de múltiplas requisições em paralelo (NODE.JS FOUNDATION, 2017a). O código-fonte da plataforma está disponível publicamente em um repositório denominado *CLORepositoryWebPlatform*³ no *GitHub*⁴ (GITHUB INC, 2016).

Isso faz com que o repositório proposto siga o modelo arquitetural, que, de acordo com Santiago (2009 apud ROCHA et al., 2011), é tomado como referência pelos ROAs em geral. Este modelo é composto pelos seguintes elementos:

- *Repositório de Conteúdo*: local em que os recursos e os metadados ficam persistidos;
- *Mecanismo de Indexação e Pesquisa*: responsável por buscar informações no *Repositório de Conteúdo*;
- *Mecanismos de Interface*: para permitir a interação dos usuários e/ou outros *softwares* com o repositório.

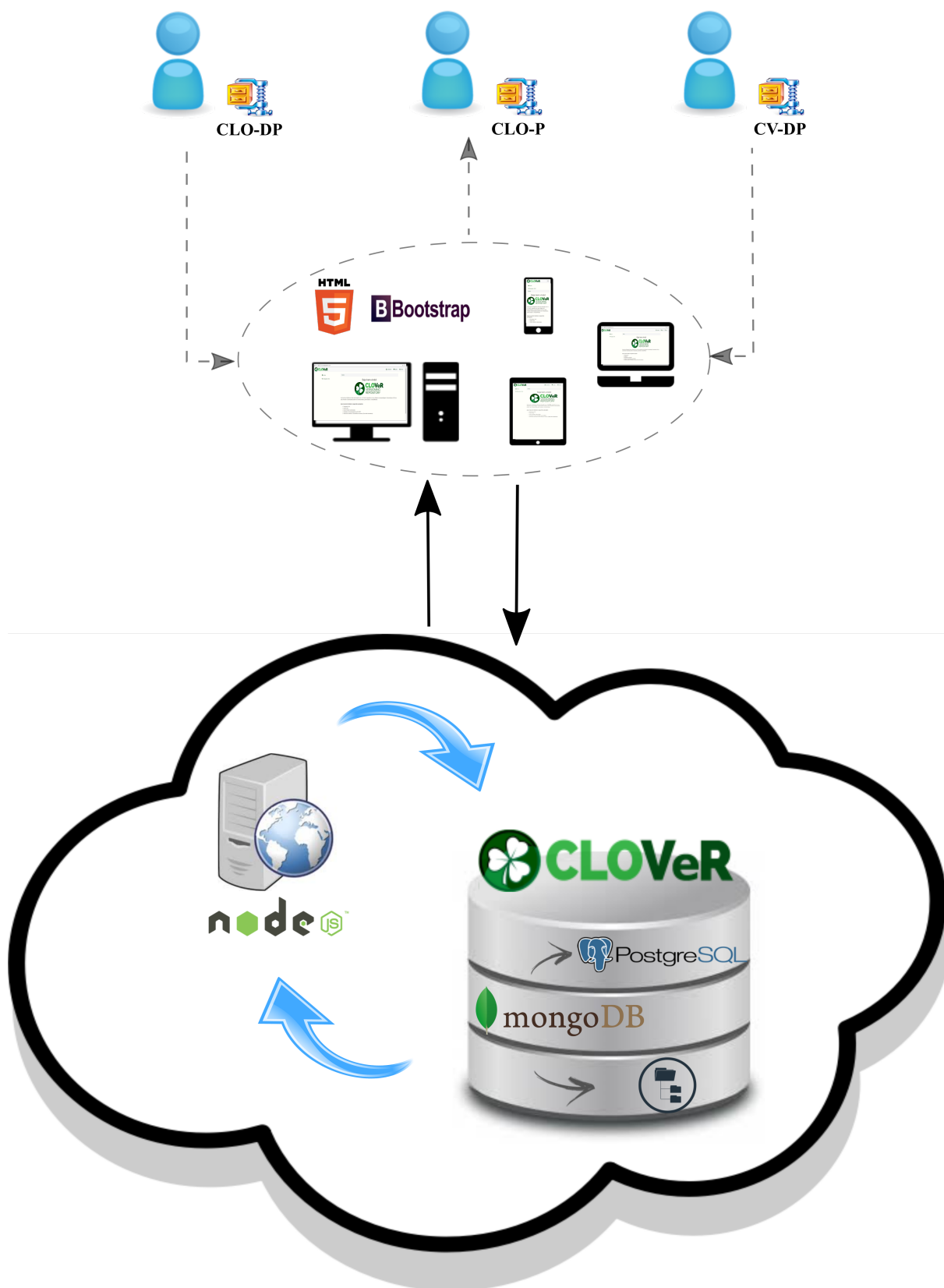
No caso do CLOVeR, *front-end* da CLOWebPlatform atua como o *Mecanismo de Interface*, enquanto que o *back-end* opera como o *Mecanismo de Indexação e Pesquisa*, uma vez que é o responsável por se comunicar diretamente com a base (envio e obtenção de conteúdo). O elemento *Repositório de Conteúdo* é representado pelo CLOVeR em si, pois é o local em que todos os OACs, as VCs, os metadados e as informações referentes aos usuários ficam persistidas.

A Figura 19 ilustra a arquitetura do repositório proposto por meio da apresentação de todos os elementos que o compõem e de como eles estão relacionados entre si.

³ <github.com/wallisonfelix/CLORepositoryWebPlatform>

⁴ <https://github.com/>

Figura 19 – Arquitetura do Repositório Proposto.



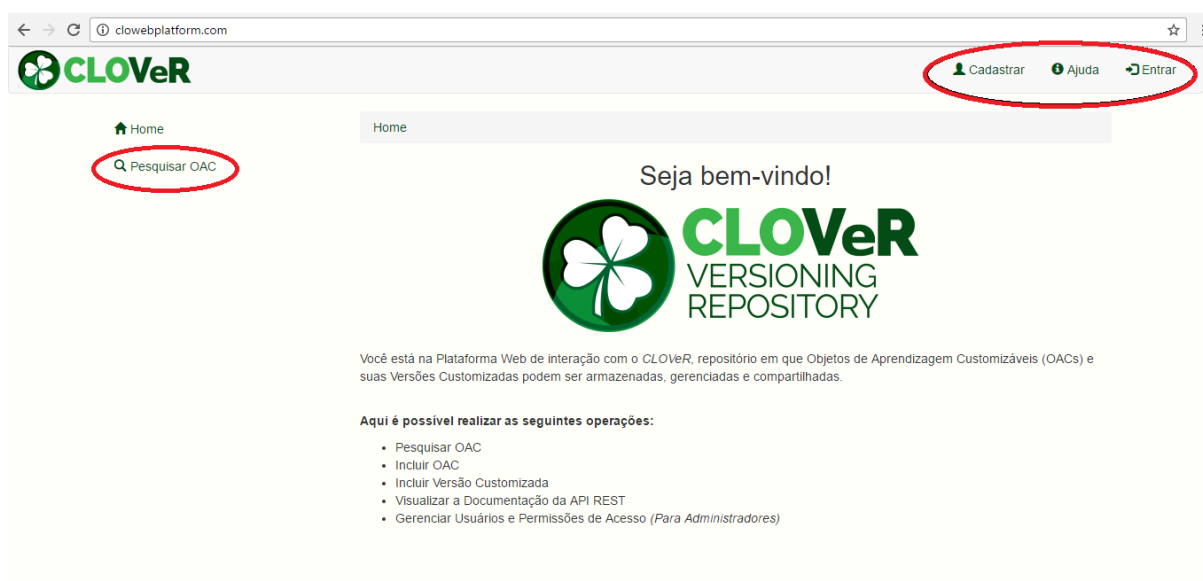
Fonte: Elaborada pelo Autor.

5.1 Funcionamento da Customizable Learning Object Web Platform

A CLOWebPlatform pode ser acessada pelo *link* <<http://clowebplatform.com/>>. Ela possui uma tela inicial (Figura 20) que apresenta o ambiente e as funcionalidades oferecidas. Nesta tela também são disponibilizados publicamente os seguintes *links*:

- Entrar: redireciona para a tela de autenticação da plataforma, para caso o usuário possua cadastro ativo;
- Ajuda: redireciona para tela com a descrição de como um OAC e/ou uma VC deve ser obtida e utilizada localmente;
- Cadastrar: redireciona para a tela de autocadastro da CLOWebPlatform;
- Pesquisar OAC: redireciona para a tela de pesquisa de recursos armazenados no CLOVeR.

Figura 20 – Tela Inicial da CLOWebPlatform.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

A versão inicial da plataforma oferece como filtros, na tela para a pesquisa de OACs, os campos *Título*, *Descrição* e *Palavra-Chave*. Ao solicitar a consulta, o repositório realiza uma busca na base por todos os OACs e Versões Customizadas que sejam compatíveis com os valores estabelecidos nos filtros preenchidos e retorna, na mesma tela, a listagem de todos os OACs encontrados ou que possuam uma VC compatível com os dados definidos nos filtros. A Figura 21 demonstra um exemplo de resultado retornado pelo CLOVeR para uma determinada consulta.

Ao clicar para visualizar as Versões Customizadas de um OAC retornado como resultado de uma pesquisa, o usuário é redirecionado para uma tela para navegar ao

Figura 21 – Tela de Pesquisa de OAC da CLOWebPlatform com o Resultado de uma Consulta.

The screenshot shows the CLOWebPlatform search interface. At the top, there is a navigation bar with the CLOVeR logo, links for 'Cadastrar', 'Ajuda', and 'Entrar'. Below the navigation bar, there is a search form with three input fields: 'Título:', 'Descrição:', and 'Palavra-Chave:'. Each field has a placeholder text: 'Informe o título do OAC desejado', 'Informe uma descrição do OAC desejado', and 'Informe uma palavra-chave do OAC desejado'. A green 'Pesquisar' button is located below the input fields. Below the search form, there is a 'Resultados:' section. It contains a table with four columns: 'Título', 'Detalhes', 'Arquivos Executáveis', and 'Versões Customizadas'. The first row of the table shows the title 'Histórias Quase Fantásticas', a magnifying glass icon in the 'Detalhes' column, and two files in the 'Arquivos Executáveis' column: '.apk' and '.swf'. In the 'Versões Customizadas' column, there are two version icons: a green circle with a white '1' and a green circle with a white '2'. These two version icons are circled in red.

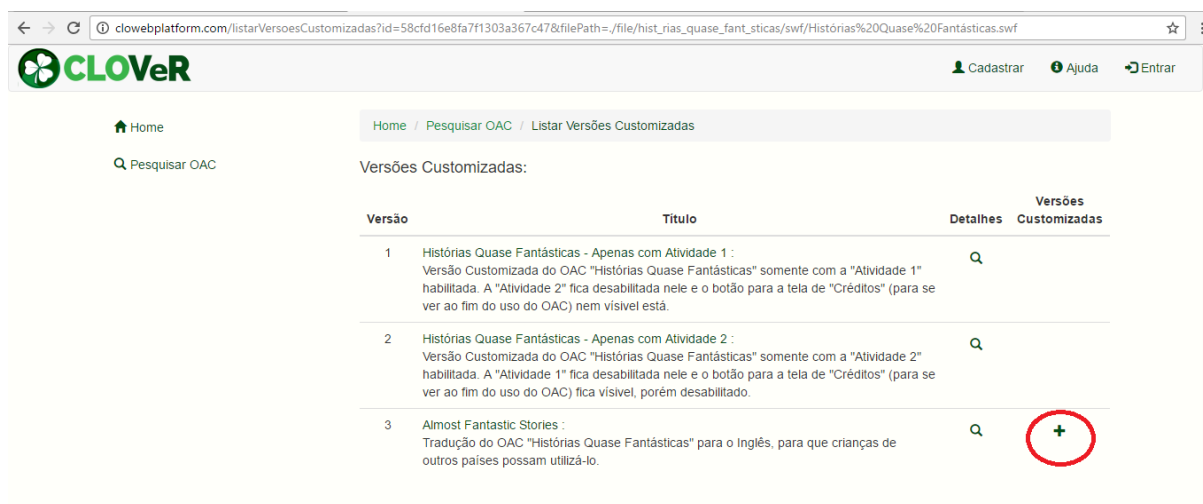
Fonte: Elaborada pelo Autor.

longo da hierarquia de versões do recurso, como ilustrado na Figura 22. Dessa forma, a CLOWebPlatform oferece duas maneiras de se buscar recursos no CLOVeR, como recomendado por Neven e Duval (2002). Uma pelo preenchimento de filtros, que são comparados aos metadados que descrevem os recursos, e outra por meio da interação com versões relacionadas, algo recomendado para novos usuários, pois permite que eles concebam a estrutura da base de dados e encontrem facilmente recursos que são associados (NEVEN; DUVAL, 2002).

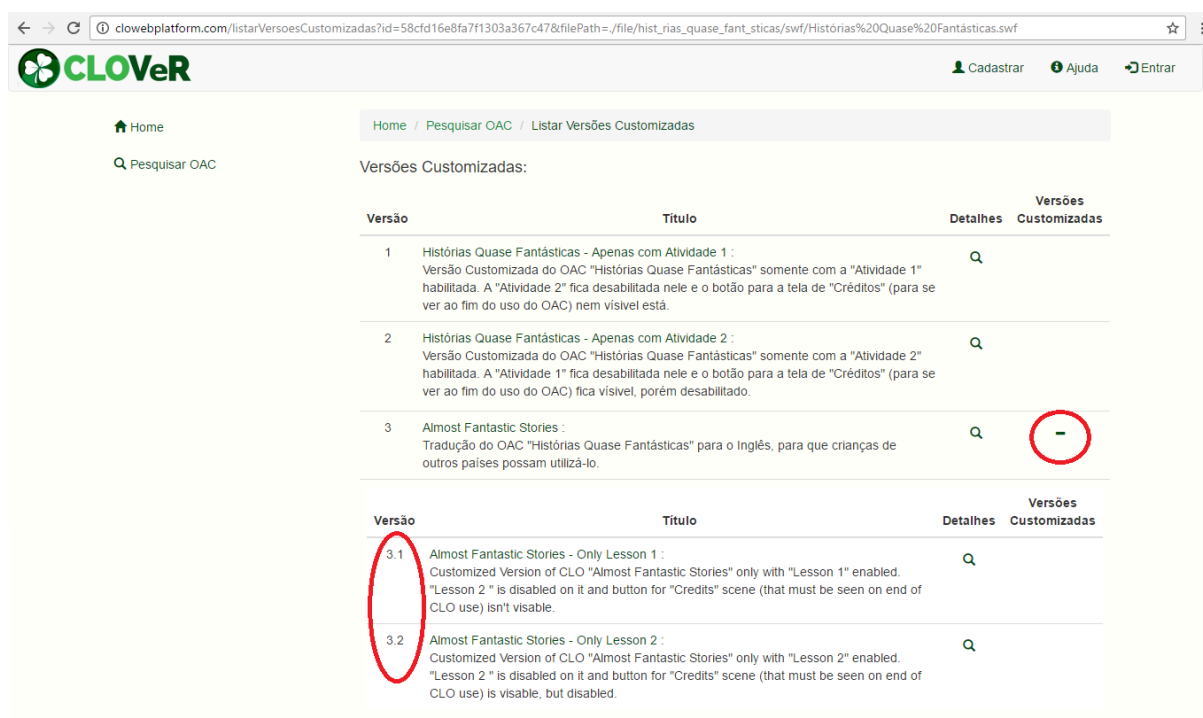
Para a execução de operações que resultam na manipulação do conteúdo do repositório, tal como a inclusão de novos OACs e VCs ou o gerenciamento dos perfis cadastrados e das permissões de acesso à plataforma, é exigido que o usuário possua cadastro ativo no CLOVeR, com credenciais próprias de acesso (*login* e senha) e com autorização para a dada funcionalidade. Cada cadastro possui um ou mais *Papéis* vinculados de acordo com o tipo do usuário. Os *Papéis* do cadastro são os indicadores de quais operações estão habilitadas para o usuário, pois cada *Papel* possui permissões de acesso atreladas a ele.

Decidiu-se trabalhar com quatro tipos diferentes de *Papel* na primeira versão da CLOWebPlatform. Esta estratégia foi baseada em Lehman (2007), que relata que os ROAs devem atender às necessidades de professores, de alunos e de *designers* (pessoas em geral envolvidas no desenvolvimento dos recursos), e inspirada no PINGO, repositório proposto por Nogueira, Chaimowicz e Prates (2013) para o armazenamento de jogos educativos customizáveis, apresentado na seção 1.3 do capítulo 1, que adota *Papéis* para controlar o acesso ao portal de interação com o repositório e estabelece três *Papéis* distintos: *Professor*,

Figura 22 – Tela Apresentando a Hierarquia de Versionamento de um OAC.



(a) Versões de Primeiro Nível.



(b) Versões de Segundo Nível.

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Aluno e Desenvolvedor de Jogo. Além desses três tipos, a CLOWebPlatform define também o *Papel Administrador*. A seguir são listados todos os *Papéis* com o informativo das funções que possui acesso, excetuando as que são públicas (Pesquisar/Navegar por recursos, Visualizar informações e Baixar OACs/VCs):

- **Professor:** destinado aos Professores que utilizam o CLOVeR para a busca, obtenção e adição de recursos. Possui direito de Armazenar novos OACs e novas Versões Customizadas;

- **Aluno:** destinado aos Estudantes que acessam o CLOVeR para pesquisar e baixar recursos. À princípio com acesso apenas às funções públicas. À medida que novas funcionalidades forem adicionadas à CLOWebPlatform em futuras versões, operações de acesso restrito serão atribuídas a este *Papel*;
- **Designer:** destinado aos *designers* e desenvolvedores que, de alguma forma, participam da criação de recursos. Podem Armazenar novos OACs e novas VCs;
- **Administrador:** destinado aos responsáveis pela administração do CLOVeR. Tem permissão para gerenciar os cadastros (validar, editar e excluir), os papéis e as permissões de acesso à CLOWebPlatform.

5.1.1 Autocadastro

Qualquer utilizador pode solicitar um cadastro no CLOVeR por meio da tela pública de autocadastro, na qual o usuário informa algumas informações pessoais (nome, endereço de *e-mail* e atividades/atuação) e uma descrição do seu perfil profissional/acadêmico e dos seus interesses em relação ao uso do repositório. A Figura 23 apresenta a tela de autocadastro da plataforma.

Figura 23 – Tela de Autocadastro da CLOWebPlatform.

A imagem mostra a interface de autocadastro do CLOVeR. No topo, há uma barra de navegação com o logo CLOVeR e links para 'Cadastrar', 'Ajuda' e 'Entrar'. Abaixo, há uma barra lateral com links para 'Home' e 'Pesquisar OAC'. O formulário principal contém os seguintes campos:

- Nome ***: Campo de texto com o placeholder 'Informe o seu nome'.
- Email ***: Campo de texto com o placeholder 'Informe o seu email'.
- Confirmação de Email ***: Campo de texto com o placeholder 'Confirme o email informado'.
- Atividades / Atuação ***: Menu suspenso com opções: 'Professor do Ensino Infantil', 'Professor do Ensino Fundamental', 'Professor do Ensino Médio', 'Professor do Ensino Técnico' e 'Professor do Ensino Superior'. O placeholder é 'Informe as Atividades que realiza'.
- Perfil ***: Área de texto grande com o placeholder 'Informe uma descrição que detalhe o seu Perfil Acadêmico e/ou Profissional (necessária para atribuição do Grau de Liberdade e dos Papéis de Acesso)'.
- Login ***: Campo de texto com o placeholder 'Informe o seu login'.
- Senha ***: Campo de texto com o placeholder 'Informe a sua senha'.
- Confirmação de Senha ***: Campo de texto com o placeholder 'Confirme a senha informada'.

Abaixo dos campos, há uma mensagem em vermelho: '* Campos Obrigatórios'. No final, há um botão verde 'Salvar'.

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Ao finalizar o autocadastro, o usuário recebe um *e-mail*, seguindo o mesmo padrão do mostrado na Figura 24, para notificá-lo da realização do cadastro e para que o endereço informado seja validado.

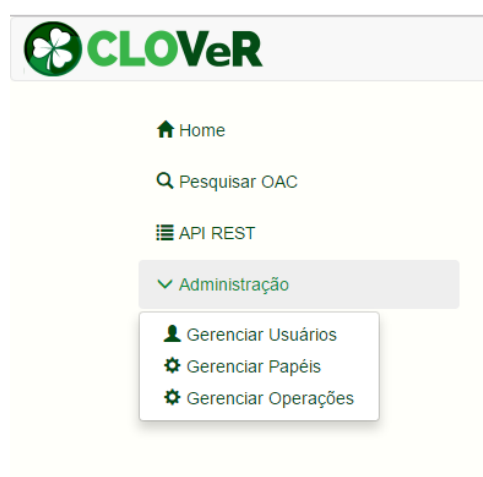
Figura 24 – *E-mail* de Confirmação do Autocadastro e de Validação de Endereço.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

Com o endereço de *e-mail* devidamente validado, o cadastro fica aguardando a análise por parte da equipe de administradores da plataforma. Como eles são os responsáveis pelo gerenciamento dos cadastros e das permissões de acesso à CLOWebPlatform, apenas usuários com o *Papel Administrador* possuem acesso às operações de validação de usuário (Figura 25). Os administradores são responsáveis por averiguar e aceitar, ou não, os cadastros. Caso sejam aceitos, *Papel(is)* e um nível de Grau de Liberdade são atribuídos a eles, de acordo com o perfil do usuário descrito no autocadastro. A Figura 26 apresenta a tela utilizada pelos administradores para a validação dos cadastros.

Figura 25 – *Menu* de Administração da CLOWebPlatform.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

Figura 26 – Tela de Validação de Autocadastro da CLOWebPlatform.

clowebplatform.com/editar_usuario?idUser=6

CLOVeR Ajuda Sair

Home / Administração / Gerenciar Usuários / Editar Usuário

Nome *: Wallison Félix
Informe o nome do Usuário

Email *: wallison.felix@gmail.com
Informe o email do Usuário

Login *: wallison.felix
Informe o login do Usuário

Atividades / Atuação *:
Aluno do Ensino Fundamental
Aluno do Ensino Médio
Aluno do Ensino Técnico
Aluno do Ensino Superior
Aluno de Pós-graduação
Informe as Atividades do Usuário

Perfil *:
Mestrando em Ciências da Computação, possui experiência com a análise e desenvolvimento de sistemas e um pouco de conhecimento com design de soluções digitais.
Tem interesse em contribuir com OACs para o CLOVeR.
Informe uma descrição que detalhe o Perfil Acadêmico e/ou Profissional do Usuário

Grau de Liberdade *: 4
Informe o Grau de Liberdade do Usuário

*** Campos Obrigatórios**

Papéis:

	Nome	Código	Descrição
☐	Administrador	administrador	Papel destinado aos Administradores do Repositório
☐	Aluno	aluno	Papel destinado à Alunos
☒	Designer	designer	Papel destinado à Designers
☐	Professor	professor	Papel destinado à Professores

☒ Confirmar a inclusão definitiva na CLO Web Platform

Salvar

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Se o usuário for ativado no CLOVeR, ele receberá um *e-mail* comunicando sobre a ativação e as informações do cadastro após o processo de validação, incluindo o(s) *Papel(is)* e o nível de Grau de Liberdade recebido. A Figura 27 ilustra o formato do *e-mail* notificando sobre a ativação do cadastro.

Figura 27 – *E-mail* de Notificação da Validação do Autocadastro.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

5.2 Formato de Empacotamento de Objetos de Aprendizagem Customizáveis e Versões Customizadas para o CLOVeR

Assim como em *ROAs com Armazenamento Tradicional*, no CLOVeR, a inclusão e a obtenção de recursos ocorre por meio de pacotes que encapsulam os elementos que compõem o OA, tais como arquivos executáveis e de mídia (imagens, áudios e vídeos) e outros arquivos do tipo texto com os metadados e o estado dos componentes do recurso, ambos no formato JSON.

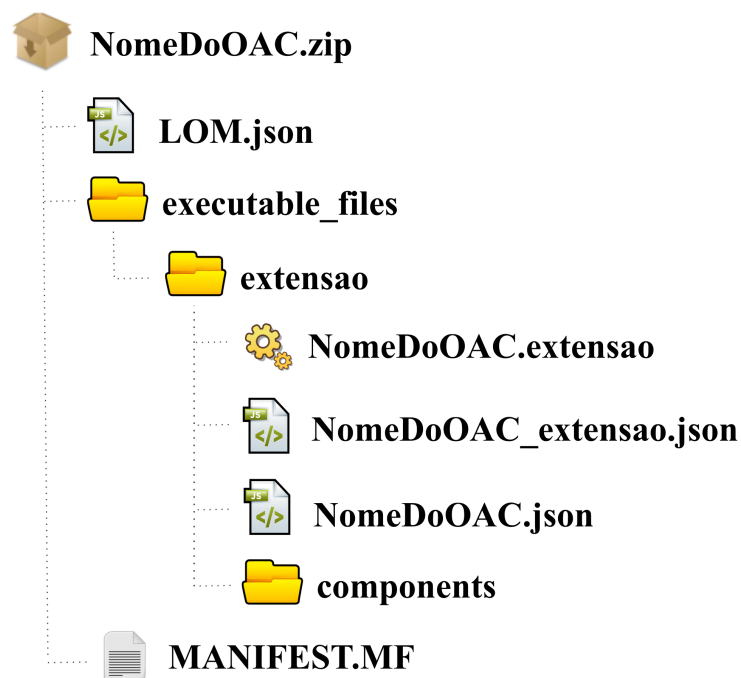
Basicamente, para a inclusão de OAC e de VC, o usuário submete um pacote de implantação, que é recebido, validado e processado pelo *back-end* da CLOWebPlatform, de modo a extrair os arquivos e os dados e armazená-los como um novo recurso no CLOVeR, de acordo com o modelo de dados da base. No caso da obtenção de um recurso, a plataforma busca no repositório os arquivos e os dados que formam o OAC/VC solicitado, empacota-os e envia o pacote para o requisitante.

Foram definidos três formatos de empacotamento para a inclusão e a obtenção de recursos. Eles são detalhados nas seções a seguir.

5.2.0.1 Customizable Learning Object Deployment Package - CLO-DP

O Pacote de Implantação de OAC (*CLO Deployment Package* - CLO-DP) é o formato de pacote utilizado para adicionar um novo Objeto de Aprendizagem Customizável ao CLOVeR. A nova versão do CLO Studio, ferramenta de autoria de OAC, atualmente em processo de implementação, terá, como uma de suas funções, a opção para gerar este pacote. Ele encapsula todos os elementos que formam o recurso, o que facilita a forma como eles são submetidos ao repositório. A sua estrutura é mostrada na Figura 28 e descrita abaixo. No Apêndice A são listados exemplos de conteúdo dos arquivos que compõem um CLO-DP.

Figura 28 – Estrutura do CLO-DP.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

(i) *LOM.json*

O arquivo *LOM.json* possui os metadados que descrevem o recurso. Este arquivo é flexível o suficiente para suportar a adição e/ou a exclusão de elementos, algo que o CLOVeR suporta, dado que não exige uma estrutura fixa para a catalogação de recursos. A priori, os metadados deste arquivo são definidos com base no padrão IEEE LOM (IEEE LTSC, 2002), modelo adotado pelos OACs, mas não há obrigatoriedade de seguir este padrão. Este é um vantajoso aspecto do repositório proposto, uma vez que a criação de *Application Profiles* para ROAs é um procedimento comum atualmente (ZERVAS; KALAMATIANOS; SAMPSON, 2014) e, em muitos casos, a adoção de padrões fixos de metadados por estas bases faz com que a simples adição de um campo na descrição do recurso impossibilite-o de ser armazenado ou exija grandes mudanças no projeto do

repositório (OCHOA; CARRILLO; CECHINEL, 2014; SANTOS et al., 2014).

Os metadados contidos no *LOM.json* são definidos na própria ferramenta de autoria do OAC, fazendo com que não seja necessário o preenchimento no momento da inclusão. Assim, basta que o usuário submeta o CLO-DP para que armazene um recurso recém-criado no CLOVeR.

(ii) *executable_files*

O diretório *executable_files* possui um subdiretório para cada arquivo executável do OAC, já que um mesmo recurso pode possuir mais de um executável para funcionar em ambientes distintos. Cada subdiretório é denominado com a extensão do executável contido nele. A Figura 29 apresenta a estrutura do diretório *executable_files* de um CLO-DP com dois arquivos executáveis.

Figura 29 – Exemplo de Estrutura do Diretório *executable_files* de um CLO-DP com Dois Executáveis.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

Como ilustrado nas Figuras 28 e 29, os subdiretórios são formados pelos seguintes elementos:

- *NomeDoOAC.extensao*: arquivo executável em si. Possui o mesmo nome do pacote de implantação;
- *NomeDoOAC_extensao.json*: arquivo com os metadados que descrevem o executável. Para tanto, são utilizados os elementos da Categoria *Technical* do padrão

IEEE LOM (IEEE LTSC, 2002). Cervone (2012) destaca ser fundamental para os ROAs que os metadados descrevam também aspectos do executável (formato, por exemplo), mas que é algo pouco realizado, conforme demonstrado pelo estudo de Ochoa et al. (2011);

- *NomeDoOAC.json*: arquivo com o estado dos componentes para o respectivo executável. O estado dos componentes não necessariamente é o mesmo entre os diversos arquivos executáveis, por isso é necessário um *NomeDoOAC.json* para cada. Por exemplo, é comum que plataformas de execução distintas demandem valores diferentes para o atributo *position* dos componentes;
- *componentes*: subdiretório com todos os arquivos de mídia referenciados pelo atributo *source* dos componentes do tipo *Imagem*, *Áudio* e *Vídeo* contidos no *NomeDoOAC.json*.

(iii) **MANIFEST.MF**

Arquivo em formato textual que possui informações que auxiliam a leitura e o processamento do CLO-DP. A listagem a seguir apresenta como seria o *MANIFEST.MF* do Pacote de Implantação de OAC cujo diretório *executable_files* fosse o ilustrado na Figura 29, de acordo com o primeiro modelo estrutural definido para os arquivos *MANIFEST*:

```

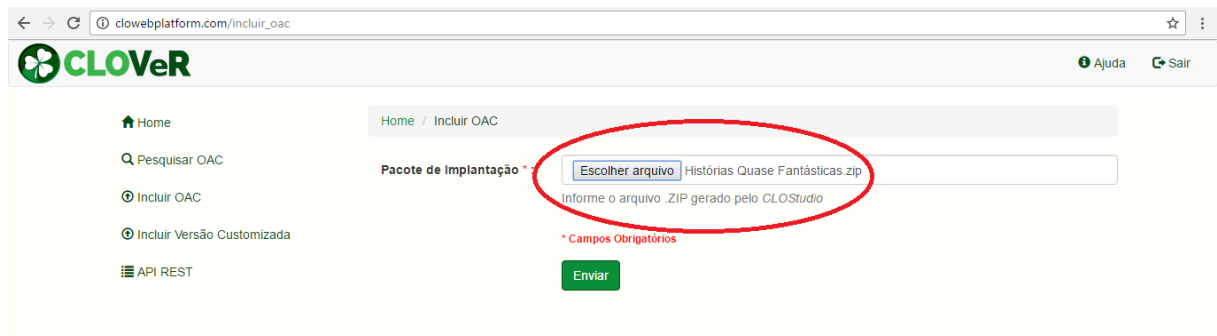
1 Manifest-Version: 1.0
2 Executable-File-Directory: executable_files/swf
3 Executable-File: Histórias Quase Fantásticas.swf
4 Executable-File-Directory: executable_files/apk
5 Executable-File: Histórias Quase Fantásticas.apk

```

Para incluir um novo OAC no CLOVeR, o usuário deve estar obrigatoriamente autenticado na CLOWebPlatform e possuir permissão para *Armazenar OAC*. Esta é uma estratégia básica para o controle da qualidade dos recursos armazenados, como descrito e recomendado por McGreal (2008). A inclusão se dá por meio da submissão do CLO-DP pela tela demonstrada na Figura 30 ou pela API REST da plataforma.

Quando um usuário envia um Pacote de Implantação de OAC pela CLOWebPlatform, o *back-end* da mesma lê o conteúdo do pacote e executa uma série de validações necessárias, por exemplo, se os arquivos JSONs estão corretamente formatados, se todos os executáveis e mídias estão contidas no pacote, dentre outras. Caso o CLO-DP esteja corretamente estruturado e com as informações devidamente formatadas, a plataforma inclui no MongoDB, distribuídos em documentos, conforme detalhado no capítulo 4, o conteúdo dos três diferentes tipos de JSON do pacote (*LOM.json*, *NomeDoOAC_extensao.json* e *NomeDoOAC.json*).

Figura 30 – Tela de Inclusão de OAC da CLOWebPlatform.

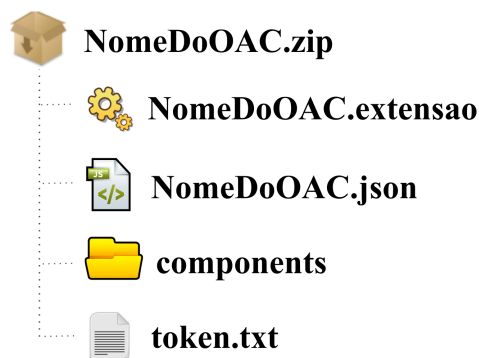


Fonte: Elaborada pelo Autor.

5.2.0.2 Customizable Learning Object Package - CLO-P

O Pacote de OAC (*CLO Package* - CLO-P) é o formato de pacote em que os OACs e as VCs são baixadas do repositório proposto. Ele é gerado pela CLOWebPlatform no momento em que um recurso é solicitado. Sua estrutura, exibida na Figura 31, encapsula todos os arquivos e dados necessários para a execução do OA. Os tópicos a seguir descrevem os elementos que formam o CLO-P.

Figura 31 – Estrutura do CLO-P.

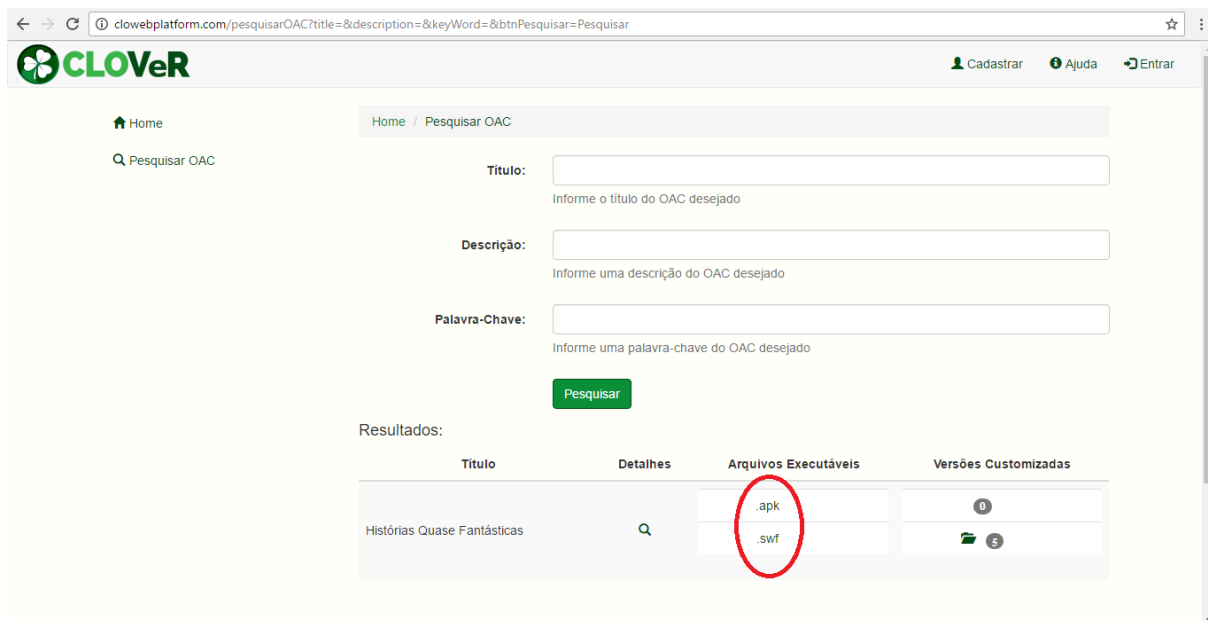


Fonte: Elaborada pelo Autor.

(i) *NomeDoOAC.extensao*

Arquivo executável do recurso que foi requisitado pelo usuário. Como os OACs podem possuir mais de um executável, ao realizar o *download*, o utilizador do repositório deve selecionar qual versão executável do OAC deseja baixar (Figura 32). Além disso, as Versões Customizadas são vinculadas a um determinado executável, já que o estado dos componentes pode variar de acordo com o ambiente em que o recurso é executado, devido, por exemplo, a posição de um componente em uma mesma cena ser diferente quando executado em um computador e em um *smartphone*.

Figura 32 – Tela de Pesquisa de OAC da CLOWebPlatform com o Resultado de uma Consulta que Retorna OAC com Dois Executáveis.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

(ii) *NomeDoOAC.json*

Arquivo contendo o estado de todos os componentes do recurso para o respectivo executável. O conteúdo deste arquivo é definido no momento do *download* do CLO-P, pois, se o recurso solicitado for uma Versão Customizada, as customizações realizadas para a versão devem ser mescladas com o estado inicial dos componentes, uma vez que cada versão armazena apenas as diferenças no estado dos componentes em relação ao estado inicial.

Este JSON segue a mesma estrutura do *NomeDoOAC.json* contido no Pacote de Implantação de OAC e exemplificado no Apêndice A.

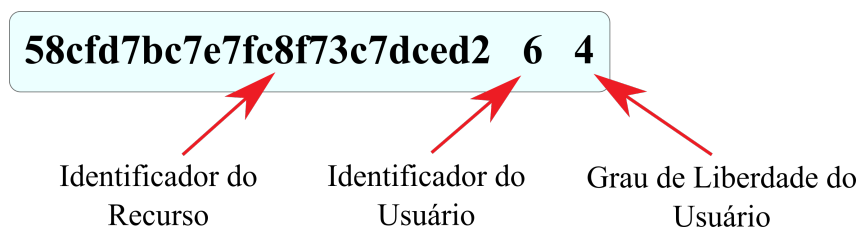
(iv) *components*

Diretório contendo os arquivos de mídia referenciados pelos componentes do tipo *Imagem*, *Áudio* e *Vídeo* do recurso.

(iv) *token.txt*

O CLO-P é composto também pelo *token.txt*, um arquivo em formato de texto com informações necessárias para o controle do processo de customização do recurso e para a inclusão de novas versões do mesmo no CLOVeR.

Ele possui o identificador do recurso baixado e a identificação e o Grau de Liberdade do usuário que o baixou, caso esta pessoa estivesse autenticado na CLOWebPlatform no momento do *download*. A Figura 33 ilustra e explica o conteúdo do arquivo *token.txt*.

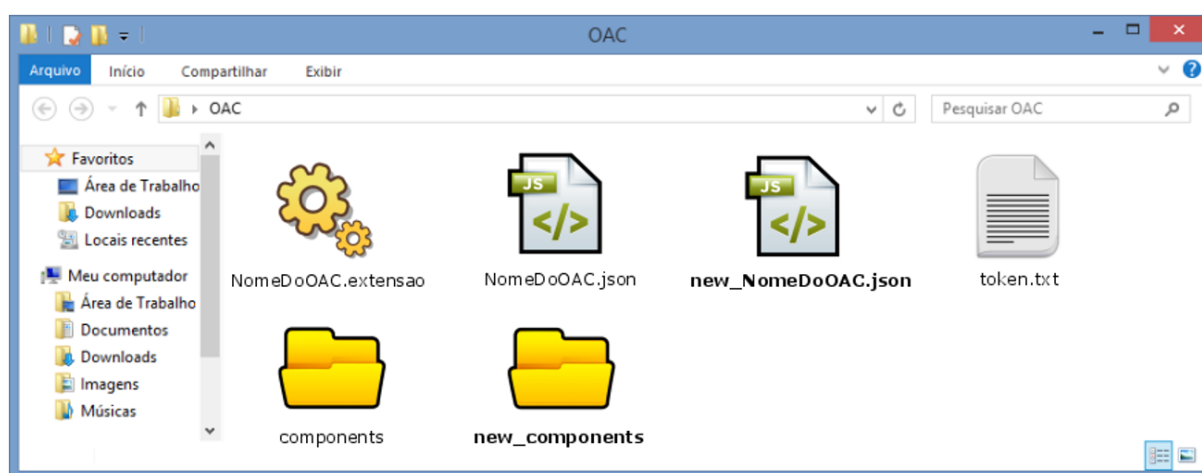
Figura 33 – Estrutura do Arquivo *token.txt*.

Fonte: Elaborada pelo Autor.

A nova versão do CLO Studio, ferramenta para a criação de OACs, produzirá arquivos executáveis para estes recursos de modo que, para um usuário executar o OAC/VC em seu dispositivo, ele deve descompactar todo o conteúdo do CLO-P e mantê-lo obrigatoriamente em um mesmo diretório. Em seguida, deve iniciar o executável, que, por sua vez, lê o estado dos componentes no *NomeDoOAC.json* e os arquivos de mídia contidos no subdiretório *components*, de modo a preparar o recurso para apresentá-lo ao utilizador.

Caso o usuário solicite customizar esses recursos durante a execução, as operações de customização são habilitadas, de acordo com o Grau de Liberdade definido no *token.txt*, e um arquivo denominado *new_NomeDoOAC.json* e um subdiretório chamado *new_components* são criados (Figura 34).

Figura 34 – Novos Arquivo e Subdiretório Criados Localmente Durante o Processo de Customização.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

À medida que a customização é feita, o próprio executável, a ser gerado pela nova versão da ferramenta de autoria, se responsabilizará por registrar o novo estado dos componentes no arquivo *new_NomeDoOAC.json* e adicionar os novos arquivos de mídia, caso ocorra a modificação do atributo *source* de algum componente, ao subdiretório *new_components*. Se o usuário confirmar as alterações realizadas: o recurso gerará um

Pacote de Implantação de Versão Customizada (*Customized Version Deployment Package* - CV-DP), para caso o usuário deseje incluir a nova versão no repositório; o conteúdo do arquivo *NomeDoOAC.json* será substituído pelo do arquivo ***new_NomeDoOAC.json*** (novo estado dos componentes); e as mídias incluídas no ***new_components*** serão enviadas para o subdiretório *components*, sendo dada assim continuidade à execução padrão do recurso, mas de forma customizada.

Quando um usuário deseja obter um OAC armazenado no CLOVeR, o *back-end* da CLOWebPlatform busca na base o EFDestructor referente ao recurso desejado e, a partir deste descritor, obtém tanto o arquivo executável quanto o estado dos componentes registrado no CDescriptor. E, pelo CDescriptor, são obtidas as localizações dos arquivos de mídia referenciados pelo atributo *source* dos componentes do tipo *Imagem*, *Áudio* e *Vídeo*. De posse de todos estes dados, a CLOWebPlatform cria o CLO-P, juntamente com um *token.txt*, e o envia como resposta ao requisitante do OAC.

Já no caso da obtenção de uma Versão Customizada, independentemente da posição dela na Hierarquia de Versionamento em que esteja inserida, o *back-end* da CLOWebPlatform busca o VDestructor que representa o recurso desejado. A partir deste Descritor de Versão, a plataforma obtém o EFDestructor da hierarquia e, por consequência, o arquivo executável e o estado inicial dos componentes, contido no CDescriptor referenciado pelo EFDestructor. O estado dos componentes para a VC requisitada é obtido pelo *Merge* do conteúdo do campo *customizations* do VDestructor com o estado inicial registrado no CDescriptor. O estado resultante desta mesclagem inclui as localizações no CLOVeR dos arquivos de mídia referenciados pelos componentes do tipo *Imagem*, *Áudio* e *Vídeo* da Versão Customizada. Por fim, assim como no processo de obtenção de um OAC, a CLOWebPlatform cria, com base nestas informações, o CLO-P, juntamente com um *token.txt*, e o envia como resposta ao usuário que solicitou baixar a versão.

5.2.0.3 Customized Version Deployment Package - CV-DP

O CV-DP, como dito na subseção anterior, é o formato de pacote utilizado para a inclusão de uma nova Versão Customizada no CLOVeR. A Figura 35 apresenta a forma como ele é estruturado. A imagem é seguida pela explicação de cada um dos seus elementos.

Figura 35 – Estrutura do CV-DP.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

(i) *NomeDoOAC.json*

Como nos outros formatos de empacotamento, este arquivo contém o estado de todos os componentes do recurso, mas, neste caso, o estado atualizado após o processo de customização. Ele é processado pela CLOWebPlatform, de modo a se descobrir quais atributos dos componentes foram modificados em relação à versão inicial do recurso. Apenas os pontos modificados são persistidos no VDescriptor que representa a VC no repositório.

(ii) *components*

Diretório contendo apenas os novos arquivos de mídia definidos durante o processo de customização. Eles são frutos da substituição do valor dos atributos *source* de componentes que referenciam mídias.

(iii) *token.txt*

Arquivo *token.txt* contido no CLO-P que deu origem à nova Versão Customizada. Suas informações são utilizadas pela plataforma durante o processo de inclusão da VC.

Assim como no caso dos OACs, a adição de uma nova versão no CLOVeR demanda autenticação na CLOWebPlatform e autorização para a operação *Armazenar VC*. O CV-DP deve ser enviado pelo usuário por meio da tela de inclusão de Versão Customizada (Figura 36) ou pela API REST, em ambas o utilizador deve informar alguns metadados referentes à nova versão. São solicitados os seguintes elementos da Categoria *General* do padrão IEEE LOM (IEEE LTSC, 2002):

- *Título*: nome que identifica a versão (equivalente ao elemento *Title*);
- *Idiomas*: lista de idiomas, separados pelo caractere ";", em que o recurso está disponível (equivalente ao elemento *Language*);
- *Descrição*: descrição detalhada das modificações e motivações que deram origem à nova versão (equivalente ao elemento *Description*). Este metadado é destinado

à *Semântica* das alterações que originaram a versão, conforme exigido por Brooks, Cooke e Vassileva (2003) para toda solução de controle de versão de Objetos de Aprendizagem.

Figura 36 – Tela de Inclusão de Versão Customizada da CLOWebPlatform.

A imagem mostra a interface web da CLOWebPlatform para a inclusão de uma versão customizada. O navegador exibe o endereço `clowebplatform.com/incluir Versao Customizada`. O cabeçalho da página contém o logo CLOVeR e links para Ajuda e Sair. O menu lateral à esquerda oferece opções: Home, Pesquisar OAC, Incluir OAC, Incluir Versão Customizada (destacada) e API REST. O formulário principal, intitulado 'Home / Incluir Versão Customizada', possui os seguintes campos:

- Título ***: Campo de texto com o valor 'Histórias Quase Fantásticas - Apenas com Atividade 1'. Abaixo, há uma instrução: 'Informe o título que identificará a sua Versão Customizada'.
- Idiomas ***: Campo de texto com o valor 'pt-BR'. Abaixo, há uma instrução: 'Informe para quais idiomas a Versão Customizada estará disponível (Informe-os separados por ",")'.
- Descrição ***: Área de texto com o conteúdo: 'Versão Customizada do OAC "Histórias Quase Fantásticas" somente com a "Atividade 1" habilitada. A "Atividade 2" fica desabilitada nele e o botão para a tela de "Créditos" (para se ver ao fim do uso do OAC) nem visível está.'.
- Pacote de implantação ***: Campo de texto com o botão 'Escolher arquivo' e o nome do arquivo 'Histórias Quase Fantásticas.zip'. Abaixo, há uma instrução: 'Informe o arquivo .ZIP resultante do processo de customização'.

Na base do formulário, há uma legenda '* Campos Obrigatórios' e um botão verde 'Enviar'.

Fonte: Elaborada pelo Autor.

A inclusão de uma nova Versão Customizada ao CLOVeR por meio da submissão de um CV-DP pela CLOWebPlatform (tela de Inclusão de Versão Customizada ou API REST) é semelhante à adição de um novo OAC. O *back-end* da plataforma valida o Pacote de Implantação de Versão Customizada e, se o mesmo estiver corretamente estruturado e com o arquivo *NomeDoOAC.json* devidamente formatado, um VDescriptor é criado no MongoDB como parte da Hierarquia de Versionamento de um OAC para representar uma nova versão do recurso.

A fim de garantir a manutenção das relações pedagógicas estabelecidas na criação do recurso, durante o processamento de inclusão, o *back-end* da CLOWebPlatform verifica também se as alterações executadas na customização são compatíveis com o Grau de Liberdade do usuário que insere a nova VC. A adição somente é efetivada se as modificações estiverem de acordo com o GL.

5.3 API REST

As operações de inclusão e obtenção de recursos do CLOVeR também podem ser realizadas pela API REST disponibilizada pela CLOWebPlatform. Por meio desta interface, é possível integrar o repositório proposto a outras ferramentas, Ambientes Virtuais de

Aprendizagem, por exemplo, para automatizar a troca de OACs e Versões Customizadas entre aplicações (SILVA; SOUZA; SOUZA, 2017).

API REST é um modelo arquitetural comumente adotado pelos serviços *web*. Com ela, as chamadas às funções oferecidas pelos serviços ocorre por intermédio de requisições do protocolo HTTP (MASSÉ, 2011). Massé (2011) descreve cada tipo de método HTTP e explica quando cada um deve ser utilizado na definição de requisições para uma API REST:

- (a) *GET*: para a obtenção de recurso;
- (b) *HEAD*: para a obtenção de informações relacionadas a um recurso;
- (c) *PUT*: para a adição, substituição ou atualização de um recurso em um endereço específico;
- (d) *POST*: para a adição de um novo elemento em uma determinada coleção de recursos;
- (e) *DELETE*: para a remoção de um recurso de um endereço específico ou de uma coleção de recursos.

Todas as requisições a uma API REST são baseadas em um padrão de Identificador de Recurso Uniforme (*Uniform Resource Identifier* - URI), independentemente da operação a ser executada (inclusão, obtenção, atualização ou remoção de recurso). Se necessário, também podem ser adicionados parâmetros como informações adicionais para a requisição (MASSÉ, 2011). No caso da API REST disponibilizada pela CLOWebPlatform, as requisições devem seguir o padrão detalhado abaixo:

Incluir OAC

Método HTTP: POST

Padrão de URI: [http://clowebplatform.com/api/oacs\[?token\]](http://clowebplatform.com/api/oacs[?token])

Cabeçalho da Requisição: Content-Type: application/octet-stream,

Content-Disposition: form/data;

Corpo da Requisição: files { fileInput: CLO-DP}

Obter OAC

Método HTTP: GET

Padrão de URI: [http://clowebplatform.com/api/oacs/{oac-identifier}\[?token\]](http://clowebplatform.com/api/oacs/{oac-identifier}[?token])

Incluir Versão Customizada

Método HTTP: POST

Padrão de URI: <http://clowebplatform.com/api/oacs/{oac-identifier}/>

versoes-customizadas/[?token&title&description&languages]

Cabeçalho da Requisição: Content-Type: application/octet-stream,

Content-Disposition: form/data;

Corpo da Requisição: files { fileInput: CV-DP }

Obter Versão Customizada

Método HTTP: GET

Padrão de URI: http://clowebplatform.com/api/oacs/{oac-identifier}/versoes-customizadas/{version-number}[?token]

Uma das características das APIs REST é o fato dos servidores não armazenarem o estado dos clientes (*Stateless*). Isso faz com que todas as informações de contexto necessárias para a utilização da interface sejam enviadas pelos clientes em cada requisição realizada (MASSÉ, 2011). Por isso que todas as requisições da API REST da CLOWebPlatform exigem que um *Token de Acesso* seja enviado como parâmetro. Este *Token* é válido, por questões de segurança, apenas pelo período de 10 minutos e, enquanto não expirar, identifica o usuário no lado do servidor, o que permite a CLOWebPlatform verificar as permissões de acesso do requisitante e, conseqüentemente, controlar o acesso às operações de inclusão de recurso. O *Token* é obtido na própria API por meio do envio de credenciais de acesso (*login* e *senha*) ativas no CLOVeR.

No caso de APIs REST, as URIs não devem ser utilizadas para a identificação de operações a serem executadas do lado servidor, mas apenas para identificar recursos. Portanto, APIs REST devem ser utilizadas apenas para ações de Inclusão, Obtenção, Atualização e Remoção (*Create, Retrieve, Update and Delete* - CRUD) de recursos (MASSÉ, 2011). Como a geração de *Token de Acesso* não é uma operação de CRUD, a estratégia *Controller* é usada para esta ação. Segundo Massé (2011), este método define que a requisição HTTP deve ser do tipo *POST*, tendo no seu endereço, como último elemento, a identificação da função do serviço que o cliente deseja executar. Além disso, nesta estratégia, o corpo da requisição deve ser utilizado para o repasse de parâmetros. A requisição para obtenção de um *Token de Acesso* deve ter a seguinte estrutura:

Obter Token de Acesso

Método HTTP: POST

Padrão de URI: http://clowebplatform.com/api/obter-token-acesso

Cabeçalho da Requisição: Content-Type: application/x-www-form-urlencoded;

Corpo da Requisição: login&password

As requisições HTTP enviadas a uma API REST são atendidas com mensagens HTTP de resposta. Cada uma dessas respostas possuem códigos de *status* de três dígitos,

que objetivam discriminar o tipo da mensagem, se de erro ou de sucesso, por exemplo (MASSé, 2011). Fielding et al. (1999) detalham, na Seção 10 da RFC 2616, as cinco categorias de códigos existentes:

- (i) 1xx: comunica informações de nível de protocolo de transferência;
- (ii) 2xx: indica que a requisição do cliente foi atendida com sucesso;
- (iii) 3xx: refere-se a redirecionamentos, indicando que o cliente deve executar ações adicionais para ter a requisição atendida;
- (iv) 4xx: indica erro, causado pelo cliente, no atendimento da requisição;
- (v) 5xx: indica erro, causado pelo servidor, no atendimento da requisição.

As respostas da API REST disponibilizada pela CLOWebPlatform podem possuir os código de *status* descritos na Tabela 6.

A plataforma de interação com o CLOVeR possui uma página com a documentação completa de sua API REST e exemplos de como utilizá-la. Esta página fica disponível para todos os usuários que possuem cadastro ativo no repositório. Os padrões de documentação sugeridos por Ros (2012) inspiraram a sua formatação.

Tabela 6 – Códigos de *Status* Retornados nas Respostas da API REST da CLOWebPlatform.

Códigos de <i>Status</i>	Descrição
200	Quando um OAC, uma Versão Customizada ou um <i>Token de Acesso</i> são obtidos com sucesso.
201	Quando um novo OAC ou Versão Customizada é incluído com sucesso.
400	Quando parâmetros obrigatórios não são enviados na requisição ou são enviados incorretamente.
401	Quando o <i>Token de Acesso</i> é inválido ou não é enviado como parâmetro da requisição.
403	Quando se tenta incluir um novo recurso, mas o usuário informado no <i>Token de Acesso</i> não possui autorização para a operação.
404	Quando é solicitado um OAC ou uma Versão Customizada não armazenada no repositório.
500	Quando ocorre um erro interno do servidor durante o atendimento à requisição.

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Neste capítulo foram apresentadas a arquitetura do repositório proposto e o seu funcionamento, sendo detalhado como ele deve ser acessado e ter o seu conteúdo manipulado por parte dos usuários, evidenciando que foi contemplado o objetivo específico relativo

à implementação do projeto/modelo proposto para o CLOVeR, juntamente com uma Plataforma *Web* para manipulação do repositório.

Foi descrita em detalhes a CLOWebPlatform, ambiente *web* desenvolvido para permitir o acesso, manipulação e gerenciamento do CLOVeR e, conseqüentemente, possibilitar a validação da modelagem proposta para o repositório. Esta plataforma disponibiliza publicamente o conteúdo da base, mas exige cadastro e as devidas permissões para a execução de modificações. Além disso, pode ser acessada independentemente de plataforma, uma vez que possui uma interface "responsiva", e oferece uma API REST para a integração do CLOVeR a outras aplicações, assim como AVAs. A versão inicial da plataforma possui as funcionalidades consideradas como centrais por Sampson e Zervas (2013b) para ambientes de acesso a ROAs nas dimensões de *Objetos de Aprendizagem* e *Metadados que Descrevem Objetos de Aprendizagem*.

Conforme descrito no capítulo, o desenvolvimento da CLOWebPlatform fez com que o repositório proposto assumisse a arquitetura padrão para Repositórios de Objetos de Aprendizagem, passando a ser formado por um *Repositório de Conteúdo* (CLOVeR propriamente dito), um *Mecanismo de Indexação e Pesquisa* (*back-end* da plataforma) e um *Mecanismos de Interface* (*front-end* da plataforma). No texto também foram apresentados os formatos de empacotamento utilizados para a inclusão e a obtenção de OACs e VCs do repositório, sendo demonstrado a forma como estes pacotes são estruturados e como são processados pelo *back-end* da plataforma.

No capítulo seguinte, são apresentadas as metodologias utilizadas para a avaliação do tempo de resposta do repositório proposto e do comportamento dele em comparação com um *ROA com Armazenamento Tradicional* em relação ao espaço necessário para o armazenamento de recursos. Também são descritos os resultados e as conclusões obtidas a partir da execução das referidas metodologias.

6 Avaliação do Repositório Proposto

*"As coisas são mais belas quando vistas de cima."
(Santos Dumont)*

Este capítulo é destinado à descrição do processo de avaliação ao qual o CLOVeR e a CLOWebPlatform foram submetidos. Esta avaliação buscou verificar o tempo de resposta do repositório proposto a operações de inclusão e obtenção de recursos, devido o fato da sua estratégia de versionamento demandar a execução de processamentos, uma vez que realiza o armazenamento dos Objetos de Aprendizagem Customizáveis e de suas Versões Customizadas de forma fragmentada. Ela também teve como objetivo analisar o consumo de espaço necessário por parte do CLOVeR para a persistência de recursos, de modo a verificar se o controle de versão proposto resulta em armazenamento eficiente quando comparado com *ROAs com Armazenamento Tradicional*.

Nele são detalhados e discutidos a metodologia utilizada para a avaliação e os resultados obtidos, que demonstraram o comportamento do repositório em relação ao tempo para o processamento de requisições e permitiram concluir que o CLOVeR otimiza o uso de espaço para o armazenamento de recursos.

6.1 Avaliação de Qualidade de Software

A área de *Qualidade de Software* é uma vertente de estudos da *Engenharia de Software* voltada às pesquisas que visam garantir o desenvolvimento de bons produtos a partir de bons processos. Portanto, ela trata basicamente de dois aspectos distintos: a *Qualidade do Produto* em si e a *Qualidade do Processo* (WAZLAWICK, 2013).

Como o objetivo desta pesquisa foi desenvolver um ROA que possibilitasse, de forma otimizada, armazenar, compartilhar e gerenciar OACs e suas respectivas Versões Customizadas, a avaliação da qualidade da solução proposta focou em verificar o protótipo desenvolvido a partir do modelo proposto, ou seja, somente a perspectiva de *Qualidade do Produto* foi considerada, haja vista não ser relevante para a pesquisa a análise do processo adotado durante o projeto e implementação da solução.

Por a Qualidade de Software ser uma área ampla, tanto na perspectiva de verificação da *Qualidade de Produto* quanto na análise da *Qualidade de Processo*, há muitas dimensões passíveis de avaliação, não sendo simples avaliar objetivamente cada uma delas (WAZLAWICK, 2013). Em relação especificamente à Qualidade de Produto, por exemplo, Kitchenham e Pfleeger (1996 apud WAZLAWICK, 2013) indicam que, do ponto de vista

do usuário, a qualidade do *software* depende do resultado de três fatores:

- *Funcionalidades*: se operações estão presentes ou ausentes;
- *Comportamento*: se os requisitos não funcionais são atendidos e, no caso dos mensuráveis, possuem medidas aceitáveis;
- *Restrições*: aspectos que determinam como o usuário pode utilizar o produto.

Wazlawick (2013) sugere que toda avaliação de *software* ocorra com base em *Modelos de Qualidade*, dada a vasta gama de abordagens possíveis para a verificação de um produto. Ele conceitua estes modelos da seguinte forma:

"Estruturas conceituais que definem quais são as características da qualidade e como elas se estruturam e se relacionam entre si." (WAZLAWICK, 2013, p. 236)

A Norma ISO/IEC 9126-1:2003 é um exemplo de *Modelo de Qualidade de Software* que elenca quais são as características de um produto, decompondo-as hierarquicamente, que podem ser analisadas durante a averiguação da sua capacidade de atendimento às necessidades para as quais é destinado (WAZLAWICK, 2013).

As Normas das Séries ISO/IEC 1926 e ISO/IEC 14598, utilizadas em conjunto para a especificação de requisitos de qualidade e avaliação de características de qualidade de produto de *software*, foram revisadas pelo grupo de trabalho WG6, do Subcomitê de Sistemas e Software (SC7) da ISO/IEC. Este processo deu origem a um novo Modelo de Qualidade, o Requisitos e Avaliação de Qualidade de Sistemas e de Software (*System and Software QUALity Requirements and Evaluation* - SQuaRE), descrito na nova família de Normas ISO/IEC 25000 (ISO 25000, 2016; SOFTEX, 2013; WAZLAWICK, 2013).

Essas normas atualmente assumem papel de referência internacional em tratando-se de Qualidade de Software, servindo de base para a definição de processos de desenvolvimento e/ou de avaliação de *software*. Como exemplo nacional de utilização da família ISO/IEC 25000, pode-se citar o Modelo de Referência para a Melhoria de Software Brasileiro (MPS-SW), mais conhecido como MPS.BR, que foi criado pela SOFTEX a fim de melhorar a capacidade de desenvolvimento de *software* pelas empresas brasileiras (SOFTEX, 2013)

6.1.1 Norma ISO/IEC 25010

Em relação especificamente à Norma ISO/IEC 9126-1:2003, que lista as características internas e externas de qualidade de *software*, ela foi substituída pela ISO/IEC 25010:2011 em Julho de 2011 (WAZLAWICK, 2013).

De acordo com Wazlawick (2013), o modelo descrito na ISO/IEC 25010 define atributos de qualidade de três tipos distintos:

- (i) *Internos*: referente a aspectos do *software* que normalmente são percebidos somente pelos seus desenvolvedores, por exemplo, a manutenibilidade. Maior qualidade interna indica que a equipe de desenvolvimento consegue atingir objetivos de maneira eficiente;
- (ii) *Externos*: referente a aspectos do *software* que são percebidos pelos seus usuários, mas que podem ser avaliados pelos seus desenvolvedores, tal como a eficiência de execução. Maior qualidade externa indica que o usuário pode alcançar os objetivos de modo eficiente;
- (iii) *Software em Uso*: referente a aspectos que podem ser verificados somente no ambiente de uso do *software* e analisado somente pelos seus usuários finais. Maior qualidade do *software* em uso indica que os usuários realizam facilmente os objetivos.

As que referem-se à Qualidade Interna e Externa estão agrupadas como *Características do Produto*, pois podem ser avaliadas pelos próprios desenvolvedores do *software*. Dentre as *Características do Produto* que a norma sugere verificar durante a avaliação de um *software*, a *Eficiência de Desempenho* foi o aspecto analisado do repositório proposto, já que a validação objetivou verificar o tempo de resposta do repositório a requisições de inclusão e obtenção de recursos e o espaço necessário para o armazenamento desse conteúdo.

A *Eficiência de Desempenho* é a característica referente ao desempenho do *software* em relação à quantidade de recursos consumidos em determinadas situações (ISO 25000, 2016). Ela é dividida nas seguintes subcaracterísticas, detalhadas por Wazlawick (2013):

- (i) *Comportamento em Relação ao Tempo*: referente ao tempo que o *software* leva para o processamento de requisições;
- (ii) *Utilização de Recursos*: referente ao consumo de espaço de armazenamento ou memória, mas que pode ser associado a outros tipos de recursos demandados pelo *software*;
- (iii) *Capacidade*: se os limites máximos suportados pelo produto estão de acordo com os seus requisitos.

Para o protótipo desenvolvido, considerou-se importante analisar, do aspecto *Eficiência de Desempenho*, o seu ***Comportamento em Relação ao Tempo***, já que a avaliação buscou verificar o tempo de resposta do repositório a requisições de inclusão e obtenção de recursos. Além disso, a subcaracterística ***Utilização de Recursos*** também foi analisada, pois o uso de espaço em disco pelo CLOVeR para o armazenamento dos OACs/VCs foi o outro ponto investigado na avaliação.

6.1.2 Goal/Question/Metrics

Para que os dados obtidos a partir do processo de validação pudessem resultar em interpretações conclusivas sobre os aspectos verificados do *software*, foi adotado o paradigma *Meta/Questão/Métrica* (*Goal/Question/Metric* - GQM), desenvolvido por Basili e Weiss (PRESSMAN, 2011), para a elaboração de questões a serem respondidas durante uma avaliação.

Segundo Pressman (2011), o GQM é uma técnica para identificar métricas significativas para qualquer parte do processo de *software*, incluindo a avaliação do mesmo. Este paradigma enfatiza a necessidade de (i) definir um objetivo de medição que deve ser específico para a atividade do processo ou característica de produto a se analisar, (ii) determinar questões a serem respondidas para atingir o objetivo e (iii) identificar métricas que auxiliem a responder essas questões (PRESSMAN, 2011). Wazlawick (2013) destaca que estas métricas também podem ser subjetivas, demandando assim a interpretação de um avaliador.

Para o estabelecimento do objetivo de medição durante a avaliação de um *software*, um Modelo de Definição de Objetivo (*Goal Definition Template*) pode ser utilizado (PRESSMAN, 2011). Pressman (2011) apresenta o *template* desse modelo como sendo:

Analisar [o nome da atividade ou atributo a ser medido] **com a finalidade de** [o objetivo geral da análise] **com relação a** [o aspecto da atividade ou atributo considerado] **do ponto de vista de** [a pessoa que tem o interesse na medição] **no contexto de** [o ambiente no qual a medição ocorre].

No caso da avaliação do repositório proposto, foram dois os objetivos de verificação, com ambos resultando em um questionamento a ser respondido:

1. ***Analisar*** o protótipo do repositório proposto ***com a finalidade de*** avaliar o seu funcionamento ***com relação à*** adequabilidade para o uso ***do ponto de vista dos*** seus potenciais utilizadores ***no contexto de*** compartilhar e reutilizar Objetos de Aprendizagem Customizáveis e suas Versões Customizadas.
- Q1. O tempo de resposta para a inclusão e a obtenção de recursos propiciado pelo protótipo desenvolvido do repositório são tempos adequados para o uso?
2. ***Analisar*** o protótipo do repositório proposto ***com a finalidade de*** avaliar a sua estratégia de versionamento de recursos ***com relação ao*** consumo de espaço em disco ***do ponto de vista do*** repositório ***no contexto de*** armazenagem de Objetos de Aprendizagem Customizáveis e de suas Versões Customizadas.

Q2. A estratégia de versionamento de recursos idealizada para o CLOVeR resulta no consumo eficiente de espaço de armazenamento ao se persistir OACs e VCs?

6.2 Metodologia de Avaliação

Para responder às perguntas estabelecidas para o processo de validação, duas diferentes metodologias de verificação do repositório proposto foram seguidas, uma para cada questão.

Primeiramente, o tempo gasto pelo repositório para processar requisições de inclusão e de obtenção de OACs e VCs foram cronometrados com o objetivo de analisar o tempo de resposta do protótipo e responder à questão *Q1*. Até porque, possuir performance adequada é um dos fatores que estimulam os usuários a aderirem a um ROA (XU, 2016).

Diferentes OACs, com as suas respectivas versões, foram utilizados para os testes. Cada *Rotina de Teste* consistiu em incluir, por meio da API REST de interação com o CLOVeR, um OAC e quatro Versões Customizadas, cada uma em um nível diferente da Hierarquia de Versionamento (do 1º ao 4º Nível). Esta quantidade de VCs foi definida com base no estudo de Duncan (2009 apud WILEY; BLISS; MCEWEN, 2014), que afirma que os recursos educacionais digitais não costumam possuir uma quantidade elevada de versões diferentes. Ao verificar 5.000 diferentes recursos do ROA *Connexions*¹, ele constatou que apenas 0,03% (15 no total) foram usados, traduzidos ou modificados mais do que cinco vezes.

Enquanto cada inclusão era efetuada, a obtenção do recurso recém incluído também foi realizada por meio da API REST. Esta metodologia foi inspirada na estratégia de validação do tempo de resposta realizada por Santos et al. (2014) ao analisar uma proposta de ROA que tem como base um novo método de armazenamento de OAs. No caso de Santos et al. (2014), para validar se a proposta resultava em tempos adequados de resposta, eles consideraram os tempos de processamento das funções de inclusão e de obtenção de recurso, sendo elas acionadas por uma API REST de interação com o repositório.

Todos os OACs utilizados na execução dos testes foram padronizados. Eles possuíam *5 Cenas* e *1 Arquivo Executável* (tamanho padrão de 5 MB), variando apenas o quantitativo total de componentes (soma dos componentes contidos nas 5 Cenas) e de componentes referenciando arquivos de mídia (tamanho padrão de 1 MB), ou seja, os que são do tipo *Imagem*, *Áudio* ou *Vídeo*. Esta variação resultou em dois *Cenários de Teste* para a análise do *Comportamento em Relação ao Tempo*:

(i) **Variando os Arquivos de Mídia:** os OACs utilizados possuíam *100 Componentes*

¹ <<http://cnx.org/>>

no *Total*, variando de 10 a 100 (10 em 10) a quantidade desses componentes que são do tipo *Imagem*, *Áudio* ou *Vídeo*;

- (ii) **Variando os Componentes:** os OACs utilizados possuíam 10 *Componentes* referenciando arquivos de mídia, variando de 10 a 100 (10 em 10) o quantitativo total de componentes do recurso.

O primeiro cenário, composto por dez *Rotinas de Teste*, visou observar o impacto da variação do número de arquivos de mídia referenciados pelo OAC no comportamento em relação ao tempo de resposta. Enquanto que o segundo cenário, também constituído de dez *Rotinas de Teste*, buscou observar a influência da modificação do número total de componentes que não referenciam arquivos de mídia.

Os quantitativos apresentados para os OACs em cada *Cenário de Teste* também foram parâmetros para as Versões Customizadas em cada rotina. No caso do cenário de variação dos arquivos de mídia, as customizações consistiram em modificar os arquivos de mídia referenciados pelos componentes do tipo *Imagem*, *Áudio* ou *Vídeo*. Já no cenário de variação dos *Componentes*, cada versão foi oriunda da customização de todos os componentes do recurso, incluindo a alteração dos dez arquivos de mídia referenciados. Esta metodologia objetivou possibilitar a análise do impacto das variações estabelecidas para os *Cenários de Teste* também em nível de Versões Customizadas.

É importante ressaltar que, a fim de garantir verificações isonômicas, antes da execução de cada *Rotina de Teste*, a CLOWebPlatform foi reiniciada e a base no MongoDB (MONGODB INC, 2016), parte do CLOVeR destinada ao armazenamento de informações referentes aos recursos, foi limpa, ficando apenas com as coleções criadas (RDescriptors, EFDescriptors, CDescriptors e VDescriptors), juntamente com os seus índices.

Os tempos de processamento das funcionalidades durante cada *Rotina de Teste* foram medidos com o uso do módulo *Moment.js*² do *Node.js* (MOMENT..., 2016). Por meio deste módulo, foram realizados os cálculos dos intervalos de tempo entre o recebimento de uma requisição pela CLOWebPlatform, no caso para inclusão ou obtenção de recurso, até o momento do envio da resposta ao cliente requisitante, ou seja, apenas o tempo de efetivo processamento das requisições foi examinado. Foram desconsiderados os tempos de envio das requisições e das respostas, pois estes dependem da taxa de transmissão da rede utilizada pelo requisitante no momento da interação. Além disso, também foram calculados e registrados os tempos de execução de operações consideradas importantes ao longo do processamento dessas requisições, para que também pudessem ser analisados de acordo com os diferentes cenários.

Em seguida, para analisar o comportamento do repositório proposto em relação ao consumo de espaço para o armazenamento dos OACs e das suas Versões Customizadas e

² <<https://momentjs.com/>>

responder ao questionamento *Q2*, foram realizadas as aferições do espaço ocupado, em *kilobytes*, pelos recursos no CLOVeR. As medidas de consumo foram obtidas somando o espaço para os documentos no MongoDB (MONGODB INC, 2016), informação obtida a partir da execução do comando `db.stats().dataSize` (MONGODB INC, ca. 2014g) no *shell* do banco (MONGODB INC, ca. 2014h), com o espaço ocupado pelos arquivos executáveis e de mídia adicionados ao sistema de arquivos do servidor de hospedagem do repositório.

Neste segundo momento da validação, três *Cenários de Teste* foram executados para a realização das medições, sendo utilizados distintos tamanhos de recursos para cada um. Cada cenário foi subdividido em três *Rotinas de Teste*, totalizando nove rotinas de inclusão de OACs e Versões Customizadas, também do 1º ao 4º Nível:

- (i) **100 Componentes, sendo 10 deles com referência a Arquivo de Mídia:**
Primeira Rotina - cada versão oriunda da alteração dos 10 arquivos de mídia; *Segunda Rotina* - cada versão oriunda da alteração de 5 arquivos de mídia; e *Terceira Rotina* - cada versão oriunda da customização dos demais componentes que não referenciam arquivo de mídia (90 no total);
- (ii) **100 Componentes, sendo 55 deles com referência a Arquivo de Mídia:**
Primeira Rotina - cada versão oriunda da alteração dos 55 arquivos de mídia; *Segunda Rotina* - cada versão oriunda da alteração de 28 arquivos de mídia; e *Terceira Rotina* - cada versão oriunda da customização dos demais componentes que não referenciam arquivo de mídia (45 no total);
- (iii) **101 Componentes, sendo 100 deles com referência a Arquivo de Mídia:**
Primeira Rotina - cada versão oriunda da alteração dos 100 arquivos de mídia; *Segunda Rotina* - cada versão oriunda da alteração de 50 arquivos de mídia; e *Terceira Rotina* - cada versão oriunda da customização do único componente que não referencia arquivo de mídia.

Em todos os cenários, os recursos também seguiram os padrões adotados nas verificações do comportamento do repositório proposto em relação ao tempo de processamento. Todos eles possuíam 5 *Cenas* e 1 *Arquivo Executável*, sendo o executável de 5 MB e cada mídia referenciada de 1 MB de tamanho.

É importante destacar que todas as *Rotinas de Teste* do processo de avaliação foram realizadas com a CLOWebPlatform e o CLOVeR executando em um servidor com 6 GB de memória RAM e com processador *Intel Core i7-3537U* de 4 núcleos e 2,00 GHz de frequência, rodando o Sistema Operacional *Windows 10* (64 *bits*) e utilizando o Sistema de Arquivos NTFS. As requisições do tipo POST para a inclusão de recursos pela API REST

foram feitas por meio do *software SoapUI*³ (SMARTBEAR SOFTWARE, 2016), versão 5.2.1, executando na mesma máquina de execução do repositório. Já as requisições do tipo GET, para a obtenção de recursos, foram realizadas pelo navegador *Mozilla Firefox*⁴ (MOZILLA FOUNDATION, 2016), também em execução no mesmo ambiente.

6.2.1 Gerador de Objetos de Aprendizagem Customizáveis e de Versões Customizadas

Foi implementado um gerador de OAC e de Versões Customizadas, o Criador de Pacote de Objeto de Aprendizagem Customizável (*Customizable Learning Object Package Factory* - *CLOPackageFactory*), para possibilitar a criação simplificada de recursos de acordo com parâmetros específicos. Esta ferramenta permitiu a elaboração padronizada dos recursos que foram utilizados nas *Rotinas de Teste* da avaliação.

O gerador foi desenvolvido na linguagem de programação *Java*TM, versão 8⁵ (ORACLE CORPORATION, 2016), e o seu código-fonte está disponibilizado publicamente em um repositório denominado *CLOPackageFactory*⁶ no GitHub (GITHUB INC, 2016). Ele é composto por três objetos que podem ser executados através do método `public static void main(String[] args)`: (i) o *CLOFactory* para a criação de OAC; (ii) o *CustomizedVersionFactory* para a criação de VC a partir de um OAC ou de uma outra VC; (iii) *FileFactory* para a criação de arquivos aleatórios de tamanhos específicos, utilizado para geração de arquivos para representarem os executáveis de 5 MB e as mídias de 1 MB.

O *CLOFactory* exige, como parâmetros para a sua execução, o quantitativo total de *Arquivos Executáveis*, *Cenas*, *Componentes* e *Arquivos de Mídia* que o Objeto de Aprendizagem Customizável a ser criado deve possuir. Ele monta um Pacote de Implantação de OAC de acordo com os parâmetros informados, adicionando, a partir de um diretório que deve ser parametrizado no código-fonte, os arquivos executáveis e de mídia necessários para o OAC. As informações referentes aos metadados e ao estado dos componentes do recurso, informações definidas em arquivos do tipo JSON, são estabelecidas de forma aleatória, por intermédio de um utilitário de geração de texto adicionado ao projeto.

Já o *CustomizedVersionFactory* deve receber como parâmetro o nome do arquivo JSON com o estado dos componentes que devem ser modificados e a quantidade de componentes a serem customizados e mídias a serem substituídas. Um Pacote de Implantação de Versão Customizada é elaborado. Ele inclui o *NomeDoOAC.json* com os componentes customizados, de acordo com o especificado nos parâmetros; as novas mídias, também obtidas a partir de um diretório que deve ser parametrizado via código-fonte; e o arquivo

³ <<https://www.soapui.org/>>

⁴ <<https://www.mozilla.org/pt-BR/firefox/>>

⁵ <<http://docs.oracle.com/javase/8/>>

⁶ <<https://github.com/wallisonfelix/CLOPackageFactory>>

token.txt do CLO-P do recurso de origem. Este arquivo *token.txt* e o *NomeDoOAC.json* com o estado inicial dos componentes devem ser adicionados em um diretório, também definido em nível de código, antes da execução do objeto, para que o *CustomizedVersionFactory* possa identificá-los e realizar a leitura dos mesmos.

O *FileFactory* apenas cria arquivos aleatórios de determinados tamanhos. Este objeto, diferente dos demais, não recebe parâmetros. O tamanho do arquivo que se deseja gerar deve ser definido em seu código-fonte.

O uso do gerador demonstrou que, no caso do formato de empacotamento de OACs e VCs definidos para o CLOVeR, o fator determinante para o tamanho total dos pacotes de implantação, CLO-DP e CV-DP, e do Pacote de OAC, CLO-P, são os executáveis e as mídias adicionadas a eles, pois as demais informações do recurso ficam em arquivos em formato de texto, que possuem alguns poucos *kilobytes* de tamanho.

A Tabela 7 apresenta o tamanho dos Pacotes utilizados nas *Rotinas de Teste* dos dois cenários de avaliação do *Comportamento em Relação ao Tempo*. Para melhor entendimento desta tabela, é relevante esclarecer que em cada rotina:

- (a) o tamanho do CLO-P baixado foi sempre o mesmo, independentemente do nível do recurso na Hierarquia de Versionamento, já que os arquivos de mídia tinham o tamanho padrão de 1 MB, o que garantiu a não alteração da dimensão do pacote mesmo com customizações que substituíram mídias;
- (b) o tamanho de todos os CV-DPs foi o mesmo, pois o quantitativo de arquivos de mídia modificados foram os mesmos entre as versões. Esta quantidade foi fixada em 10 no caso do *Segundo Cenário de Teste*, o de variação do número de componentes, e foi variante no *Primeiro Cenário de Teste*, o de alteração do número de mídias;

A Tabela 7 evidencia que o tamanho dos recursos só varia com a modificação dos arquivos executáveis e das mídias, uma vez que apenas a alteração da quantidade de componentes no recurso, como ocorre no segundo cenário, não resulta na modificação do tamanho total, considerando o uso da escala de *megabytes* com uma casa decimal.

Tabela 7 – Tamanho dos Pacotes Referentes aos Recursos Utilizados na Validação do Comportamento em Relação ao Tempo.

Características do OAC	CLO-DP	CV-DP	CLO-P
1º Cenário - Variando Arquivos de Mídia			
100 Componentes / 10 Arq. de Mídia	13,1 MB	8,8 MB	13,2 MB
100 Componentes / 20 Arq. de Mídia	21,9 MB	17,5 MB	22,0 MB
100 Componentes / 30 Arq. de Mídia	30,7 MB	26,3 MB	30,8 MB
100 Componentes / 40 Arq. de Mídia	39,5 MB	35,1 MB	39,6 MB
100 Componentes / 50 Arq. de Mídia	48,2 MB	43,8 MB	48,4 MB
100 Componentes / 60 Arq. de Mídia	57,0 MB	52,6 MB	57,2 MB
100 Componentes / 70 Arq. de Mídia	65,8 MB	61,4 MB	66,0 MB
100 Componentes / 80 Arq. de Mídia	74,6 MB	70,2 MB	74,8 MB
100 Componentes / 90 Arq. de Mídia	83,3 MB	78,9 MB	83,6 MB
100 Componentes / 100 Arq. de Mídia	92,1 MB	87,7 MB	92,4 MB
2º Cenário - Variando Componentes			
10 Componentes / 10 Arq. de Mídia	13,1 MB	8,8 MB	13,2 MB
20 Componentes / 10 Arq. de Mídia			
30 Componentes / 10 Arq. de Mídia			
40 Componentes / 10 Arq. de Mídia			
50 Componentes / 10 Arq. de Mídia			
60 Componentes / 10 Arq. de Mídia			
70 Componentes / 10 Arq. de Mídia			
80 Componentes / 10 Arq. de Mídia			
90 Componentes / 10 Arq. de Mídia			
100 Componentes / 10 Arq. de Mídia			

Fonte: Elaborada pelo Autor.

6.3 Resultados e Discussões

Nesta seção são descritos os resultados obtidos com a execução dos *Cenários de Teste* estabelecidos para o processo de avaliação do repositório proposto, conforme as especificações apresentadas no detalhamento da metodologia.

Esses resultados são discutidos ao longo desta seção, de modo a ser possível se extrair deles respostas conclusivas para os dois questionamentos que o processo de análise buscou responder.

6.3.1 Comportamento em Relação ao Tempo

Conforme detalhado na seção 6.2, o *Comportamento em Relação ao Tempo* foi avaliado por meio das medições dos tempos de processamento de operações de inclusão e

de obtenção de recursos em dois cenários, cada um com dez diferentes *Rotinas de Teste*. Sendo o primeiro cenário com a variação, entre cada rotina, do quantitativo de arquivos de mídia empacotados no recurso, e o segundo com a alteração do quantitativo total de componentes que não referenciam mídia, ou seja, que são do tipo *Botão* ou do tipo *Texto*.

O exame dos registros dos tempos totais de processamento das requisições em cada rotina, em conjunto com os registros dos tempos de execução de determinadas operações realizadas ao longo desses processamentos, permitiu o entendimento, em várias perspectivas, do comportamento do repositório proposto.

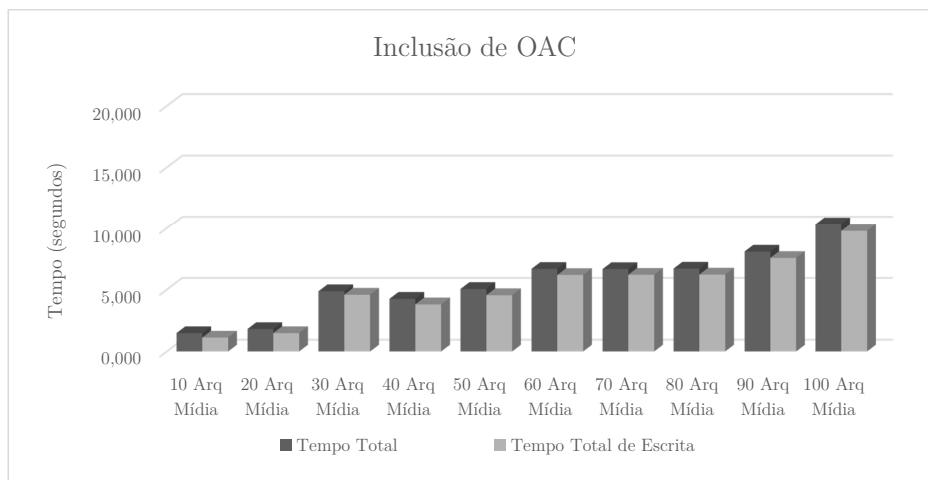
Evidenciou-se que o maior gargalo do processo de inclusão de OACs e de Versões Customizadas é a escrita em *filesystem* dos arquivos de mídia do recurso e, no caso de um novo OAC, dos seus arquivos executáveis. O tempo total de qualquer inclusão, independentemente do nível na Hierarquia de Versionamento, é predominantemente definido por essa escrita. As Figuras 37 e 38 apresentam gráficos que ilustram a representatividade do tempo de escrita em *filesystem* em relação ao tempo total de adição do recurso em cada *Rotina de Teste* executada nos dois cenários.

Desconsiderando o tempo de escrita de executáveis e de mídias durante o processo de inclusão, a duração das demais execuções (chamadas aqui de *Outros Processamentos*) para todos os níveis também se mostrou variar, mas em pequenas taxas, de acordo com a quantidade de mídias empacotadas no recurso. Isto é demonstrado por meio dos gráficos da Figura 39. No *Primeiro Cenário de Teste*, Figura 39a, os resultados registrados apresentam uma leve tendência de alta à medida que mais arquivos de mídia são referenciados pelos recursos, enquanto que no *Segundo Cenário de Teste*, Figura 39b, esse tempo se mantém estável, mesmo com a variação do número total de componentes nos recursos entre cada rotina. Isto ocorre porque, para cada mídia nova adicionada ao *filesystem* do servidor em que o CLOVeR estiver hospedado, o componente que a referencia deve ter o campo *source* atualizado para a localização do novo arquivo, o que acaba sendo uma ação adicional para os *Outros Processamentos*.

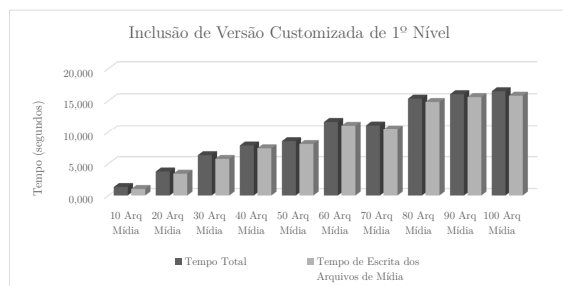
No caso das Versões Customizadas, foram cronometrados os tempos de processamento de dois pontos considerados importantes para a estratégia de versionamento proposta, a fim de se verificar os seus impactos na inclusão como um todo: o *Cálculo do Número de Versão* e o *Cálculo do Delta*. Os resultados demonstraram que eles são pouco relevantes quando comparados com o tempo total dos *Outros Processamentos* (desconsidera o tempo de escrita) no processo de inclusão de uma VC. Eles representam, se somados, menos de 5% deste tempo total, o que faz essas execuções impactarem de forma mínima no processamento da requisição. Nas Figuras 40 e 41 são apresentados os gráficos que demonstram o comportamento dos valores registrados em cada *Cenário de Teste*.

Os gráficos da Figura 42 ilustram o comportamento do tempo total de processamento da requisição de inclusão de recursos nos variados níveis da Hierarquia de Versionamento,

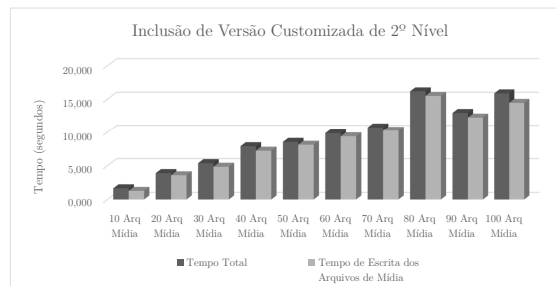
Figura 37 – Gráficos em Barras dos Tempos de Inclusão dos Recursos nas *Rotinas de Teste* do Primeiro Cenário.



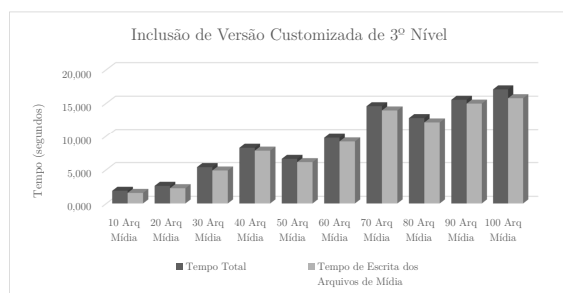
(a) OAC



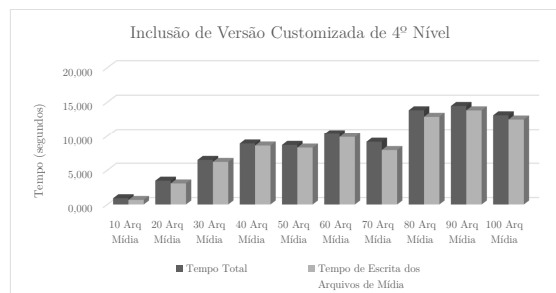
(b) Versão Customizada de 1º Nível



(c) Versão Customizada de 2º Nível



(d) Versão Customizada de 3º Nível



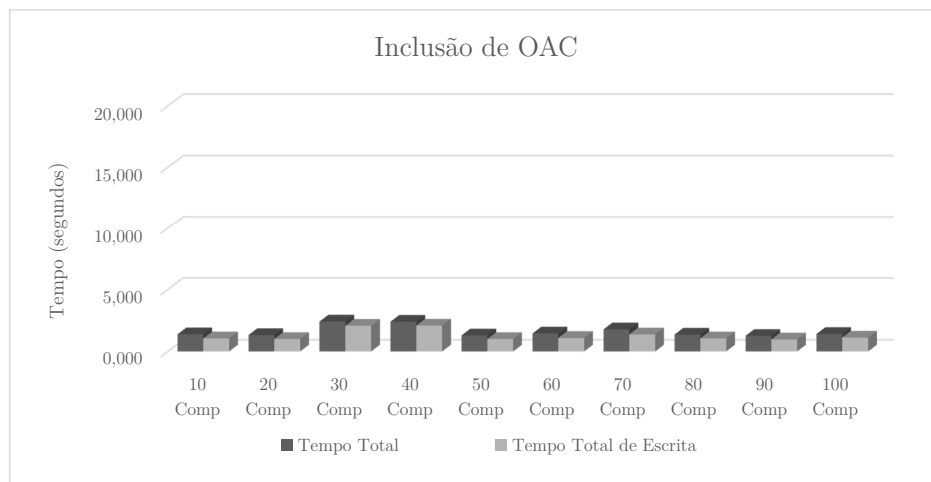
(e) Versão Customizada de 4º Nível

Fonte: Elaborada pelo Autor.

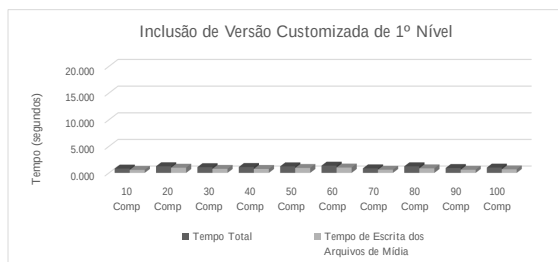
tanto no cenário em que se varia o quantitativo de mídias no CLO-DP/CV-DP enviado quanto no cenário em que essa quantidade se mantém inalterada, alternando-se apenas a totalidade de componentes. Os dados coletados nos dois *Cenários de Teste* revelaram que o tempo de duração do processamento está relacionado linearmente com o montante de arquivos de mídia e de arquivos executáveis (no caso do CLO-DP).

Também é possível observar, por meio dos gráficos da Figura 42, que o tempo de inserção de Versão Customizada de um OAC segue um mesmo padrão para todos os

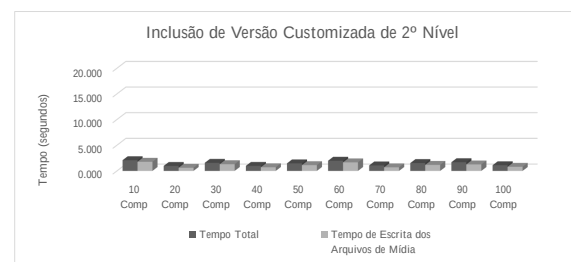
Figura 38 – Gráficos em Barras dos Tempos de Inclusão dos Recursos nas *Rotinas de Teste* do Segundo Cenário.



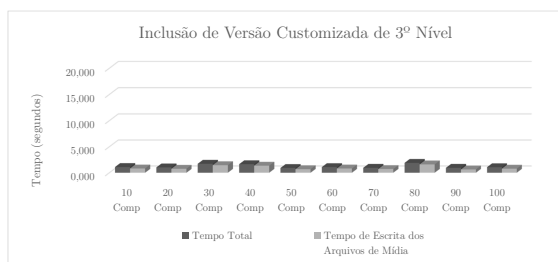
(a) OAC



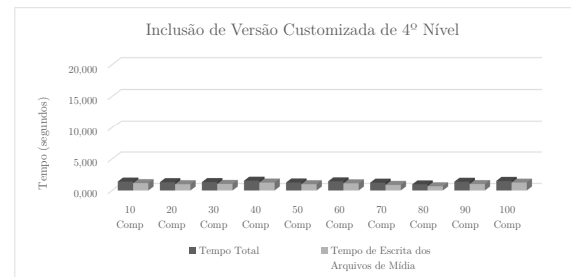
(b) Versão Customizada de 1º Nível



(c) Versão Customizada de 2º Nível



(d) Versão Customizada de 3º Nível



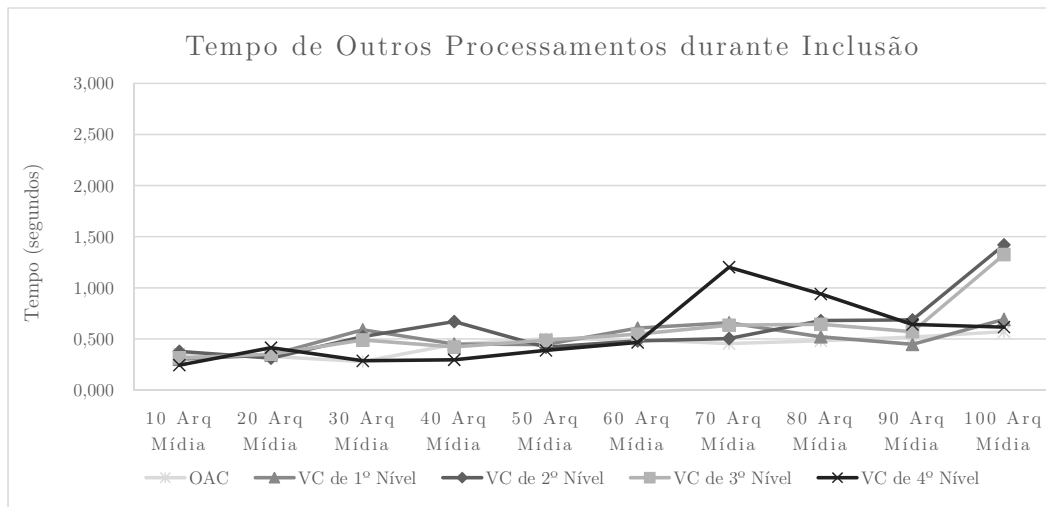
(e) Versão Customizada de 4º Nível

Fonte: Elaborada pelo Autor.

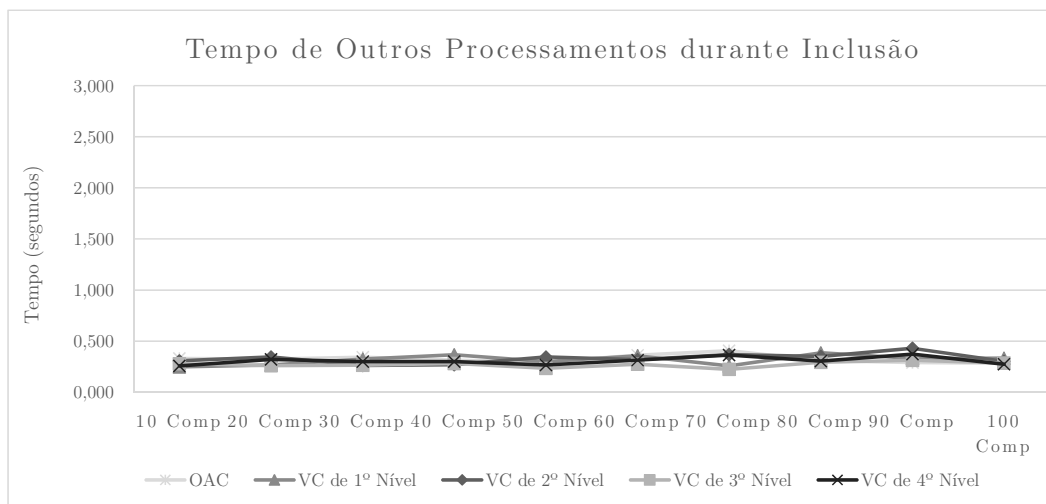
níveis, já que o fluxo de inclusão foi implementado para executar de igual modo para todas as versões, independentemente da posição na Hierarquia de Versionamento. Esta é uma vantajosa característica do repositório para caso precise tratar OACs com uma hierarquia de muitos níveis.

Com todas essas observações relativas ao processo de inclusão de recurso, conclui-se, portanto, que a escrita de arquivos em *filesystem* determina o tempo total para se dar uma resposta ao usuário requisitante. E, como a variação do tempo de execução dos *Outros*

Figura 39 – Gráficos dos Tempos de *Outros Processamentos* durante a Inclusão dos Recursos nas *Rotinas de Teste* dos Dois Cenários.



(a) Primeiro Cenário



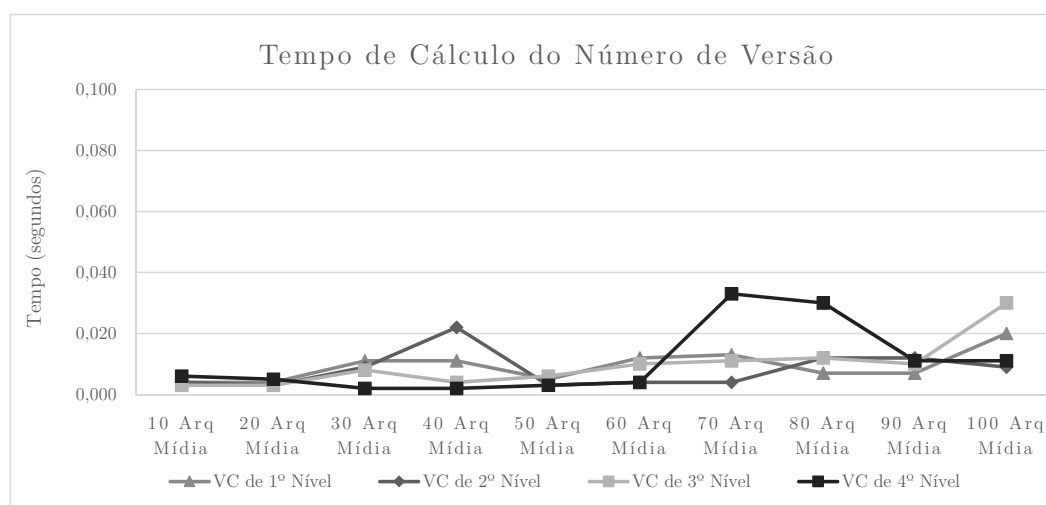
(b) Segundo Cenário

Fonte: Elaborada pelo Autor.

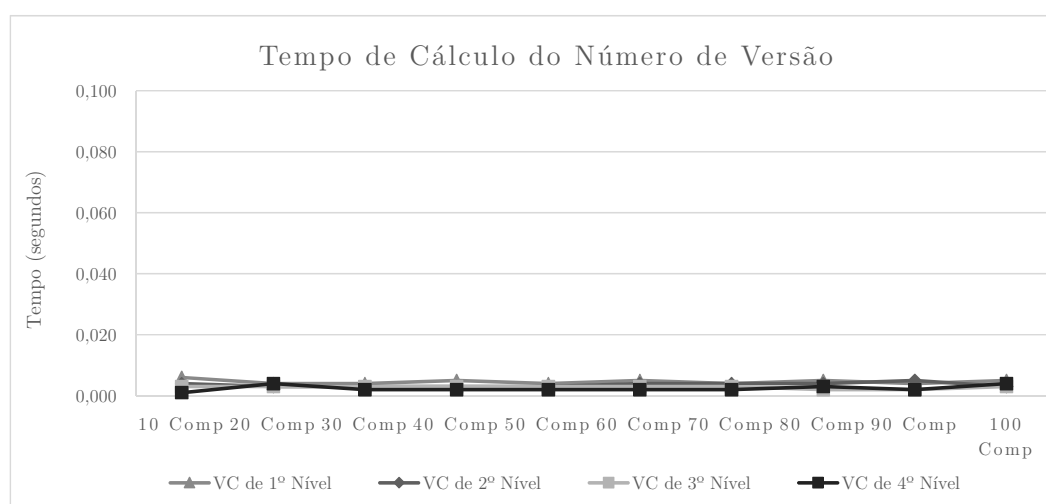
Processamentos também varia de acordo com o quantitativo de arquivos de mídia no recurso, mas em pequenas taxas, o grau de representatividade do tempo de escrita em relação ao tempo total se eleva juntamente com o número de mídias do recurso, ao ponto de, em termos percentuais, se aproximar de 100% na maioria das *Rotinas de Teste* do primeiro cenário, conforme apresentado no gráfico da Figura 43.

Por este fato, pretende-se, como trabalho futuro para a otimização do tempo de resposta durante a inserção, realizar uma análise da implementação do fluxo de escrita. Uma opção seria realizar a escrita de forma assíncrona, em um momento posterior ao

Figura 40 – Gráficos dos Tempos de *Cálculo do Número de Versão* durante a Inclusão de Versões Customizadas nas *Rotinas de Teste* dos Dois Cenários.



(a) Primeiro Cenário



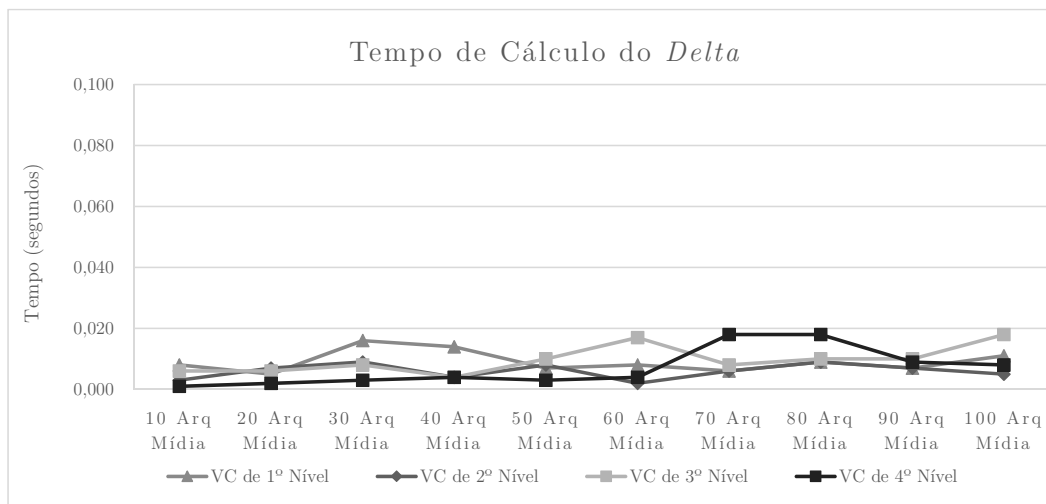
(b) Segundo Cenário

Fonte: Elaborada pelo Autor.

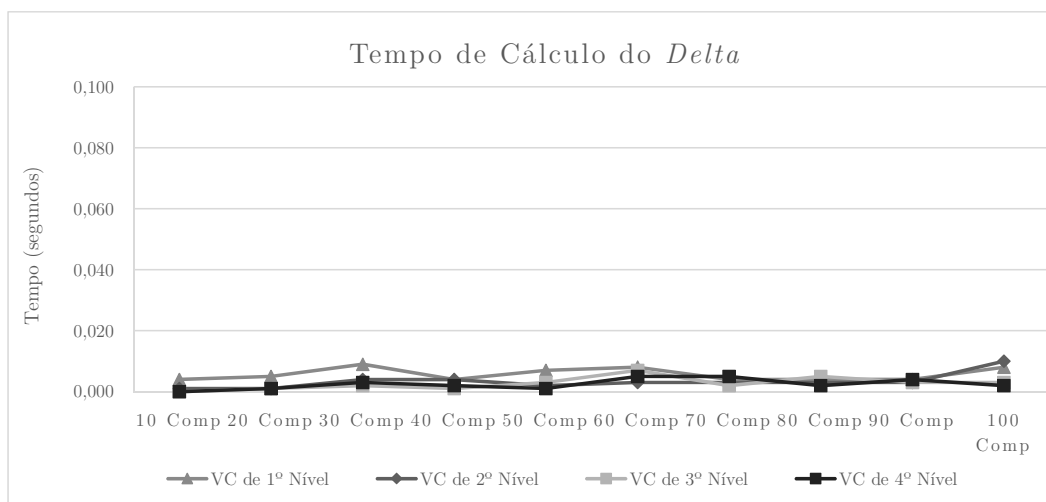
envio da resposta ao usuário. Até porque é fundamental que se dê tratamento adequado aos recursos que possuem muitos arquivos de mídia, pois, conforme a pesquisa de Cechinel, Sánchez-Alonso e García-Barriocanal (2011), que analisou estatisticamente 35 diferentes aspectos de 1.765 OAs do ROA *Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching*⁷ (MERLOT), quanto mais *Imagens* possuírem os recursos das áreas de Educação, Matemática e Estatística, Ciências e Tecnologia, maior a sua qualidade. Isso pode ser um indicativo de que, nestas áreas, os usuários preferem receber informações de forma visual

⁷ <<https://www.merlot.org/>>

Figura 41 – Gráficos dos Tempos de *Cálculo do Delta* durante a Inclusão de Versões Customizadas nas *Rotinas de Teste* dos Dois Cenários.



(a) Primeiro Cenário



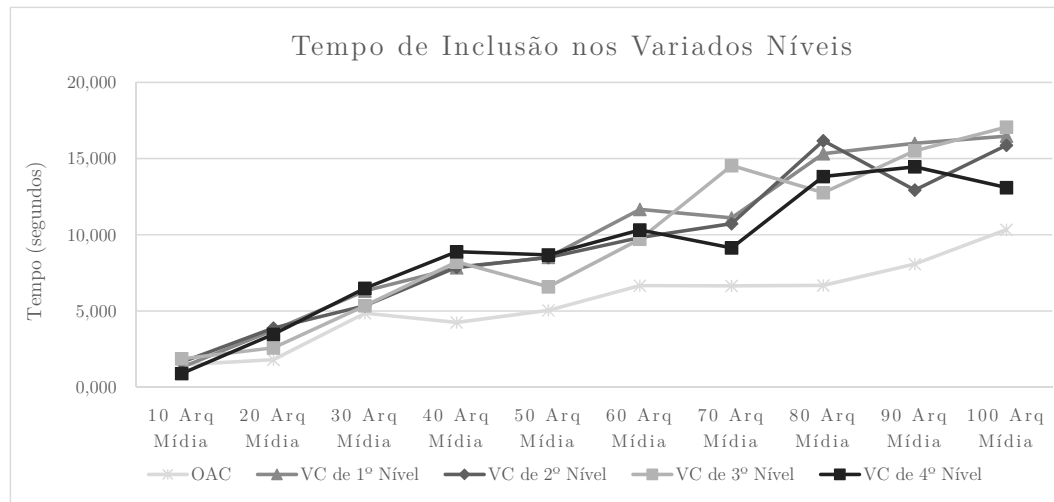
(b) Segundo Cenário

Fonte: Elaborada pelo Autor.

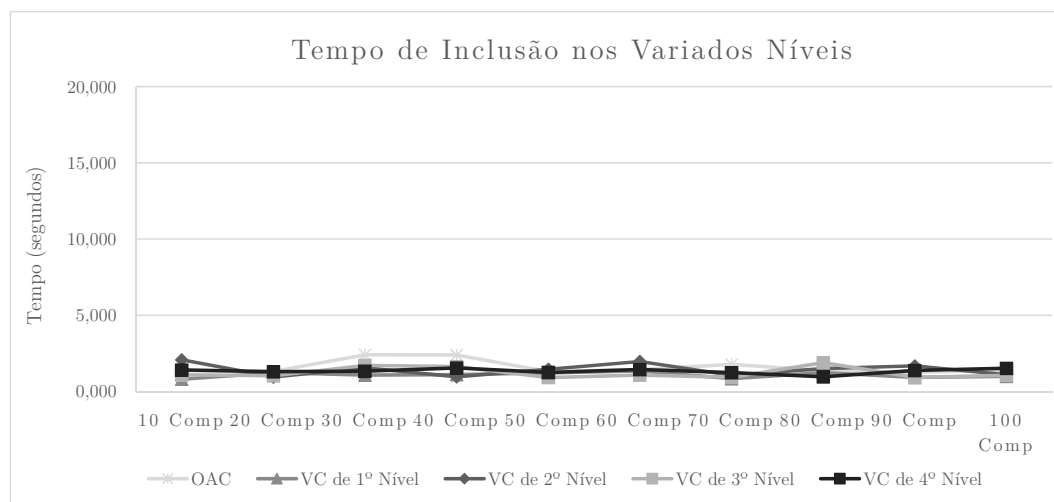
(CECHINEL; SÁNCHEZ-ALONSO; GARCÍA-BARRIOCANAL, 2011). Este mesmo estudo revelou também que *Imagens* de maior resolução e, conseqüentemente, maior tamanho em *bytes*, impactam positivamente na avaliação destes recursos, principalmente nos do tipo animação/simulação (CECHINEL; SÁNCHEZ-ALONSO; GARCÍA-BARRIOCANAL, 2011), que é o caso dos OACs.

Considerando este domínio do tempo de escrita em *filesystem*, foi realizado o cálculo do tempo médio para a inclusão de um arquivo de mídia, cujo tamanho foi padronizado em 1 MB, afim de se realizar projeções de possíveis tempos de inserção. Esta média foi

Figura 42 – Gráficos dos Tempos de Inclusão dos Recursos nas *Rotinas de Teste* dos Dois Cenários



(a) Primeiro Cenário



(b) Segundo Cenário

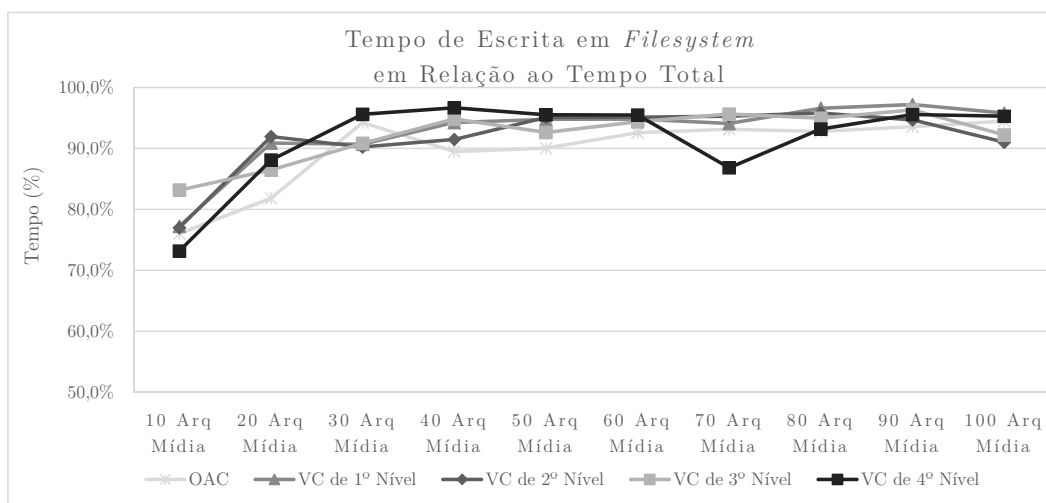
Fonte: Elaborada pelo Autor.

obtida dividindo-se a soma do tempo total para a adição de mídias em todas as *Rotinas de Teste* dos dois cenários pelo total de arquivos adicionados:

$$\frac{\text{TempoTotalEscritaMídias}}{\text{TotalMídias}} = \frac{446,259\text{segundos}}{3.250\text{mídias}} \approx 0,137\text{segundos/mídias}$$

Este tempo médio tende a ser determinado pela tecnologia de *hardware* do servidor em que o CLOVeR estiver hospedado. No caso do ambiente utilizado no processo de avaliação, a média foi de 0,137 segundos. Assim, é possível estimar que, neste ambiente,

Figura 43 – Gráfico do Tempo de Escrita em *Filesystem* em Relação ao Tempo Total de Inclusão dos Recursos nas *Rotinas de Teste* do Primeiro Cenário.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

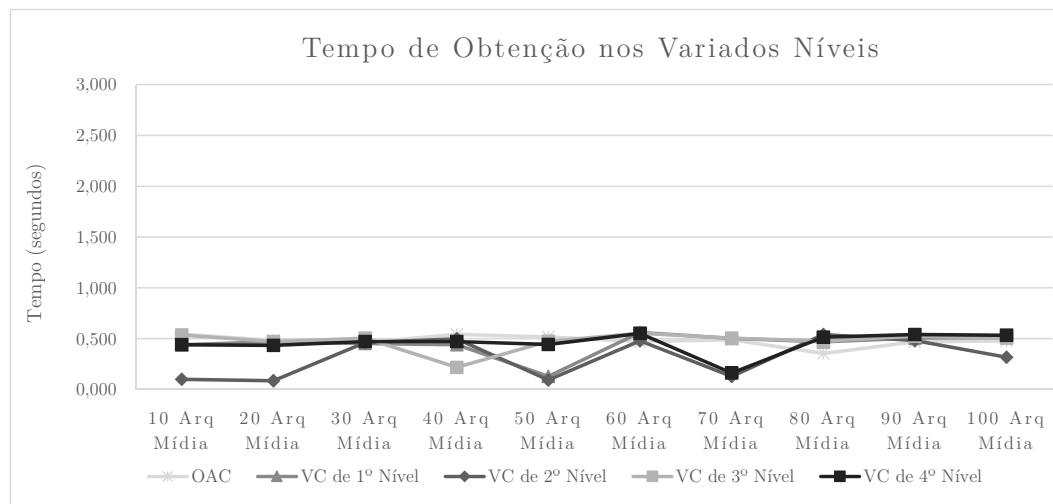
considerando a não existência de concorrência para a inclusão, forma pela qual os testes foram realizados, um CLO-DP ou um CV-DP com 1.000 mídias de 1 MB tende a ser incluído em aproximadamente 2 minutos e 17 segundos.

Já em relação às aferições dos tempos para o repositório responder a uma requisição para se baixar um OAC ou uma Versão Customizada, independentemente do seu nível na Hierarquia de Versionamento e de seus quantitativos de componentes e de arquivos de mídia, os resultados apresentaram instabilidade, porém, com variações apenas na faixa entre 0,050 e 0,600 *segundos*. A Figura 44 apresenta os gráficos com os resultados das medições, tornando evidente a variação em apenas uma determinada faixa.

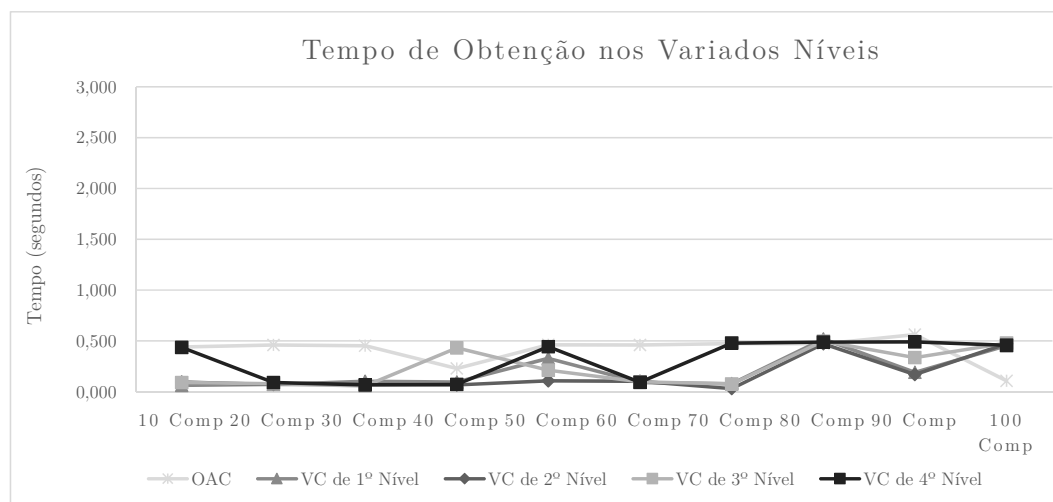
Diferentemente do processo de inclusão em que o *filesystem* é o gargalo, durante a obtenção de recursos, a leitura dos arquivos executáveis e de mídias são realizadas apenas no momento do *download* do recurso por parte do usuário. Durante o processamento de atendimento à requisição, apenas são obtidas as referências para os arquivos que devem ser lidos, não sendo efetuado de fato a leitura dos mesmos. Dessa forma, é garantido que o sistema de arquivos não se apresente como um gargalo ao processo.

Foram registradas também as durações das operações de *Merge* realizadas ao longo do processo de obtenção das Versões Customizadas. Este é um dos principais processamentos para a efetividade da estratégia de versionamento proposta. Os registros indicam praticamente uma total estabilidade, apesar das diferentes *Rotinas de Teste*. Isto ocorre porque o *Merge* sempre é feito a partir do campo *customizations* de um VDescriptor com o estado inicial dos componentes contidos no CDescriptor da Hierarquia de Versionamento, não demandando, por exemplo, múltiplos *Merges* entre diversas versões.

Figura 44 – Gráficos dos Tempos de Obtenção dos Recursos nas *Rotinas de Teste* dos Dois Cenários.



(a) Primeiro Cenário



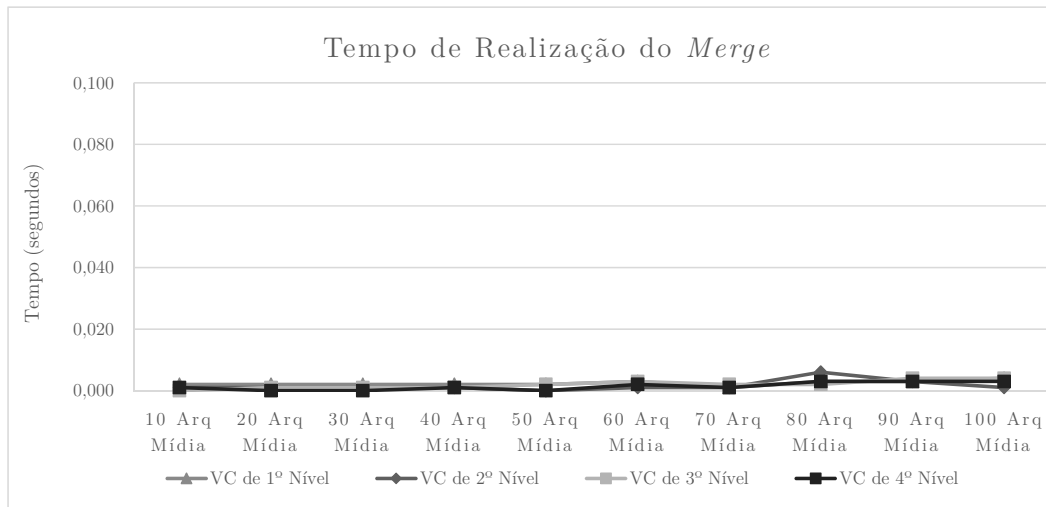
(b) Segundo Cenário

Fonte: Elaborada pelo Autor.

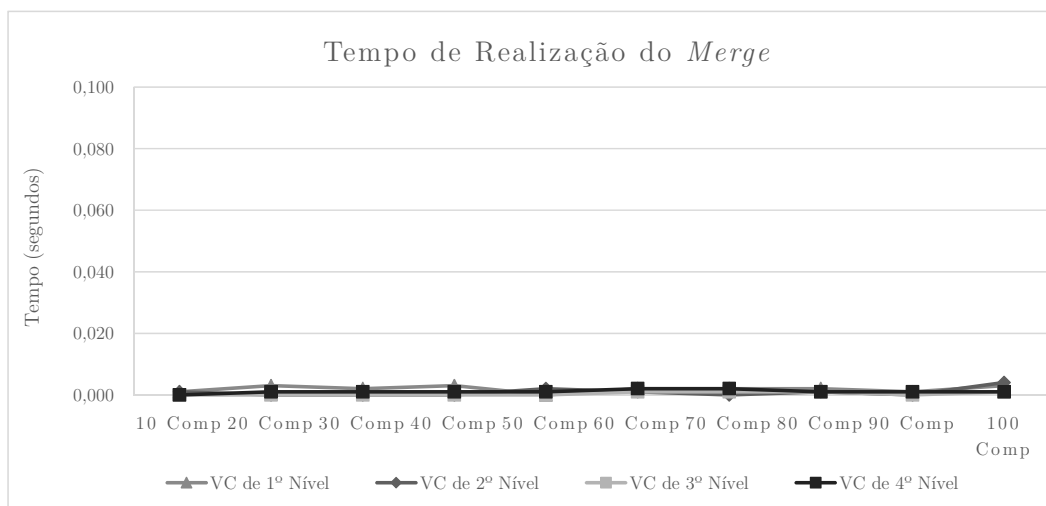
Os valores são apresentados nos gráficos da Figura 45.

Por fim, é importante destacar que os resultados obtidos ao longo processo de avaliação do *Comportamento em Relação ao Tempo* possuem algumas distorções, como evidenciado nos vários gráficos apresentados. Elas são oriundas do fato do ambiente utilizado não está totalmente isolado, uma vez que outros processos poderiam ser escalonados por parte do Sistema Operacional para a execução, e também porque os valores apresentados foram obtidos a partir de uma única execução. Estas distorções tenderiam a ser eliminadas caso os resultados fossem provenientes da média de múltiplas execuções.

Figura 45 – Gráficos dos Tempos de Realização do *Merge* durante a Obtenção de Versões Customizadas nas *Rotinas de Teste* dos Dois Cenários



(a) Primeiro Cenário



(b) Segundo Cenário

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Entretanto, considerando as discussões apresentadas no texto, pode-se afirmar que o repositório proposto possui tempos de resposta a requisições de inclusão e obtenção de recursos que habilitam a utilização do repositório em um cenário de não concorrência. Inclusive, no caso das inserções, estes tempos apenas se elevam com a variação de características que impactam diretamente no aumento do tamanho dos Pacotes de Implantação, algo que tende a ser naturalmente aceito pelos usuários (**recursos maiores = mais tempo para armazenar**). Com isso posto, segue a resposta à questão Q1:

Q1. O tempo de resposta para a inclusão e a obtenção de recursos propiciado pelo protótipo desenvolvido do repositório são tempos adequados para o uso?

Resp. Sim.

Porém, uma verificação mais apurada do repositório, que considere o processamento de múltiplas requisições em simultâneo, é necessária para que se possa afirmar categoricamente que ele possui tempos de resposta adequados para o uso por seus potenciais usuários finais.

Todos os resultados obtidos durante as medições realizadas nos *Cenários de Teste* descritos nesta seção estão disponíveis nos Apêndices B e C.

6.3.2 Utilização de Recursos

Como última etapa do processo de avaliação, a estratégia de versionamento do CLOVeR foi analisada em relação ao espaço demandado por ela para o armazenamento de recursos.

Um dos principais objetivos do repositório proposto é garantir, por meio da não replicação de dados e arquivos, a eficiência na utilização de espaço em disco para a persistência de OACs/VCs. Dado que novas versões criadas a partir da customização de um único ou de alguns poucos componentes se diferenciam de forma mínima da versão do recurso que lhes deu origem. Neste caso, é dispendioso armazenar a nova versão na sua forma integral, pois resultaria em uma elevada quantidade de informações replicadas ao longo da base.

De acordo com Ochoa, Carrillo e Cechinel (2014), Santos et al. (2014) e Tarouco, Silva e Grando (2011), os *ROAs com Armazenamento Tradicional* funcionam como depósitos para o armazenamento e a posterior obtenção de OAs e metadados, sendo os OAs e as suas diversas versões persistidas em um formato de pacote que encapsula todos os arquivos e dados que os compõem. Nestas bases, a cada nova Versão Customizada de um OAC, um novo pacote, em sua totalidade (incluindo arquivos executáveis e de mídia), deveria ser adicionado ao repositório, onerando espaço de armazenamento utilizado com a replicação de conteúdos inalterados.

A *Utilização de Recursos* por parte do CLOVeR para a realização de armazenamento foi verificado pela medição do espaço total, em *kilobytes*, ocupado à medida que novas Versões Customizadas de um OAC eram adicionadas. Como apresentado na seção 6.2, que descreve a metodologia adotada, este espaço foi obtido somando-se o que foi utilizado pelo MongoDB (MONGODB INC, 2016) com o que foi consumido pelos arquivos executáveis e de mídia incluídos ao *filesystem*.

Os resultados obtidos nos três *Cenários de Teste* executados nesta etapa da avaliação

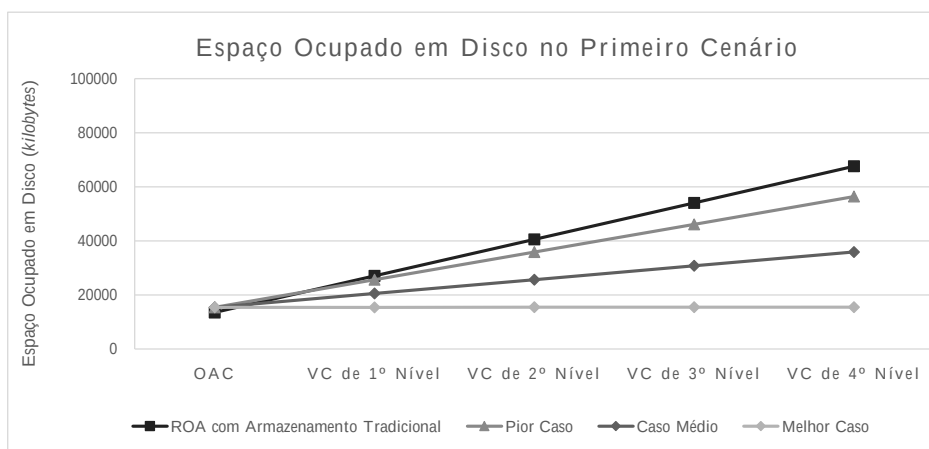
(vide seção 6.2) foram comparados com a projeção do espaço ocupado pelos recursos se fossem adicionados a um repositório sem estratégia de Versionamento que evite replicação de dados comuns entre as várias versões, ou seja, que exigisse, tanto para o OAC como para cada Versão Customizada, o armazenamento de recursos em sua totalidade (CLO-Ps completos). Dado que os tamanhos dos CLO-Ps são conhecidos, seguem as projeções de consumo de espaço em disco em um *ROA com Armazenamento Tradicional*:

- (i) **100 Componentes, sendo 10 deles com referência a Arquivo de Mídia:**
OAC - 13.516 KB; VC de 1º Nível - 27.032 KB (2 x OAC); VC de 2º Nível - 40.548 KB (3 x OAC); VC de 3º Nível - 54.064 KB (4 x OAC); VC de 4º Nível - 67.580 KB (5 x OAC);
- (ii) **100 Componentes, sendo 55 deles com referência a Arquivo de Mídia:**
OAC - 54.121 KB; VC de 1º Nível - 108.242 KB (2 x OAC); VC de 2º Nível - 162.363 KB (3 x OAC); VC de 3º Nível - 216.484 KB (4 x OAC); VC de 4º Nível - 270.605 KB (5 x OAC);
- (iii) **101 Componentes, sendo 100 deles com referência a Arquivo de Mídia:**
OAC - 94.708 KB; VC de 1º Nível - 189.416 KB (2 x OAC); VC de 2º Nível - 284.124 KB (3 x OAC); VC de 3º Nível - 378.832 KB (4 x OAC); VC de 4º Nível - 473.540 KB (5 x OAC);

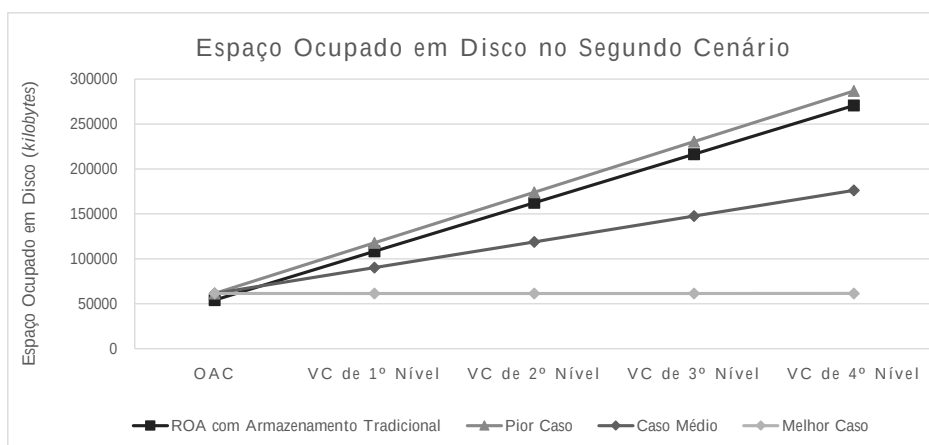
Os resultados demonstraram que, no "*Pior Caso*", em que todos os arquivos de mídia de um recurso são substituídos, o CLOVeR segue a mesma tendência de crescimento de um *ROA com Armazenamento Tradicional*, tendo um consumo ligeiramente maior nos casos de recursos com elevada quantidade de mídias, como evidenciado nos gráficos das Figuras 46b e 46c. Isto ocorre devido ao CLO-P utilizar uma estratégia de compactação de conteúdo, o que reduz o tamanho total do recurso e a demanda por espaço em um *ROA com Armazenamento Tradicional*, enquanto que no repositório proposto os executáveis e as mídias ficam diretamente no sistema de arquivos do servidor, sem estratégia de compactação. No caso do cenário de um OAC com poucas mídias, Figura 46a, o desempenho do CLOVeR se mostrou melhor em razão da não replicação dos arquivos executáveis para cada versão ganhar representatividade devido ao reduzido número de mídias.

Contudo, os resultados coletados com a execução das rotinas de teste de "*Caso Médio*", em que se modifica metade das mídias, e de "*Melhor Caso*", em que nenhum arquivo de mídia é alterado, revelaram uma considerável economia de espaço em comparação com um *ROA com Armazenamento Tradicional*, pois diferentes versões de um OAC continuam a referenciar as mesmas mídias, adicionadas uma única vez ao *filesystem* do servidor em que o CLOVeR estiver hospedado, caso elas não sejam modificadas no processo de customização.

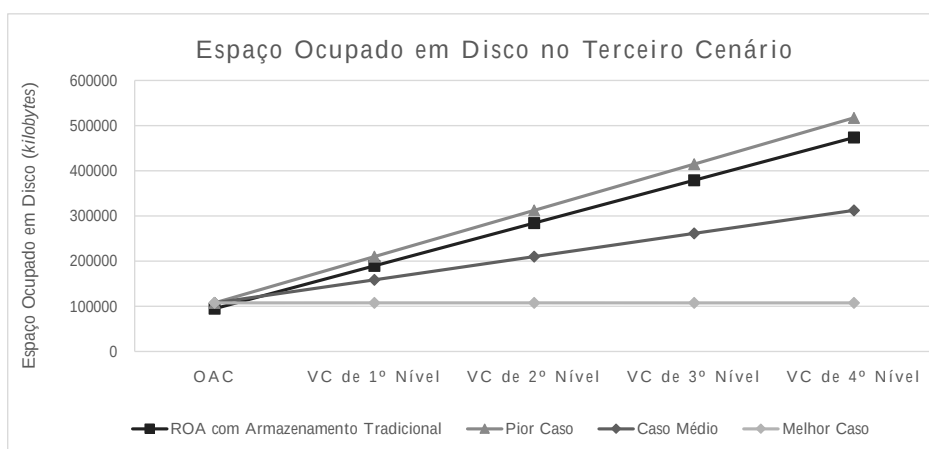
Figura 46 – Gráficos dos Espaços Ocupado em Disco pelos Recursos nas *Rotinas de Teste* dos Três Cenários.



(a) Primeiro Cenário



(b) Segundo Cenário



(c) Terceiro Cenário

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Outro importante aspecto revelado pelas medições é que a adição de novos VDescriptors ao MongoDB (MONGODB INC, 2016) impacta de forma mínima o consumo de espaço em disco. Nas rotinas de teste de "*Melhor Caso*" do primeiro e do segundo cenário, em que se customizou 90 e 45 componentes entre cada versão, respectivamente, cada uma delas resultou em um consumo adicional de apenas 16 KB. Deste modo, conclui-se que são os arquivos executáveis e de mídia incluídos ao CLOVeR que de fato determinam o quanto se consome de espaço para a manutenção dos recursos na base.

A Tabela 8 apresenta os valores aferidos em cada *Rotina de Teste* executada durante a avaliação.

Tabela 8 – Espaço Ocupado em Disco pelos Recursos nas Rotinas de Teste dos Três Cenários.

	OAC (kilobytes)	VC de 1º Nível (kilobytes)	VC de 2º Nível (kilobytes)	VC de 3º Nível (kilobytes)	VC de 4º Nível (kilobytes)
1º Cenário - 100 Componentes / 10 Arq. de Mídias					
<i>ROA com Arm. Trad.</i>	13.516	27.032	40.548	54.064	67.580
<i>Pior Caso</i>	15.404	25.646	35.888	46.130	56.372
<i>Caso Médio</i>	15.404	20.526	25.648	30.770	35.892
<i>Melhor Caso</i>	15.404	15.420	15.436	15.452	15.468
2º Cenário - 100 Componentes / 55 Arq. de Mídias					
<i>ROA com Arm. Trad.</i>	54.121	108.242	162.363	216.484	270.605
<i>Pior Caso</i>	61.484	117.812	174.140	230.468	286.796
<i>Caso Médio</i>	61.484	90.160	118.836	147.512	176.188
<i>Melhor Caso</i>	61.484	61.500	61.516	61.532	61.548
3º Cenário - 101 Componentes / 100 Arq. de Mídias					
<i>ROA com Arm. Trad.</i>	94.708	189.416	284.124	378.832	473.540
<i>Pior Caso</i>	107.562	209.978	312.394	414.810	517.226
<i>Caso Médio</i>	107.562	158.770	209.978	261.186	312.394
<i>Melhor Caso</i>	107.562	107.563	107.563	107.564	107.564

Fonte: Elaborada pelo Autor.

A avaliação realizada revelou que, devido à não replicação dos arquivos executáveis e de mídia utilizados por um conjunto de diferentes versões de um mesmo OAC, a estratégia de versionamento proposta para o CLOVeR resulta em uma persistência otimizada dos recursos em comparação com os *ROAs com Armazenamento Tradicional*, demonstrando que a solução proposta atende a um dos principais requisitos para uma base digital destinada aos OACs, o de armazenar recursos eficientemente, evitando a repetição de arquivos e dados inalterados entre versões.

Esta conclusão possibilita responder ao segundo questionamento:

Q2. A estratégia de versionamento de recursos idealizada para o CLOVeR resulta no consumo eficiente de espaço de armazenamento ao se persistir OACs e VCs?

Resp. Sim.

Em atendimento ao objetivo específico que determina ser necessário avaliar o repositório proposto após a sua implementação, neste capítulo foi descrita a metodologia de avaliação utilizada e quais os resultados e conclusões obtidas ao longo do processo de análise do CLOVeR e da CLOWebPlatform. A avaliação realizada buscou verificar o tempo de resposta do repositório proposto a requisições de inclusão e obtenção de recursos e também se ele otimiza o uso de espaço em disco, por meio de sua estratégia de versionamento, quando comparado com *ROAs com Armazenamento Tradicional*. Para a validação desses dois aspectos, foram estabelecidas duas perguntas objetivas a serem respondidas por meio da verificação.

Os resultados relativos às medições dos tempos de resposta evidenciaram que a escrita dos arquivos executáveis e de mídia no *filesystem* é o maior gargalo do processo de inclusão de recursos; independentemente da posição na Hierarquia de Versionamento, o tempo de inserção de OAC e VC cresce linearmente com o quantitativo e o tamanho dos arquivos desse recurso que precisam ser escritos em *filesystem*; os processamentos exigidos para a realização do controle das versões, tais como o *Cálculo do Número de Versão*, o *Cálculo do Delta* e a execução de *Merge*, impactam minimamente no tempo de resposta; e o tempo para o atendimento a requisições para a obtenção de recursos fica, apesar de suas características, dentro de uma determinada faixa. Já em relação à verificação do consumo de espaço em disco, os resultados demonstraram que, no "Pior Caso", o CLOVeR segue a mesma tendência de crescimento de um *ROA com Armazenamento Tradicional*, mas que possui considerável economia de espaço nos demais cenários, nos quais nem todas as mídias do recurso são substituídas durante a customização. Os resultados desta segunda etapa da avaliação também mostraram que são os arquivos executáveis e de mídia que determinam, prioritariamente, o espaço em disco ocupado por um recurso.

Com base nos resultados e discussões apresentadas neste capítulo, conclui-se que o repositório proposto de fato realiza o armazenamento otimizado dos Objetos de Aprendizagem Customizáveis e de suas Versões Customizadas, conforme demandado no objetivo geral da pesquisa. No próximo capítulo são apresentadas as considerações finais do estudo desenvolvido e também a lista de ações a serem executadas como parte da continuidade do estudo.

7 Conclusão

*"Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota."
(Madre Teresa de Calcutá)*

Em consonância com o objetivo geral da pesquisa, nesta dissertação foi descrito o *Customizable Learning Object VErsioning Repository*, uma proposta de repositório para o armazenamento, o compartilhamento e o gerenciamento de Objetos de Aprendizagem Customizáveis e suas respectivas Versões Customizadas, que, de acordo com os resultados da avaliação realizada, executa o versionamento deste tipo de recurso otimizando o espaço de uso em disco quando comparado com *ROAs com Armazenamento Tradicional*.

O CLOVeR atende a demanda dos OACs por um repositório que considere os aspectos estruturais e funcionais inerentes a este tipo de recurso e também a necessidade, elencada por Souza (2012), de uma ferramenta para a realização do robusto controle de versão das várias VCs elaboradas por meio da customização dos OACs, requisitos que motivaram a realização da pesquisa descrita neste trabalho. Uma vez que não é eficiente, conforme detalhado no tópico referente à problemática abordada no estudo, armazenar estes recursos em *ROAs com Armazenamento Tradicional*, que atuam basicamente como *containers* de Objetos de Aprendizagem, persistindo todos os elementos que compõem um OA na forma de pacote (OCHOA; CARRILLO; CECHINEL, 2014; SANTOS et al., 2014; TAROUCO; SILVA; GRANDO, 2011), estratégia que, se aplicada aos OACs, resultaria na replicação de arquivos e dados inalterados entre os vários pacotes que representariam as Versões Customizadas no repositório (SILVA; SOUZA; SOUZA, 2017).

O repositório proposto permite a difusão dos OACs, recursos que, de acordo com Souza (2012), garantem maior autonomia aos docentes para adaptar recursos às suas necessidades de uso, possibilitando ponderar o ambiente em que os discentes estão inseridos e os seus níveis de conhecimento, tudo de uma forma fácil e rápida. O CLOVeR trata os OACs e os seus utilizadores levando em consideração a forma como estes recursos são estruturados e como são utilizados e/ou customizados. Nele, por exemplo, as customizações efetuadas são validadas para se verificar se estão compatíveis com o Grau de Liberdade do usuário que insere uma nova Versão Customizada.

Além disso, o CLOVeR possui uma estratégia de versionamento baseada em um modelo de dados que estabelece relacionamentos entre as versões de um mesmo OAC, formando uma estrutura hierárquica, denominada Hierarquia de Versionamento, em que é possível se detectar facilmente a versão de origem e as derivadas de qualquer recurso. Em relação às VCs, tanto a *Sintática* quanto a *Semântica* das customizações (BROOKS;

COOKE; VASSILEVA, 2003) são registradas na base. Em se tratando da *Sintática*, para evitar a replicação de informações, apenas são armazenados os atributos dos componentes que sofreram alteração em relação ao seu estado inicial. Além disso, replicações são evitadas por meio do compartilhamento dos arquivos executáveis e das mídias entre várias versões de uma mesma Hierarquia de Versionamento, persistindo-se de forma adicional apenas os novos arquivos de mídia, caso ocorra a substituição de algum durante a customização.

Para a validação da modelagem proposta para o repositório, foi desenvolvida a CLOWebPlatform, uma plataforma *web* de interação com o CLOVeR. A sua versão inicial inclui as funcionalidades consideradas como centrais por Sampson e Zervas (2013b) para plataformas de acesso à ROAs, em se tratando da manipulação de OAs e de metadados por parte dos usuários. Por meio desta plataforma também foi disponibilizada uma API REST para interação com o CLOVeR, o que torna possível a sua integração a outros sistemas, tais como Ambientes Virtuais de Aprendizagem (SILVA; SOUZA; SOUZA, 2017).

Os resultados obtidos ao longo do processo de validação do repositório proposto demonstraram que a estratégia de versionamento concebida de fato resulta na otimização do uso de espaço em disco para o armazenamento de recursos por parte do CLOVeR. Além disso, eles também evidenciaram que, mesmo com os processamentos necessários para a inclusão e a obtenção de OACs/VCs, uma vez que as informações ficam persistidas de modo fragmentado, o tempo de resposta às requisições para manipulação do conteúdo possibilita o uso do repositório em um cenário de não concorrência (sem múltiplas requisições simultâneas), independentemente da posição do recurso na Hierarquia de Versionamento. No caso especificamente das inserções, esse tempo de resposta varia de forma linear com o quantitativo e o tamanho dos arquivos executáveis e de mídia do recurso (quanto maiores os CLO-DPs / CV-DPs, mais tempo para serem incluídos).

Apesar dos resultados, uma série de ações ainda precisam ser realizadas para aprimorar o CLOVeR e a versão inicial da CLOWebPlatform. Tais ações visam tornar o repositório proposto em um ambiente que melhor permita aos usuários desfrutarem, por meio do compartilhamento e da reutilização, dos benefícios dos OACs, que podem ser customizados sem a exigência de conhecimento técnico; e em um local em que o conhecimento possa ser produzido e compartilhado entre os usuários e que ofereça verdadeiras experiências de aprendizagem aos seus utilizadores pela disponibilização de uma interface formativa, conforme recomendado por Ferran et al. (2009) para ROAs em geral.

Estas ações são listadas a seguir como trabalhos futuros:

- Possibilitar que o usuário responsável pela inclusão de uma Versão Customizada a atualize, tornando possível a realização de correções de erros resultantes do processo de customização que originou a respectiva versão, ou a exclua, caso o usuário não mais deseje que a versão fique disponível no repositório;

-
- Fazer com que o CLOVeR efetue o *Desmembramento de Versão Customizada*, ou seja, desvincule uma versão que foi incorporada a outra, gerando um novo VDescriptor para ela, caso o usuário realize a atualização de uma VC que tenha sido incorporada;
 - Realizar o versionamento dos arquivos de mídia contidos no repositório, permitindo aos usuários que possuem o *Papel Designer* incluir novas versões das mídias elaboradas a partir de três diferentes ações: *Modularização* (divisão do recurso em partes menores); *Agregação* (criação de novo recurso pela união de outros preexistentes); e *Adaptação* (alteração do recurso) (RENSING et al., 2005);
 - Compartilhar arquivos de mídia entre OACs diferentes, pois a versão atual do CLOVeR compartilha arquivos de mídia apenas entre as Versões Customizadas de um mesmo recurso. Isso resultaria em uma maior otimização do consumo de espaço em disco por parte do repositório, dado que mídias comuns a OACs distintos também não seriam replicadas;
 - Disponibilizar publicamente, por meio da CLOWebPlatform, inclusive pela sua API REST, os arquivos de mídia persistidos no CLOVeR, para que possam ser reutilizados individualmente pelos utilizadores do repositório para integrar, por exemplo, outros Objetos de Aprendizagem;
 - Reimplementar o fluxo de inclusão de OACs e VCs no CLOVeR, de maneira a minimizar o "gargalo" gerado devido a escrita de executáveis e mídias no sistema de arquivos do servidor. Avaliar a possibilidade de realizar a escrita de forma assíncrona, em um momento posterior ao envio da resposta ao requisitante, ou de adotar algum gerenciador de arquivo que trate da forma como estes arquivos são adicionados, ficam armazenados (quiza, até compactando-os) e são obtidos. Mitigar este tempo de escrita em *filesystem* é importante, porque, com base no estudo de Cechinel, Sánchez-Alonso e García-Barriocanal (2011), OAs de algumas áreas e de alguns tipos tendem a ser de qualidade elevada à medida que possuem *Imagens* em maior quantidade e melhor qualidade, caso dos recursos do tipo animação/simulação, categoria da qual os OACs fazem parte;
 - Realizar testes que visem verificar o tempo de resposta do repositório a requisições de inclusão e obtenção de OACs e VCs em cenários de concorrência, ou seja, com múltiplas requisições sendo tratadas em simultâneo, a fim de se averiguar o comportamento do repositório em um ambiente real de uso;

- Tornar a tela de Pesquisa de OAC da CLOWebPlatform adaptável à variação dos elementos utilizados como metadados para a descrição dos recursos armazenados no CLOVeR, pois não há um padrão fixo de metadados para a catalogação dos OACs. As opções de pesquisa disponibilizadas pelas interfaces de interação com os ROAs devem autorizar buscas com base nos vários aspectos dos recursos (CERVONE, 2012). Para Gayoso-Cabada, Rodríguez-Cerezo e Sierra (2016), as plataformas de interação com os Repositório de Objetos de Aprendizagem devem se adaptar automaticamente às mudanças no modelo de metadados. Uma possibilidade é oferecer uma pesquisa *Google Like*¹, em que apenas um filtro é preenchido e todos os campos de metadados são considerados na verificação de correspondência com o filtro informado;
- Ampliar a CLOWebPlatform para tornar possível, como recomendado por Cordeiro et al. (2013), que os usuários pesquisem os recursos também pelos seus conteúdos e não apenas pelos metadados. Já que no CLOVeR os estados dos componentes dos recursos são armazenados de forma separada dos arquivos executáveis, o modelo de dados do repositório já suporta este tipo de pesquisa, bastando que a mesma seja disponibilizada por meio da plataforma *web*. Esta ação poderá garantir resultados mais efetivos nas consultas dos usuários (CORDEIRO et al., 2013; OCHOA; DUVAL, 2008c);
- Adicionar ao repositório proposto uma estratégia para se mensurar/avaliar a qualidade dos recursos armazenados. Até porque este é um importante aspecto para os ROAs, por motivos pedagógicos, logísticos e técnicos (MCGREAL, 2008). Atualmente, é considerada, inclusive, uma característica que contribui para o "sucesso" dos repositórios (CECHINEL; SÁNCHEZ-ALONSO; GARCÍA-BARRIOCANAL, 2011; CLEMENTS; PAWLOWSKI; MANOUSELIS, 2014; TATE; HOSHEK, 2009) e que facilita a busca em bases com grandes quantidades de OAs (CLEMENTS; PAWLOWSKI; MANOUSELIS, 2015; PALAVIT-SINIS, 2013). Independentemente da estratégia a ser adotada, as qualificações no CLOVeR devem considerar, como defendido por Cechinel, Sánchez-Alonso e García-Barriocanal (2011), os vários aspectos dos recursos, e, o ideal, é que sejam definidas de forma automática, já que o processo manual de validação é suscetível a um maior número de erros e não é escalável (CECHINEL, 2014; CECHINEL et al., 2014; CECHINEL; SÁNCHEZ-ALONSO; GARCÍA-BARRIOCANAL, 2011; SANZ-RODRIGUEZ; DODERO; SÁNCHEZ-ALONSO, 2011);
- Integrar ao repositório proposto uma solução de recomendação automática de

¹ <<http://www.google.com/>>

recursos aos usuários autenticados na CLOWebPlatform. Cechinel (2014) e Neven e Duval (2002) destacam que Sistemas de Recomendação contribuem para uma melhor experiência de uso por parte dos usuários de ROAs e, segundo Clements e Pawlowski (2012), os recursos sugeridos costumam ser levados em consideração durante pesquisas. Uma solução de recomendação do tipo híbrida, em que OAs são sugeridos com base em utilizações e acessos anteriores e em recursos usados por usuários com perfis semelhantes (SERGIS; PANAGIOTIS; SAMPSON, 2014), pode estimular maior reusabilidade dos OACs;

- Incluir uma estratégia de *Gamificação* que busque estimular o compartilhamento de recursos por meio do CLOVeR, pois os usuários que publicam conteúdo nos ROAs em geral têm o comportamento de reduzir gradativamente a taxa de recursos adicionados à base, em muito por considerarem que não se beneficiam com o compartilhamento (OCHOA, 2011). Para eles, não fica claro que o ato de compartilhar abertamente recursos educacionais também é um meio de autopromoção individual e institucional (BUTCHER, 2015; MCGREAL, 2013; WILEY; BLISS; MCEWEN, 2014). Uma estratégia de *Gamificação* que destaque os usuários mais ativos e os que possuem os recursos mais bem avaliados pode incentivar os criadores de conteúdo a se manterem ativos mesmo com a passar do tempo;
- Definir um mecanismo para a orientação detalhada do preenchimento de cada campo contido nos fluxos de inclusão de recursos da CLOWebPlatform. Uma possibilidade seria adicionar um ícone de "Ajuda", pelo qual os usuários poderiam visualizar descrições detalhadas para cada campo de entrada dos formulários;
- Reavaliar o processo de informação da *Semântica* das alterações que originam uma Versão Customizada. No momento, esta definição é feita pelo usuário por meio do preenchimento de um campo livre de texto;
- Adicionar, à CLOWebPlatform, a possibilidade dos usuários visualizarem previamente o conteúdo dos OACs e das VCs, por meio de imagens ou de vídeos, de modo a fazer com que a plataforma disponibilize todas as funcionalidades centrais da *Dimensão de Objetos de Aprendizagem* descritas por Sampson e Zervas (2013b) e otimize o processo de seleção de recursos por parte dos usuários;
- Também incorporar à CLOWebPlatform as funcionalidades consideradas centrais da *Dimensão de Serviços de Valor Agregado* (SAMPSON; ZERVAS, 2013b) e estender a modelagem definida para o CLOVeR de modo a dar suporte a

tais operações. Funções desta dimensão aprimoram a experiência do usuário em relação ao repositório, permitindo a comunicação e a colaboração entre os utilizadores (SAMPSON; ZERVAS, 2013b). Como nesta dimensão as operações centrais são as de criação e gerenciamento de *Contas Pessoais* e de interação por meio de *Fóruns*, apenas esta última funcionalidade necessitará ser adicionada, pois os usuários já podem possuir cadastros próprios na versão inicial;

- Redefinir o processo de atribuição de Grau de Liberdade aos cadastrados no CLOVeR, pois atualmente é feita de forma manual e com base apenas em uma descrição de perfil preenchida de forma aberta pelo próprio usuário durante o autocadastro. A atribuição de GL manualmente demanda muito esforço no caso de um elevado número de usuários. Esta concessão deve ser automatizada e basear-se em questões pedagógicas;
- Avaliar, após o desenvolvimento das funções elencadas nos pontos anteriores, a usabilidade da interface da CLOWebPlatform como um todo com base nas orientações definidas na ISO/IEC 25066:2016, de modo a detectar e implementar melhorias necessárias;
- Executar implementações e configurações que garantam segurança no acesso dos usuários à CLOWebPlatform, tanto por um navegador de internet quanto por meio do envio de requisições para sua API REST. Dentre as ações a serem realizadas, será necessário definir o uso de HTTPs para o servidor de hospedagem da plataforma e alterar a API REST para que o *Token de Acesso* passe a ser enviado como parte do cabeçalho das requisições HTTPs e não mais como um parâmetro, de modo a ficar criptografado;
- Descrever em *Linguagem Formal* os fluxos de inclusão e obtenção de recursos do CLOVeR, para que possam ser aplicados a outros cenários em que se busque realizar o versionamento de recursos digitais por meio do armazenamento de modo fragmentado.

Referências

- ADOBE SYSTEMS INC. *Adobe Flash Player*. 2017. Disponível em: <<http://www.adobe.com/products/flashplayer.html>>. Acesso em: 21 mar. 2017. Citado na página 80.
- BARRITT, C.; ALDERMAN JR., F. L. *Creating a Reusable Learning Objects Strategy: leveraging information and learning in a knowledge economy*. 1. ed. San Francisco: Pfeiffer, 2004. ISBN 0-7879-6495-6. Citado na página 34.
- BERNERS-LEE, T. *Axioms of Web Architecture: metadata*. [S.l.]: W3C, 1997. Disponível em: <<https://www.w3.org/DesignIssues/Metadata.html>>. Acesso em: 19 fev. 2016. Citado na página 33.
- BOOTSTRAP. 2017. Disponível em: <<http://getbootstrap.com/>>. Acesso em: 03 abr. 2017. Citado na página 92.
- BRAY, T. *The JavaScript Object Notation (JSON) Data Interchange Format*. [S.l.], 2014. Disponível em: <<https://tools.ietf.org/html/rfc7159>>. Acesso em: 18 mar. 2017. Citado na página 52.
- BROOKS, C.; COOKE, J.; VASSILEVA, J. Versioning of learning objects. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED LEARNING TECHNOLOGIES, 3., 2003, Athens. *Proceedings...* [S.l.]: IEEE, 2003. ISBN 0-7695-1967-9. Citado 6 vezes nas páginas 42, 64, 85, 88, 110 e 142.
- BSON. 2017. Disponível em: <<http://bsonspec.org/>>. Acesso em: 03 abr. 2017. Citado na página 77.
- BUTCHER, N. *ICT, Education, Development, and The Knowledge Society*. Kumasi, 2010. Disponível em: <http://gesci.org/fileadmin/user_upload/4_ICT_in_STEM_Education_Files/ICT__Education__Development__and_the_Knowledge_Society_1__1_.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2017. Citado na página 25.
- BUTCHER, N. *A Basic Guide to Open Educational Resources (OER)*. Paris: UNESCO; Vancouver: Commonwealth of Learning, 2015. Disponível em: <http://oasis.col.org/bitstream/handle/11599/36/2015_UNESCO_COL_A-Basic-Guide-to-OER.pdf?sequence=6&isAllowed=y>. ISBN 978-1-894975-41-4. Acesso em: 20 dec. 2016. Citado 6 vezes nas páginas 26, 27, 37, 42, 53 e 145.
- CASALI, A.; CECHINEL, C.; OCHOA, X. Edición especial: estrategias para mejorar la usabilidad de repositorios educativos. *Revista Iberoamericana de Tecnologías del/da Aprendizaje/Aprendizagem*, IEEE, v. 3, n. 2, p. 76–77, Jun 2015. ISSN 2255-5706. Citado 3 vezes nas páginas 32, 67 e 68.
- CASTELLS, M. *A Sociedade em Rede. Tradução de Roneide Venancio Majer*. 8. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1999. v. 1. Citado na página 25.
- CECHINEL, C. Repositórios de objetos de aprendizagem. In: BRAGA, J. C. (Org.). *Objetos de Aprendizagem: introdução e fundamentos*. Santo André: Editora da UFABC,

2014, (Coleção Intera, v. 1). cap. 4, p. 65–72. ISBN 978-85-68576-03-8. Citado 7 vezes nas páginas 31, 34, 35, 38, 70, 144 e 145.

CECHINEL, C.; OCHOA, X. A brief overview of quality inside learning object repositories. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMAN COMPUTER INTERACTION, 15., 2014, Puerto de la Cruz. *Proceedings...* [S.l.]: ACM, 2014. p. 83–89. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 68.

CECHINEL, C. et al. Towards automated evaluation of learning resources inside repositories. In: MANOUSELIS, N. et al. (Ed.). *Recommender Systems for Technology Enhanced Learning: research trends and applications*. New York: Springer, 2014. p. 25–46. ISBN 978-1-4939-0530-0. Citado 3 vezes nas páginas 69, 70 e 144.

CECHINEL, C.; SÁNCHEZ-ALONSO, S.; GARCÍA-BARRIOCANAL, E. Statistical profiles of highly-rated learning objects. *Computers & Education*, Elsevier, v. 57, n. 1, p. 1255–1269, 2011. Citado 7 vezes nas páginas 29, 69, 70, 129, 130, 143 e 144.

CERVONE, F. Digital learning object repositories. *OCLC Systems & Services: international digital library perspectives*, Emerald Group Publishing, v. 28, n. 1, p. 14–16, 2012. ISSN 1065-075X. Citado 11 vezes nas páginas 33, 42, 62, 63, 64, 65, 76, 81, 88, 104 e 144.

CHACON, S.; STRAUB, B. Git internals. In: _____. *Pro Git: everything you need to know about git*. 2. ed. Mountain View: Apress, 2014. cap. 10, p. 481–523. Citado na página 85.

CHURCHILL, D. Towards a useful classification of learning objects. *Educational Technology Research and Development*, Springer, v. 55, n. 5, p. 479–497, 2007. Citado na página 29.

CLEMENTS, K.; PAWLOWSKI, J.; MANOUSELIS, N. Why open educational resources repositories fail - review of quality assurance approaches. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON EDUCATION AND NEW LEARNING TECHNOLOGIES, 6., 2014, Barcelona. *Proceedings...* [S.l.]: IATED, 2014. p. 929–939. Acesso em: 26 dec. 2016. Citado 6 vezes nas páginas 32, 61, 62, 69, 91 e 144.

CLEMENTS, K.; PAWLOWSKI, J.; MANOUSELIS, N. Open educational resources repositories literature review – towards a comprehensive quality approaches framework. *Computers in Human Behavior*, Elsevier, v. 51, p. 1098–1106, October 2015. ISSN 0747-5632. Citado 6 vezes nas páginas 32, 60, 64, 69, 71 e 144.

CLEMENTS, K. I.; PAWLOWSKI, J. M. User-oriented quality for oer: understanding teachers' views on re-use, quality, and trust. *Journal of Computer Assisted Learning*, Blackwell Publishing, v. 28, n. 1, p. 4–14, February 2012. ISSN 1365-2729. Citado 6 vezes nas páginas 37, 38, 39, 54, 70 e 145.

COCHRAN-SMITH, M.; LYTLE, S. L. Relationships of knowledge and practice: teacher learning in communities. *Review of Research in Education*, SAGE, v. 24, n. 1, p. 249–305, Jan 1999. ISSN 1935-1038. Citado na página 71.

COHEN, A.; REISMAN, S.; SPERLING, B. B. Personal spaces in public repositories as a facilitator for open educational resource usage. *International Review of Research in Open*

and Distributed Learning, Athabasca University, Athabasca, v. 16, n. 4, p. 156–176, oct 2015. Citado 3 vezes nas páginas 25, 27 e 31.

COLLIS, B.; STRIJKER, A. Technology and human issues in reusing learning objects. *Journal of Interactive Media in Education*, v. 2004, n. 1, May 2004. ISSN 1365-893X. Acesso em: 16 fev. 2017. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 35.

COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL. *TIC Domicílios 2015*: pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos domicílios brasileiros. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2016. Disponível em: <http://cgi.br/media/docs/publicacoes/2/TIC_Dom_2015_LIVRO_ELETRONICO.pdf>. ISBN 978-85-5559-031-3. Acesso em: 07 fev. 2017. Citado na página 25.

CORDEIRO, R. d. A. C. et al. Desenvolvimento de um repositório de objetos de aprendizagem utilizando bancos de dados nosql. *Novas Tecnologias na Educação*, CINTED-UFRGS, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 1–10, 2013. ISSN 1679-1916. Citado 2 vezes nas páginas 82 e 144.

CREATIVE COMMONS ORG. *Creative Commons*. 2017. Disponível em: <<https://creativecommons.org/>>. Acesso em: 17 fev. 2017. Citado na página 37.

CREATIVE COMMONS ORG. *Sobre as Licenças*. 2017. Disponível em: <<https://br.creativecommons.org/licencas/>>. Acesso em: 17 fev. 2017. Citado na página 37.

DB-ENGINES. *DB-Engines Ranking*. 2017. Disponível em: <<http://db-engines.com/en/ranking>>. Acesso em: 29 mar. 2017. Citado 3 vezes nas páginas 76, 77 e 78.

DOWNES, S. Learning objects: resources for distance education worldwide. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, Athabasca, v. 2, n. 1, p. 1–35, 2001. ISSN 1492-3831. Citado 3 vezes nas páginas 30, 32 e 59.

DOWNES, S. Design and reusability of learning objects in an academic context: a new economy of education? *USDLA Journal*, USDLA, v. 17, n. 1, Jan 2003. Citado na página 61.

DUBLIN CORE METADATA INITIATIVE. *Dublin Core*. 2017. Disponível em: <<http://dublincore.org/>>. Acesso em: 17 fev. 2017. Citado 3 vezes nas páginas 33, 64 e 69.

DUNCAN, S. M. *Patterns of Learning Object Reuse in the Connexions Repository*. Tese (Doutorado em Tecnologia Instrucional) — Instructional Technology Departement, Utah State University, Logan, May 2009. Citado na página 119.

EASTLAKE 3RD, D.; JONES, P. *US Secure Hash Algorithm 1 (SHA1)*. [S.l.], 2001. Disponível em: <<https://tools.ietf.org/html/rfc3174>>. Acesso em: 04 abr. 2017. Citado na página 85.

ECLIPSE FOUNDATION. *Eclipse*. 2017. Disponível em: <<https://eclipse.org/>>. Acesso em: 20 fev. 2017. Citado na página 56.

ECMA INTERNATIONAL. *The JSON Data Interchange Format*. 1. ed. Geneva, 2013. Disponível em: <<https://www.ecma-international.org/publications/files/ECMA-ST/ECMA-404.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2017. Citado na página 52.

ELLIOTT, K.; SWEENEY, K. Quantifying the reuse of learning objects. *Australasian Journal of Educational Technology*, Tugun, v. 24, n. 2, p. 137–142, 2008. ISSN 1449-5554. Citado na página 30.

FERRAN, N. et al. User centered design of a learning object repository. In: ADELSBERGER, H. H. et al. (Ed.). *Human Centered Design*. Berlin; Heidelberg: Springer, 2009, (Lecture Notes in Computer Science, v. 5619). p. 679–688. ISBN 978-3-642-02806-9. Citado 3 vezes nas páginas 32, 71 e 142.

FIELDING, R. T. et al. *Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.1*. [S.l.], 1999. Section 10. Disponível em: <<https://www.w3.org/Protocols/rfc2616/rfc2616-sec10.html>>. Acesso em: 19 fev. 2017. Citado na página 113.

FREUND, R. Mass customization, personalization and contextualized multiple competencies. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MASS CUSTOMIZATION AND PERSONALIZATION IN CENTRAL EUROPE, 3., 2008, Novi Sad. [S.l.], 2008. Citado na página 48.

FREUND, R. Mass customization, personalization and contextualized multiple competencies. *Journal Advances in Production Engineering & Management*, v. 4, p. 85–92, January 2009. ISSN 1854-6250. Citado 3 vezes nas páginas 39, 54 e 87.

FRIESEN, N. The international learning object metadata survey. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, Athabasca, v. 5, n. 3, p. 1–5, Nov 2004. ISSN 1492-3831. Technical Evaluation Report. Citado na página 67.

FRIESEN, N. Three objections to learning objects and e-learning standards. In: MCGREAL, R. (Ed.). *Online Education Using Learning Objects*. London; New York: Psychology Press, 2004, (Open & Flexible). cap. 4, p. 59–70. ISBN 0-415-33512-4. Citado na página 32.

FURTADO JÚNIOR, C. G. et al. Análise de desempenho para o armazenamento versionado de conteúdos binários com acesso eficiente via web. *Novas Tecnologias na Educação*, CINTED-UFRGS, Porto Alegre, v. 9, n. 1, 2011. ISSN 1679-1916. Citado na página 43.

FURTADO JÚNIOR, C. G. et al. Reúso e versionamento de conteúdos didáticos digitais em repositório interinstitucional compartilhado: modelagem e validação por redes de petri coloridas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 22., 2011, Aracajú. *Anais...* [S.l.]: SBC, 2011. p. 760–770. Citado na página 43.

GAYOSO-CABADA, J.; RODRÍGUEZ-CEREZO, D.; SIERRA, J.-L. Learning object repositories with dynamically reconfigurable metadata schemata. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COMPUTERS IN EDUCATION, 2016, Salamanca. *Proceedings...* [S.l.]: IEEE, 2016. Citado na página 144.

GIT. 2017. Disponível em: <<https://git-scm.com/>>. Acesso em: 04 abr. 2017. Citado na página 85.

GITHUB INC. *GitHub*. 2016. Disponível em: <<https://github.com/>>. Acesso em: 04 dez. 2016. Citado 2 vezes nas páginas 93 e 122.

GONZALEZ-BARBONEA, V.; ANIDO-RIFONB, L. Creating the first scorm object. *Computers & Education*, Elsevier, v. 51, n. 4, p. 1634–1647, December 2008. Citado na página 47.

GOOGLE. *Android*. 2017. Disponível em: <<https://www.android.com/>>. Acesso em: 21 mar. 2017. Citado na página 80.

GRUPO DE PESQUISA E PRODUÇÃO DE AMBIENTES INTERATIVOS E OBJETOS DE APRENDIZAGEM. *Pontos de Batalha*. ca. 2012. Disponível em: <<http://proativa.virtual.ufc.br/oa/pontos/pontos.html>>. Acesso em: 19 nov. 2017. Citado na página 49.

HICKSON, I. et al. *HTML5: a vocabulary and associated apis for html and xhtml*. [S.l.], 2014. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/html5/>>. Acesso em: 03 abr. 2017. Citado na página 92.

HIGGS, P. E.; MEREDITH, S.; HAND, T. *Technology for Sharing: researching learning objects and digital right management*. Tasmania, 2003. Flexible Learning Leader 2002 Report. Citado na página 59.

HILTON, J. L. et al. The four ‘r’s of openness and alms analysis: frameworks for open educational resources. *Open Learning: the journal of open and distance e-learning*, v. 25, n. 1, p. 37–44, Jan 2010. ISSN 1469-9958. Citado 3 vezes nas páginas 37, 38 e 47.

HUANG, K. H. et al. A system for the sharing and reuse of learning objects. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON TEACHING, ASSESSMENT AND LEARNING, 2014, Wellington. *Proceedings...* [S.l.]: IEEE, 2014. p. 166–172. Citado na página 92.

IEEE LTSC. *IEEE Standard for Learning Object Metadata*. New York, 2002. Citado 12 vezes nas páginas 29, 33, 34, 64, 67, 69, 72, 84, 91, 102, 104 e 109.

IEIRI, A. Y.; BRAGA, J. C. Problemas de usabilidade em repositórios de objetos de aprendizagem a partir de estudos primários. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 26., 2015, Maceió. *Anais...* [S.l.]: SBC, 2015. p. 732–741. Citado 5 vezes nas páginas 28, 31, 32, 59 e 68.

ISO 25000. *ISO 25000 Portal*. 2016. Disponível em: <<http://iso25000.com/index.php/en/>>. Acesso em: 16 out. 2016. Citado 2 vezes nas páginas 116 e 117.

JOSHI, S.; THAKUR, N.; MEHROTRA, D. Schemes and practices of learning object repository: a literature review. *International Journal of Computer Applications*, v. 65, n. 20, p. 27–32, March 2013. ISSN 0975–8887. Citado 4 vezes nas páginas 33, 34, 62 e 91.

JUNQUEIRA, R. d. P.; LÓSCIO, B. F. Repositórios de objetos de aprendizagem: uma análise comparativa com ênfase no reúso de conteúdos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 25., 2014, Dourados. *Anais...* [S.l.]: UFGD, 2014. p. 988–992. Citado 3 vezes nas páginas 27, 68 e 78.

JUNQUEIRA, R. d. P.; LÓSCIO, B. F. Recoba: um ambiente para publicação e compartilhamento de objetos de aprendizagem no formato aberto e fragmentado. In: AMORIM, R. (Org.). *Anais...* [S.l.]: SBC, 2015. p. 941–950. Citado na página 42.

KAY, R.; KNAACK, L. Developing learning objects for secondary school students: a multi-component model. *Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects*, v. 1, n. 1, p. 229–254, 2005. Citado na página 29.

KINSHUK; JESSE, R. Mobile authoring of open educational resources as reusable learning objects. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, Athabasca University, Athabasca, v. 14, n. 2, p. 28–52, June 2013. ISSN 1492-3831. Citado 3 vezes nas páginas 73, 91 e 92.

KITCHENHAM, B.; PFLEEGER, S. L. Software quality: the elusive target. *IEEE Software*, IEEE, v. 13, n. 1, p. 12–21, jan 1996. Citado na página 115.

KOOHANG, A.; HARMAN, K. (Ed.). *Learning Objects and Instructional Design*. Santa Rosa: Informing Science Press, 2007. ISBN 83-922337-7-8. Citado na página 64.

KRÜGER, S. A uniform approach to support version control in learning content management system. In: BASTIAENS, T.; CARLINER, S. (Ed.). *Proceedings...* Chesapeake: AACE, 2007. p. 6173–6180. ISBN 978-1-880094-63-1. Citado na página 85.

KURILOVAS, E.; KUBILINSKIENE, S.; DAGIENE, V. Web 3.0 - based personalisation of learning objects in virtual learning environments. *Computers in Human Behavior*, Elsevier, v. 30, p. 654–662, January 2014. ISSN 0747-5632. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 31.

LANE, A.; MCANDREW, P. Are open educational resources systematic or systemic change agents for teaching practice? *British Journal of Educational Technology*, Blackwell Publishing, v. 41, n. 6, p. 952–962, November 2010. ISSN 1467-8535. Citado na página 34.

LAWLESS, K. A.; PELLEGRINO, J. W. Professional development in integrating technology into teaching and learning: knowns, unknowns, and ways to pursue better questions and answers. *Review of Educational Research*, AERA, v. 77, n. 4, p. 575–614, December 2007. ISSN 1935-1046. Citado na página 38.

LEAVITT, N. Will nosql databases live up to their promise? *Computer*, IEEE, v. 43, n. 2, p. 12–14, February 2010. ISSN 0018-9162. Citado na página 76.

LEHMAN, R. Learning object repositories. In: CONCEIÇÃO, S. C. O. (Ed.). *New Directions for Adult and Continuing Education*. [S.l.]: Wiley InterScience, 2007. cap. 6, p. 57–66. Citado 7 vezes nas páginas 26, 32, 33, 34, 47, 59 e 96.

LEHMANN, L. et al. Capture, management, and utilization of lifecycle information for learning resources. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, IEEE, v. 1, n. 1, p. 75–87, Jan-March 2008. ISSN 1939-1382. Citado na página 35.

LUND, T. B.; HØJSHOLT-POULSEN, L. *Building Successful Educational Repositories - Consolidated recommendations report*. [S.l.], 2010. Disponível em: <<https://files.itslearning.com/data/826/open/co6/790.pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2017. Citado na página 62.

MARCHIORI, P. Z. Bibliotecas digitais e repositórios de objetos de aprendizagem. *Informação & Sociedade: estudos*, UFPB, João Pessoa, v. 22, n. 2, p. 13–21, maio/ago 2012. Citado 5 vezes nas páginas 28, 33, 60, 61 e 62.

MARGARYAN, A.; LITTLEJOHN, A. Communities at cross-purposes: contradictions in the views of stakeholders of learning object repository systems. In: ATKINSON, R. et al. (Ed.). *Proceedings...* [S.l.]: Nanyang Technological University, 2007. p. 624–635. Citado na página 62.

MASSÉ, M. *REST API Design Rulebook: designing consistent restful web service interfaces*. 1. ed. Sebastopol: O'Reilly, 2011. ISBN 978-1-449-31050-9. Citado 3 vezes nas páginas 111, 112 e 113.

MCGREAL, R. Learning objects: a practical definition. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, v. 9, n. 1, 2004. ISSN 1550-6908. Citado 3 vezes nas páginas 26, 29 e 33.

MCGREAL, R. A typology of learning object repositories. In: ADELSBERGER, H. H. et al. (Ed.). *Handbook on Information Technologies for Education and Training*. 2. ed. Heidelberg: Springer-Verlag, 2008, (Internacional Handbooks on Information Systems). cap. 1, p. 5–28. ISBN 978-3-540-74154-1. Citado 9 vezes nas páginas 32, 33, 42, 59, 60, 61, 62, 104 e 144.

MCGREAL, R. Open educational resource repositories: an analysis. In: ANNUAL FORUM ON E-LEARNING EXCELLENCE IN THE MIDDLE EAST, 3., 2010, Dubai. [S.l.], 2011. Citado 2 vezes nas páginas 32 e 62.

MCGREAL, R. Creating, using and sharing open educational resources. In: CAMERON, L. (Ed.). Vancouver: Commonwealth of Learning, 2013, (Knowledge Series). Citado 3 vezes nas páginas 27, 37 e 145.

MCGREAL, R.; MIAO, F.; MISHRA, S. Open educational resources: policy, costs and transformation. In: MIAO, F.; MISHRA, S.; MCGREAL, R. (Ed.). *Open Educational Resources - Policy, Costs and Transformation: perspectives on open and distance learning*. Paris; Commonwealth of Learning; Burnaby: UNESCO, 2016. p. 1–11. ISBN 978-92-3-100148-2. Citado 4 vezes nas páginas 32, 33, 42 e 47.

MCNAUGHT, C. Developing criteria for successful learning repositories. In: FILIPE, J.; CORDEIRO, J.; PEDROSA, V. (Ed.). *Web Information Systems and Technologies*. Berlin; Heidelberg: Springer, 2007, (Lecture Notes in Business Information Processing, v. 1). p. 8–18. ISBN 978-3-540-74063-6. Citado 4 vezes nas páginas 32, 36, 64 e 91.

MINGUILLÓN, J.; RODRÍGUEZ, E.; CONESA, J. Extending learning objects by means of social networking. In: LUO, X. et al. (Ed.). *Proceedings...* Berlin; Heidelberg: Springer, 2010. p. 220–229. ISBN 978-3-642-17407-0. Citado na página 70.

MOMENT.JS. 2016. Disponível em: <<https://momentjs.com/>>. Acesso em: 04 dez. 2016. Citado na página 120.

MONGODB INC. *MongoDB*. 2016. Disponível em: <<http://www.mongodb.org/>>. Acesso em: 04 dez. 2016. Citado 5 vezes nas páginas 76, 120, 121, 135 e 138.

MONGODB INC. *BSON Types*. ca. 2014. Disponível em: <<https://docs.mongodb.com/v3.2/reference/bson-types/>>. Acesso em: 03 abr. 2017. Citado 4 vezes nas páginas 77, 79, 81 e 83.

MONGODB INC. *Data Modeling Introduction*. ca. 2014. Disponível em: <<https://docs.mongodb.com/v3.2/core/data-modeling-introduction/>>. Acesso em: 04 abr. 2017. Citado na página 80.

MONGODB INC. *Database References*. ca. 2014. Disponível em: <<http://docs.mongodb.org/manual/reference/database-references/>>. Acesso em: 04 abr. 2017. Citado 2 vezes nas páginas 80 e 81.

MONGODB INC. *Databases and Collections*. ca. 2014. Disponível em: <<https://docs.mongodb.com/v3.2/core/databases-and-collections/>>. Acesso em: 03 abr. 2017. Citado na página 79.

MONGODB INC. *Model Tree Structures in MongoDB*. ca. 2014. Disponível em: <<https://docs.mongodb.com/v3.2/tutorial/model-tree-structures/>>. Acesso em: 04 abr. 2017. Citado na página 87.

MONGODB INC. *The MongoDB 3.2 Manual: introduction to mongodb*. ca. 2014. Disponível em: <<https://docs.mongodb.com/v3.2/introduction/>>. Acesso em: 03 abr. 2017. Citado na página 77.

MONGODB INC. *The MongoDB 3.2 Manual: dbstats*. ca. 2014. Disponível em: <<https://docs.mongodb.com/v3.2/reference/command/dbStats/>>. Acesso em: 04 dez. 2016. Citado na página 121.

MONGODB INC. *The MongoDB 3.2 Manual: the mongo shell*. ca. 2014. Disponível em: <<https://docs.mongodb.com/v3.2/mongo/>>. Acesso em: 04 dez. 2016. Citado na página 121.

MONGODB INC. *Replication*. ca. 2014. Disponível em: <<https://docs.mongodb.com/v3.2/replication/>>. Acesso em: 03 abr. 2017. Citado na página 77.

MONGODB INC. *Tag Aware Sharding*. ca. 2014. Disponível em: <<https://docs.mongodb.com/v3.2/core/tag-aware-sharding/>>. Acesso em: 03 abr. 2017. Citado na página 77.

MONGODB INC. *Welcome to the MongoDB Community*. ca. 2014. Disponível em: <<https://www.mongodb.com/community>>. Acesso em: 03 abr. 2017. Citado na página 77.

MOZILLA FOUNDATION. *Firefox*. 2016. Disponível em: <<https://www.mozilla.org/pt-BR/firefox/>>. Acesso em: 04 dez. 2016. Citado na página 122.

NEVEN, F.; DUVAL, E. Reusable learning objects: a survey of lom-based repositories. In: ACM INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIMEDIA, 10., 2002, Juan-les-Pins. *Proceedings...* [S.l.]: ACM, 2002. p. 291–294. Citado 4 vezes nas páginas 70, 76, 96 e 145.

NODE.JS FOUNDATION. *About Node.js*. 2017. Disponível em: <<https://nodejs.org/about/>>. Acesso em: 03 abr. 2017. Citado na página 93.

NODE.JS FOUNDATION. *Node.js*. 2017. Disponível em: <<https://nodejs.org/>>. Acesso em: 03 abr. 2017. Citado na página 92.

- NOGUEIRA, D. N.; CHAIMOWICZ, L.; PRATES, R. O. Pingo - an online portal for educational games with customizable content. In: SBGAMES, 2013, São Paulo. *Proceedings...* [S.l.]: SBC, 2013. p. 80–89. Citado 2 vezes nas páginas 43 e 96.
- NOGUEIRA, U. S.; AMORIM, R. J. R.; LÓSCIO, B. F. Desenvolvimento de uma ontologia para recursos educacionais abertos e fragmentados usando a abordagem methontology. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 25., 2014, Dourados. *Anais...* [S.l.]: UFGD, 2015. p. 402–411. Citado na página 77.
- OCHOA, X. Learning object repositories are useful, but are they usable In: GUIMARÃES, N.; ISAÍAS, P. (Ed.). *Proceedings...* [S.l.]: IADIS, 2005. p. 138–144. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 32.
- OCHOA, X. Learnometrics: metrics for learning objects. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LEARNING ANALYTICS AND KNOWLEDGE, 1., 2011, Banff. *Proceedings...* [S.l.], 2011. p. 1–8. Citado 6 vezes nas páginas 31, 65, 66, 70, 77 e 145.
- OCHOA, X.; CARRILLO, G.; CECHINEL, C. Use of a semantic learning repository to facilitate the creation of modern e-learning systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMAN COMPUTER INTERACTION, 15., 2014, Puerto de la Cruz. *Proceedings...* [S.l.]: ACM, 2014. p. 92–98. Citado 9 vezes nas páginas 40, 60, 71, 72, 76, 78, 103, 135 e 141.
- OCHOA, X.; DUVAL, E. Measuring learning object reuse. In: DILLENBOURG, P.; SPECHT, M. (Ed.). *Times of Convergence: technologies across learning contexts*. Berlin; Heidelberg: Springer, 2008, (Lecture Notes in Computer Science). p. 322–325. ISBN 978-3-540-87605-2. Citado na página 38.
- OCHOA, X.; DUVAL, E. Quantitative analysis of learning object repositories. In: LUCA, J.; WEIPPL, E. (Ed.). *Proceedings...* [S.l.]: AACE, 2008. p. 6031–6048. ISBN 978-1-880094-65-5. Citado na página 59.
- OCHOA, X.; DUVAL, E. Relevance ranking metrics for learning objects. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, IEEE, v. 1, n. 1, p. 34–48, January-March 2008. Citado 3 vezes nas páginas 33, 82 e 144.
- OCHOA, X.; DUVAL, E. Quantitative analysis of learning object repositories. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, IEEE, v. 2, n. 3, p. 226–238, July-Sept 2009. ISSN 1939-1382. Citado 2 vezes nas páginas 65 e 66.
- OCHOA, X. et al. On the use of learning object metadata: the globe experience. In: KLOOS, C. D. et al. (Ed.). *Towards Ubiquitous Learning*. Berlin; Heidelberg: Springer, 2011, (Lecture Notes in Computer Science). p. 271–284. ISBN 978-3-642-23985-4. Citado 3 vezes nas páginas 33, 67 e 104.
- OPENDOCUMENTSOCIETY. *About OpenDocument Format*. 2017. Disponível em: <<http://www.opendocumentformat.org/aboutODF/>>. Acesso em: 20 fev. 2017. Citado na página 42.
- ORACLE CORPORATION. *Java Platform, Standard Edition (Java SE) 8*. 2016. Disponível em: <<http://docs.oracle.com/javase/8/>>. Acesso em: 04 dez. 2016. Citado na página 122.

PALAVITSINIS, N. *Metadata Quality Issues in Learning Repositories*. Tese (Doutorado em Ciências da Computação) — Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, November 2013. Citado 2 vezes nas páginas 69 e 144.

PALAVITSINIS, N.; MANOUSELIS, N.; SÁNCHEZ-ALONSO, S. Metadata quality in learning object repositories: a case study. *The Electronic Library*, Emerald Group Publishing, v. 32, n. 1, p. 62–82, 2014. ISSN 0264-0473. Citado 3 vezes nas páginas 33, 68 e 69.

PARAGARINO, V. R.; BARUJEL, A. G.; NISTAL, M. L. Uso de repositorios de recursos educativos digitales: revisión de estado del arte. *Revista Iberoamericana de Tecnologías del/da Aprendizaje/Aprendizagem*, IEEE, v. 3, n. 2, p. 78–84, Jun 2015. ISSN 2255-5706. Citado 2 vezes nas páginas 34 e 68.

PAVANI, A. M. B. An overview of repositories of learning. *IFAC-PapersOnLine*, Elsevier, v. 49, n. 6, p. 174–179, 2016. Citado na página 31.

POLSANI, P. R. Use and abuse of reusable learning objects. *Journal of Digital Information*, v. 3, n. 4, 2003. ISSN 1368-7506. Citado na página 29.

POSTGRESQL GLOBAL DEVELOPMENT GROUP. *PostgreSQL*. 2017. Disponível em: <<https://www.postgresql.org/>>. Acesso em: 03 abr. 2017. Citado na página 78.

POSTGRESQL GLOBAL DEVELOPMENT GROUP. *PostgreSQL*: about. 2017. Disponível em: <<https://www.postgresql.org/about/>>. Acesso em: 03 abr. 2017. Citado na página 78.

PRESSMAN, R. S. Métricas de produto. In: _____. *Engenharia de Software: uma abordagem profissional*. tradução ariovaldo griesi. 7. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011. cap. 23, p. 538–564. ISBN 978-85-8055-044-3. Citado na página 118.

REHAK, D. R.; MASON, R. Keeping the learning in learning objects. In: LITTLEJOHN, A. (Ed.). *Reusing Online Resources: a sustainable approach to e-learning*. London; Sterling: Kogan Page, 2003, (Open & Flexible Learning). cap. 3, p. 20–34. Citado na página 29.

RENSING, C. et al. *Re-Use, Re-Authoring, and Re-Purposing of Learning Resources Definitions and Examples*. Darmstadt, 2005. Citado 8 vezes nas páginas 28, 30, 32, 35, 36, 48, 59 e 143.

RETALIS, S. Usable and interoperable e-learning rresources repositories. In: MISHRA, S.; SHARMA, R. C. (Ed.). *Interactive Multimedia in Education and Training*. Hershey; London: Idea Group Inc., 2005. cap. 12, p. 249–269. ISBN 1-59140-393-6. Citado 2 vezes nas páginas 32 e 60.

ROCHA, F. L. et al. Repositórios de objetos de aprendizagem – um estudo exploratório. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 22., 2011, Aracaju. *Anais...* [S.l.]: SBC, 2011. p. 304–312. Citado 2 vezes nas páginas 32 e 93.

ROS, I. *REST API Documentation Best Practices*. [S.l.]: bocoup, 2012. Disponível em: <<https://bocoup.com/blog/documenting-your-api>>. Acesso em: 19 mar. 2017. Citado na página 113.

ROSSINI, C.; CASTRO, O. The state of open educational resources in brazil: policies and realities. In: MIAO, F.; MISHRA, S.; MCGREAL, R. (Ed.). *Open Educational Resources: policy, costs and transformation*. Paris: UNESCO; Burnaby: Commonwealth of Learning, 2016. cap. 3, p. 43–61. ISBN 978-92-3-100148-2. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 27.

SAMPSON, D. G.; ZERVAS, P. A workflow for learning objects lifecycle and reuse: towards evaluating cost effective reuse. *Educational Technology & Society*, v. 14, n. 4, p. 64–76, October 2011. ISSN 1436-4522. Citado 6 vezes nas páginas 30, 35, 36, 42, 54 e 70.

SAMPSON, D. G.; ZERVAS, P. Designing learning object repositories as systems for managing educational communities knowledge. In: IADIS INTERNATIONAL CONFERENCE ON COGNITION AND EXPLORATORY LEARNING IN THE DIGITAL AGE, 2013, Fort Worth. *Proceedings...* [S.l.]: IADIS, 2013. p. 267–274. Citado na página 72.

SAMPSON, D. G.; ZERVAS, P. Learning object repositories as knowledge management systems. *Knowledge Management & E-Learning*, Hong Kong, v. 5, n. 2, p. 117–136, Jun 2013. ISSN 2073-7904. Citado 10 vezes nas páginas 32, 63, 67, 71, 72, 91, 114, 142, 145 e 146.

SANG, G. et al. Student teachers' thinking processes and ict integration: predictors of prospective teaching behaviors with educational technology. *Computers in Human Behavior*, Elsevier, v. 54, n. 1, p. 103–112, January 2010. ISSN 0360-1315. Citado 2 vezes nas páginas 38 e 48.

SANTIAGO, R. *LOP2P: arquitetura para compartilhamento de objetos de aprendizagem entre instituições de ensino*. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) — Curso de Mestrado Acadêmico em Computação Aplicada, Universidade do Vale do Itajaí, São José, SC, Setembro 2009. Citado na página 93.

SANTOS, A. I. *Recursos Educacionais Abertos no Brasil: o estado da arte, desafios e perspectivas para o desenvolvimento e inovação*. tradução db comunicação. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2013. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002279/227970por.pdf>>. ISBN 978-85-60062-64-5. Acesso em: 03 abr. 2017. Citado na página 77.

SANTOS, H. L. et al. Towards the use of semantic learning object repositories: evaluating queries performance in two different rdf implementations. *Bulletin of the IEEE Technical Committee on Learning Technology*, v. 16, n. 4, p. 6–9, December 2014. Citado 9 vezes nas páginas 40, 60, 69, 71, 76, 103, 119, 135 e 141.

SANTOS, H. L. et al. Users opinions about learning object recommendations: a case study. In: GARCÍA-PEÑALVO, F. J.; MENDES, A. J. (Ed.). *Proceedings...* [S.l.]: IEEE, 2016. p. 1–6. Citado 2 vezes nas páginas 32 e 70.

SANZ-RODRÍGUEZ, J.; DODERO, J. M.; SÁNCHEZ-ALONSO, S. Aprioristic learning object reusability evaluation. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COMPUTERS IN EDUCATION, 10., 2008, Salamanca. *Proceedings...* [S.l.], 2008. p. 175–179. Citado na página 31.

SANZ-RODRIGUEZ, J.; DODERO, J. M.; SÁNCHEZ-ALONSO, S. Metrics-based evaluation of learning object reusability. *Software Quality Journal*, Springer, v. 19, n. 1, p. 121–140, March 2011. ISSN 1939-1382. Citado 5 vezes nas páginas 36, 40, 69, 70 e 144.

SCHMITT, M. A. R. et al. Depósito de objetos de aprendizagem em repositórios a partir da integração com ambientes virtuais de aprendizagem. *Novas Tecnologias na Educação*, CINTED-UFRGS, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 1–10, 2013. ISSN 1679-1916. Citado 4 vezes nas páginas 30, 33, 34 e 42.

SERGIS, S.; PANAGIOTIS, Z.; SAMPSON, D. G. Ict competence-based learning object recommendations for teachers. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COGNITION AND EXPLORATORY LEARNING IN DIGITAL AGE, 11., 2014, Porto. *Proceedings...* [S.l.]: IADIS, 2014. p. 150–157. ISBN 978-989-8533-23-4. Citado 2 vezes nas páginas 70 e 145.

SERRA, A. d. B.; JOYE, C. R.; SOARES, J. M. Ept virtual: espaço digital de apoio à pesquisa e aplicação das tics na educação profissional e tecnológica. *Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica*, IFRN, Natal, v. 1, n. 1, p. 118–130, 2008. ISSN 2447-1801. Citado na página 43.

SHEPHERD, C. Objects of interest. Fastrak Consulting, Brighton, v. 14, p. 2005, 2000. Citado na página 29.

SILVA, J. W. F.; SOUZA, C. T. Versionamento de recursos em repositórios de objetos de aprendizagem: uma revisão sistemática. *Novas Tecnologias na Educação*, CINTED-UFRGS, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 1–11, 2016. ISSN 1679-1916. Citado 6 vezes nas páginas 42, 64, 65, 74, 76 e 79.

SILVA, J. W. F.; SOUZA, C. T.; SOUZA, M. d. F. C. Clover: an optimized repository for customizable learning objects. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED LEARNING TECHNOLOGIES, 17., 2017, Timisoara. *Proceedings...* [S.l.]: IEEE, 2017. p. 76–78. Citado 10 vezes nas páginas 40, 42, 50, 76, 87, 91, 92, 111, 141 e 142.

SILVA, M. A. G.; BARBOSA, E. F.; MALDONADO, J. C. Model-driven development of learning objects. In: ASEE/IEEE FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE, 41., 2011, Rapid City. *Proceedings...* [S.l.]: IEEE, 2011. Citado na página 56.

SINCLAIR, J. et al. A practice-oriented review of learning objects. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, IEEE, v. 6, n. 2, p. 177–192, april-june 2013. ISSN 1939-1382. Citado 10 vezes nas páginas 28, 29, 33, 34, 36, 37, 47, 48, 68 e 70.

SMARTBEAR SOFTWARE. *SoapUI*. 2016. Disponível em: <<https://www.soapui.org/>>. Acesso em: 04 dez. 2016. Citado na página 122.

SOBRINHO, F. d. A. et al. Estratégias para utilização de tecnologia nas salas de recursos multifuncionais das escolas públicas de marabá. *Revista Acadêmica do Campus de Marabá*, Universidade Federal do Pará, n. 1, p. 2318–6534, 2013. Citado na página 53.

SOFTEX. *MPS.BR - Melhoria de Processo do Software Brasileiro*: guia de aquisição. Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.softex.br/wp-content/uploads/2013/07/MPS.BR_Guia_de_Aquisicao_2013.pdf>. Acesso em: 16 out. 2016. Citado na página 116.

SOUZA, M. d. F.; CASTRO-FILHO, J. A.; ANDRADE, R. M. C. Model-driven development in the production of customizable learning objects. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED LEARNING TECHNOLOGIES,

- 10., 2010, Sousse. *Proceedings...* [S.l.]: IEEE, 2010. p. 701–702. Citado 3 vezes nas páginas 38, 40 e 47.
- SOUZA, M. d. F.; CASTRO-FILHO, J. A.; ANDRADE, R. M. C. Applying model-driven development for building customizable learning objects. *IEEE Multidisciplinary Engineering Education Magazine*, IEEE, v. 6, n. 1, p. 22–30, March 2011. ISSN 1558-7908. Citado 11 vezes nas páginas 35, 38, 39, 40, 47, 48, 49, 50, 53, 54 e 87.
- SOUZA, M. d. F.; CASTRO FILHO, J. A.; ANDRADE, R. M. C. Ampliando a autonomia docente com o uso de objetos de aprendizagem customizáveis. In: WORKSHOPS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 2012, Rio de Janeiro. *Anais...* [S.l.]: SBC, 2012. Citado 8 vezes nas páginas 35, 38, 39, 47, 48, 50, 52 e 53.
- SOUZA, M. d. F.; CASTRO FILHO, J. A.; ANDRADE, R. M. C. Customização guiada: uma estratégia orientada a modelos para a produção de objetos de aprendizagem. In: CONCURSO DE TESES E DISSERTAÇÕES EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 2012, Rio de Janeiro. *Anais...* [S.l.]: SBC, 2012. Citado 5 vezes nas páginas 39, 48, 54, 55 e 56.
- SOUZA, M. d. F. C.; ANDRADE, R. M. C.; CASTRO FILHO, J. A. Guided customization for learning object. In: AMIEL, T.; WEST, R. (Ed.). *Proceedings...* [S.l.]: Utah State University, 2011. p. 105–125. ISSN 2163-3398. Citado 6 vezes nas páginas 38, 39, 40, 48, 49 e 54.
- SOUZA, M. de Fátima C. de. *Customização Guiada: uma estratégia orientada a modelos para a produção de objetos de aprendizagem*. Tese (Doutorado em Engenharia de Teleinformática) — Programa de Pós-graduação em Engenharia de Teleinformática, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Março 2012. Citado 14 vezes nas páginas 38, 39, 40, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 57 e 141.
- STRIJKER, A. *Reuse of Learning Objects in Context: human and technical aspects*. Tese (Doutorado) — University of Twente, Enschede, september 2004. Citado na página 34.
- TAROUCO, L. M. R. et al. *Objetos de Aprendizagem: teoria e prática*. 1. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2014. ISBN 978-85-7727-643-1. Citado 7 vezes nas páginas 25, 32, 42, 59, 63, 64 e 92.
- TAROUCO, L. M. R.; FABRE, M.-C. J. M.; TAMUSIUNAS, F. R. Reusabilidade de objetos educacionais. *Novas Tecnologias na Educação*, CINTED-UFRGS, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 1–11, Fevereiro 2003. ISSN 1679-1916. Citado na página 33.
- TAROUCO, L. M. R. et al. Formação de professores para produção e uso de objetos de aprendizagem. *Novas Tecnologias na Educação*, CINTED-UFRGS, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. 1–10, 2006. ISSN 1679-1916. Citado 5 vezes nas páginas 25, 29, 30, 38 e 48.
- TAROUCO, L. M. R.; SILVA, C. C. G.; GRANDO, A. Fatores que afetam o reuso de objetos de aprendizagem. *Novas Tecnologias na Educação*, CINTED-UFRGS, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 1–10, julho 2011. ISSN 1679-1916. Citado 10 vezes nas páginas 29, 30, 31, 36, 38, 40, 47, 61, 135 e 141.
- TATE, M.; HOSHEK, D. A model for the effective management of re-usable learning objects (rlos): lessons from a case study. *Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects*, v. 5, p. 51–73, 2009. Citado 9 vezes nas páginas 26, 30, 31, 42, 65, 69, 76, 88 e 144.

- THE APACHE SOFTWARE FOUNDATION. *Apache Subversion*. 2017. Disponível em: <<https://subversion.apache.org/>>. Acesso em: 02 dez. 2017. Citado na página 43.
- THEILMANN, W.; ALTENHOFEN, M. Versioning of e-learning objects enabling flexible reuse. In: ISAÍAS, P.; KARMAKAR, N. (Ed.). *Proceedings...* [S.l.]: IADIS, 2003. p. 719–727. ISBN 972-98947-1-X. Citado 5 vezes nas páginas 42, 64, 65, 76 e 88.
- TICHY, W. F. Rcs - a system for version control. *Software: practice & experience*, John Wiley & Sons, New York, v. 15, n. 7, p. 637–654, July 1985. Citado na página 85.
- TUOMI, I. Open educational resources and the transformation of education. *European Journal of Education*, Blackwell Publishing, Malden, v. 48, n. 1, p. 58–78, 2013. Citado 3 vezes nas páginas 25, 26 e 33.
- TZIKOPOULOS, A.; MANOUSELIS, N.; VUORIKARI, R. An overview of learning object repositories. In: HALPIN, T. (Ed.). *Selected Readings on Database Technologies and Applications*. Hershey; London: IGI Global, 2009. cap. 3, p. 44–64. ISBN 978-1-60566-098-1. Citado 6 vezes nas páginas 32, 59, 60, 61, 62 e 63.
- UNESCO. *Forum on the Impact of Open Courseware for Higher Education in Developing Countries*. Paris, 2002. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 27.
- VAN ASSCHE, F.; VUORIKARI, R. A framework for quality of learning resources. In: EHLERS, U.-D.; PAWLOWSKI, J. M. (Ed.). *Handbook on Quality and Standardisation in E-Learning*. Berlin; Heidelberg: Springer, 2006. cap. 29, p. 443–456. ISBN 978-3-540-32788-2. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 36.
- VERBERT, K. *An Architecture and Framework for Flexible Reuse of Learning Object Components*. Tese (Doutorado em Engenharia) — Departement Computerwetenschappen, Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, February 2008. Citado na página 30.
- WAZLAWICK, R. S. Qualidade de produto. In: _____. *Engenharia de Software: conceitos e práticas*. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. cap. 11, p. 229–250. ISBN 978-85-352-6084-7. Citado 4 vezes nas páginas 115, 116, 117 e 118.
- WILEY, D. *Open Education License Draft*. 2007. Disponível em: <<https://opencontent.org/blog/archives/355>>. Acesso em: 17 fev. 2017. Citado na página 37.
- WILEY, D. *Legal Requirements and Restrictions Make Open Content and OER Less Open*. 2007–2010. Disponível em: <<http://opencontent.org/definition/>>. Acesso em: 22 fev. 2017. Citado na página 47.
- WILEY, D. Impediments to learning object reuse and openness as a potential solution. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, Brazilian Computer Society, Porto Alegre, v. 17, n. 3, p. 8–10, 2009. ISSN 2317-6121. Citado 4 vezes nas páginas 30, 34, 35 e 37.
- WILEY, D.; BLISS, T. J.; MCEWEN, M. Open educational resources: a review of the literature. In: SPECTOR, M. et al. (Ed.). *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*: provides comprehensive research reviews of new developments in educational technology. 4. ed. New York: Springer-Verlag, 2014. cap. 63, p. 781–789. ISBN 978-1-4614-3185-5. Citado 9 vezes nas páginas 27, 34, 37, 38, 39, 54, 70, 119 e 145.

- WILEY, D. A. *Learning Object Design and Sequencing Theory*. Tese (Doutorado em Filosofia) — Department of Instructional Psychology and Technology, Brigham Young University, Provo, June 2000. Citado 4 vezes nas páginas 26, 28, 29 e 31.
- WILEY, D. A. *Connecting Learning Objects to Instructional Design Theory: a definition, a metaphor, and a taxonomy*. Logan: Utah State University, 2003. Disponível em: <<http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>>. Acesso em: 15 dec. 2016. Citado 5 vezes nas páginas 26, 28, 29, 33 e 35.
- WILEY, D. A. The learning objects literature. In: SPECTOR, M. et al. (Ed.). *Handbook of Fesearch on Educational Communications and Technology: a project of the association for educational communications and technology*. [S.l.]: Routledge, 2008. cap. 29, p. 345–353. Citado na página 28.
- WILEY, D. A.; GREEN, C.; SOARES, L. *Dramatically Bringing Down the Cost of Education with OER: how open education resources unlock the door to free learning*. [S.l.], 2012. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 27.
- XU, H. Factors affecting faculty use of learning object repositories. *The Electronic Library*, Emerald Group Publishing, v. 33, n. 6, p. 1065–1078, 2015. ISSN 0264-0473. Citado na página 26.
- XU, H. Faculty use of a learning object repository in higher education. *VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems*, Emerald Group Publishing, v. 46, n. 4, p. 469–478, 2016. ISSN 2059-5891. Citado 4 vezes nas páginas 73, 91, 92 e 119.
- YASSINE, S.; KADRY, S.; SICILIA, M. A. Learning analytics and learning objects repositories: overview and future directions. In: SPECTOR, M. J.; LOCKEE, B. B.; CHILDRESS, M. D. (Ed.). *Learning, Design, and Technology: an international compendium of theory, research, practice, and policy*. [S.l.]: Springer International Publishing, 2016. p. 1–29. Citado 7 vezes nas páginas 28, 30, 31, 32, 33, 59 e 71.
- YELA, L. P. A. et al. Design of a mobile learning object repository (roam). In: IEEE INTERNATIONAL ENGINEERING SUMMIT, 2., 2016, Veracruz. *Proceedings...* [S.l.]: IEEE, 2016. p. 1–4. Citado 2 vezes nas páginas 73 e 91.
- ZAPATA, A. et al. A framework for recommendation in learning object repositories: an example of application in civil engineering. *Advances in Engineering Software*, Elsevier, v. 56, p. 1–14, February 2013. ISSN 0965-9978. Citado na página 71.
- ZERVAS, P.; ALIFRAGKIS, C.; SAMPSON, D. G. A quantitative analysis of learning object repositories as knowledge management systems. *Knowledge Management & E-Learning*, Hong Kong, v. 6, n. 2, p. 156–170, Jun 2014. ISSN 2073-7904. Citado 2 vezes nas páginas 64 e 67.
- ZERVAS, P.; KALAMATIANOS, A.; SAMPSON, D. G. A systematic analysis of metadata application profiles of learning object repositories in europe. In: HUANG, R.; KINSHUK; CHEN, N.-S. (Ed.). *The New Development of Technology Enhanced Learning: concept, research and best practices*. Berlin; Heidelberg: Springer, 2014, (Lecture Notes in Educational Technology). cap. 5, p. 75–91. ISBN 978-3-642-38291-8. Citado 6 vezes nas páginas 32, 33, 61, 72, 73 e 102.

ZIMMERMANN, B. A requirements analysis of adaptations of re-usable content. In: PEARSON, E.; BOHMAN, P. (Ed.). *Proceedings...* [S.l.]: AACE, 2006. p. 2096–2103. Citado na página 30.

Apêndices

APÊNDICE A – Exemplos de Conteúdo dos Arquivos de um CLO-DP

Exemplo de *LOM.json* com os metadados do OAC:

```

1 { "title":
2   { "language": "pt_BR",
3     "value": "Histórias Quase Fantásticas" },
4   "languages": [
5     "pt_BR",
6     "pt" ],
7   "descriptions": [
8     { "language": "pt_BR",
9       "value": "O OAC Histórias Quase Fantásticas (adaptação do
          OAC Histórias Fantásticas original) tem por objetivo
          estimular a criatividade para a produção textual." } ]
10  ,
11  "keywords": [
12    { "language": "pt_BR",
13      "value": "Produção textual" },
14    { "language": "pt_BR",
15      "value": "Língua Portuguesa" },
16    { "language": "pt_BR",
17      "value": "Redação" } ],
17  "contributes": [
18    { "entity": [
19      "José",
20      "Silva" ],
21      "date": "2016-11-03 08:45:00" } ],
22  "educational_informations": [
23    { "interactivity_type":
24      { "source": "LOMv1.0",
25        "value": "active" },
26      "interactivity_level":
27      { "source": "LOMv1.0",
28        "value": "very high" },
29      "typicals_age_range": [

```

```

30     { "language": "pt_BR",
31       "value": "5-10" } ]
32   } ],
33   "cost":
34   { "source": "LOMv1.0",
35     "value": "no" },
36   "copyright_and_other_restrictions":
37   { "source": "LOMv1.0",
38     "value": "yes" },
39   "rights_description":
40   { "language": "pt_BR",
41     "value": "Ao utilizar o OAC Histórias Quase Fantásticas,
42               sempre deverá ser apresentado o nome do autor, de modo
43               a dar o devido crédito." },
44   "annotations": [
45   { "entity": "Félix",
46     "date": "2016-11-05 16:30:00",
47     "description":
48     { "language": "pt_BR",
49       "value": "O OAC Histórias Quase Fantásticas foi uma
50               ferramenta importante para as aulas de produção
51               textual." } }
52   ] ]

```

Exemplo de *NomeDoOAC_extensao.json* com os metadados do arquivo executável:

```

1 { "formats": [
2   "application/x-shockwave-flash"
3 ],
4   "size": 5242880,
5   "requirements": [
6   { "type":
7     { "source": "LOMv1.0",
8       "value": "operating system" },
9     "name":
10    { "source": "LOMv1.0",
11      "value": "Browser com o Plugin do Adobe Flash Player" }
12    },
13    "minimum_version": "",
14    "maximum_version": "" } ],

```

```

14  "installation_remark":
15  { "language": "pt_BR",
16    "value": "Para executar, basta solicitar que um browser
           com o Plugin do Adobe Flash Player execute o arquivo."
    } }

```

Exemplo de *NomeDoOAC.json* com o estado dos componentes do OAC para um arquivo executável:

```

1  { "scenes": [
2    { "scene": "cena_inicial",
3      "components": [
4        { "name": "TextoApresentacao",
5          "position": "D:5:9:71:105:176:277",
6          "zindex": 0,
7          "enabled": true,
8          "visibled": true,
9          "text": "Olá Garotada. Que tal escrever muitas histó
           rias fantásticas? é só escolher uma das atividades e
           começar a criar a sua historinha." },
10       { "name": "MrBook",
11         "position": "D:114:48:100:72:176:277",
12         "zindex": 0,
13         "enabled": true,
14         "visibled": true,
15         "source": "MrBook.png" },
16       { "name": "BotaoAtividade1",
17         "position": "D:90:80:68:58:176:277",
18         "zindex": 1,
19         "enabled": true,
20         "visibled": true,
21         "label": "Atividade 1" },
22       { "name": "BotaoAtividade2",
23         "position": "D:147:80:68:58:176:277",
24         "zindex": 1,
25         "enabled": true,
26         "visibled": true,
27         "label": "Atividade 2" },
28       { "name": "BotaoCreditos",
29         "position": "D:215:14:30:25:176:277",

```

```

30     "zindex": 0,
31     "enabled": true,
32     "visibled": true,
33     "label": "Créditos" } ] },
34 { "scene": "cena_atividade1",
35   "components": [
36     { "name": "TextoApresentacaoAtividade1",
37       "position": "D:5:9:71:105:176:277",
38       "zindex": 0,
39       "enabled": true,
40       "visibled": true,
41       "text": "Escolha um dos cenários a seguir e escreva uma
              historinha fantástica. Cenários disponíveis: Circo,
              Escola, Fazenda, Floresta, Praia ou Sertão." },
42     { "name": "FolhaAtividade1",
43       "position": "D:181:300:139:228:264:222",
44       "zindex": 0,
45       "enabled": true,
46       "visibled": true,
47       "source": "Folha_Atividade1.png" } ] },
48 { "scene": "cena_atividade2",
49   "components": [
50     { "name": "TextoApresentacaoAtividade2",
51       "position": "D:5:9:71:105:176:277",
52       "zindex": 0,
53       "enabled": true,
54       "visibled": true,
55       "text": "Agora você poderá escolher o cenário que
              quiser para uma outra historinha. Vamos lá! Pense em
              um lugar e escreva mais uma historinha fantástica."
              },
56     { "name": "FolhaAtividade2",
57       "position": "D:181:300:139:228:264:222",
58       "zindex": 0,
59       "enabled": true,
60       "visibled": true,
61       "source": "Folha_Atividade2.png" } ] },
62 { "scene": "cena_creditos",
63   "components": [

```

```
64     { "name": "BotaoVoltar",
65       "position": "D:10:7:28:24:154:273",
66       "zindex": 0,
67       "enabled": true,
68       "visibled": true,
69       "label": "Voltar" },
70   { "name": "VideoCreditos",
71     "position": "D:12:4:150:262:154:273",
72     "zindex": 0,
73     "enabled": true,
74     "visibled": true,
75     "startTime": 0,
76     "stopTime": 15,
77     "source": "Video_Creditos.mp4" } ] }
78 ] }
```

APÊNDICE B – Primeiro Cenário de Teste do Processo de Avaliação sobre o Comportamento em Relação ao Tempo

* Os valores iguais a 0,000 representam tempos menores do que se é possível apresentar com a escala adotada de *segundos* com três casas decimais.

Tempos de Inclusão de OAC nas Rotinas de Teste.

Características do OAC	Tempo Total (<i>segundos</i>)	Tempo de Escrita Executáveis (<i>segundos</i>)	Tempo de Escrita Mídias (<i>segundos</i>)	Outros Processamentos (<i>segundos</i>)	Tempo Total de Escrita (<i>segundos</i>)	Tempo de Escrita em Relação ao Tempo Total (%)
100 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,485	0,328	0,801	0,356	1,129	76,0%
100 Componentes / 20 Arq. de Mídia	1,817	0,268	1,219	0,330	1,487	81,8%
100 Componentes / 30 Arq. de Mídia	4,865	0,472	4,114	0,279	4,586	94,3%
100 Componentes / 40 Arq. de Mídia	4,253	0,375	3,431	0,447	3,806	89,5%
100 Componentes / 50 Arq. de Mídia	5,049	0,387	4,160	0,502	4,547	90,1%
100 Componentes / 60 Arq. de Mídia	6,674	0,291	5,889	0,494	6,180	92,6%
100 Componentes / 70 Arq. de Mídia	6,654	0,751	5,447	0,456	6,198	93,1%
100 Componentes / 80 Arq. de Mídia	6,696	0,265	5,948	0,483	6,213	92,8%
100 Componentes / 90 Arq. de Mídia	8,085	0,292	7,275	0,518	7,567	93,6%
100 Componentes / 100 Arq. de Mídia	10,346	0,956	8,818	0,572	9,774	94,5%

Tempos de Obtenção de OAC nas Rotinas de Teste.

Características do OAC	Tempo Total (<i>segundos</i>)	Tempo de Leitura das Localizações das Mídias (<i>segundos</i>)
100 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,542	0,004
100 Componentes / 20 Arq. de Mídia	0,484	0,005
100 Componentes / 30 Arq. de Mídia	0,461	0,004
100 Componentes / 40 Arq. de Mídia	0,542	0,013
100 Componentes / 50 Arq. de Mídia	0,516	0,010
100 Componentes / 60 Arq. de Mídia	0,472	0,009
100 Componentes / 70 Arq. de Mídia	0,487	0,008
100 Componentes / 80 Arq. de Mídia	0,354	0,013
100 Componentes / 90 Arq. de Mídia	0,469	0,013
100 Componentes / 100 Arq. de Mídia	0,477	0,013

Tempos de Inclusão de Versão Customizada de 1º Nível nas Rotinas de Teste.

Características do OAC	Tempo Total (segundos)	Tempo de Escrita Mídias (segundos)	Tempo de Cálculo Número de Versão (segundos)	Tempo de Cálculo <i>Delta</i> (segundos)	Outros Processamentos (segundos)	Tempo de Escrita em Relação ao Tempo Total (%)
100 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,322	1,021	0,004	0,008	0,301	77,2%
100 Componentes / 20 Arq. de Mídia	3,757	3,414	0,004	0,005	0,343	90,9%
100 Componentes / 30 Arq. de Mídia	6,325	5,736	0,011	0,016	0,589	90,7%
100 Componentes / 40 Arq. de Mídia	7,850	7,400	0,011	0,014	0,450	94,3%
100 Componentes / 50 Arq. de Mídia	8,526	8,081	0,005	0,007	0,445	94,8%
100 Componentes / 60 Arq. de Mídia	11,674	11,067	0,012	0,008	0,607	94,8%
100 Componentes / 70 Arq. de Mídia	11,121	10,462	0,013	0,006	0,659	94,1%
100 Componentes / 80 Arq. de Mídia	15,316	14,795	0,007	0,009	0,521	96,6%
100 Componentes / 90 Arq. de Mídia	16,010	15,562	0,007	0,007	0,448	97,2%
100 Componentes / 100 Arq. de Mídia	16,476	15,784	0,020	0,011	0,692	95,8%

Tempos de Obtenção de Versão Customizada de 1º Nível nas Rotinas de Teste.

Características do OAC	Tempo Total (segundos)	Tempo de Leitura Localizações das Mídias (segundos)	Tempo de Realização <i>Merge</i> (segundos)
100 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,440	0,001	0,002
100 Componentes / 20 Arq. de Mídia	0,468	0,003	0,002
100 Componentes / 30 Arq. de Mídia	0,451	0,006	0,002
100 Componentes / 40 Arq. de Mídia	0,439	0,006	0,002
100 Componentes / 50 Arq. de Mídia	0,129	0,009	0,002
100 Componentes / 60 Arq. de Mídia	0,560	0,009	0,003
100 Componentes / 70 Arq. de Mídia	0,503	0,003	0,001
100 Componentes / 80 Arq. de Mídia	0,468	0,009	0,003
100 Componentes / 90 Arq. de Mídia	0,504	0,006	0,003
100 Componentes / 100 Arq. de Mídia	0,509	0,010	0,004

Tempos de Inclusão de Versão Customizada de 2º Nível nas Rotinas de Teste.

Características do OAC	Tempo Total (segundos)	Tempo de Escrita Mídias (segundos)	Tempo de Cálculo Número de Versão (segundos)	Tempo de Cálculo <i>Delta</i> (segundos)	Outros Processamentos (segundos)	Tempo de Escrita em Relação ao Tempo Total (%)
100 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,652	1,272	0,004	0,003	0,380	77,0%
100 Componentes / 20 Arq. de Mídia	3,892	3,579	0,003	0,007	0,313	92,0%
100 Componentes / 30 Arq. de Mídia	5,362	4,839	0,009	0,009	0,523	90,2%
100 Componentes / 40 Arq. de Mídia	7,882	7,211	0,022	0,004	0,671	91,5%
100 Componentes / 50 Arq. de Mídia	8,520	8,101	0,003	0,008	0,419	95,1%
100 Componentes / 60 Arq. de Mídia	9,835	9,355	0,004	0,002	0,480	95,1%
100 Componentes / 70 Arq. de Mídia	10,743	10,238	0,004	0,006	0,505	95,3%
100 Componentes / 80 Arq. de Mídia	16,175	15,495	0,012	0,009	0,680	95,8%
100 Componentes / 90 Arq. de Mídia	12,937	12,249	0,012	0,007	0,688	94,7%
100 Componentes / 100 Arq. de Mídia	15,874	14,453	0,009	0,005	1,421	91,0%

Tempos de Obtenção de Versão Customizada de 2º Nível nas Rotinas de Teste.

Características do OAC	Tempo Total (segundos)	Tempo de Leitura Localizações das Mídias (segundos)	Tempo de Realização <i>Merge</i> (segundos)
100 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,099	0,002	0,001
100 Componentes / 20 Arq. de Mídia	0,086	0,005	0,001
100 Componentes / 30 Arq. de Mídia	0,462	0,003	0,001
100 Componentes / 40 Arq. de Mídia	0,497	0,005	0,001
100 Componentes / 50 Arq. de Mídia	0,092	0,009	0,000*
100 Componentes / 60 Arq. de Mídia	0,479	0,009	0,001
100 Componentes / 70 Arq. de Mídia	0,128	0,005	0,001
100 Componentes / 80 Arq. de Mídia	0,540	0,008	0,006
100 Componentes / 90 Arq. de Mídia	0,481	0,011	0,003
100 Componentes / 100 Arq. de Mídia	0,316	0,004	0,001

Tempos de Inclusão de Versão Customizada de 3º Nível nas Rotinas de Teste.

Características do OAC	Tempo Total (segundos)	Tempo de Escrita Mídias (segundos)	Tempo de Cálculo Número de Versão (segundos)	Tempo de Cálculo <i>Delta</i> (segundos)	Outros Processamentos (segundos)	Tempo de Escrita em Relação ao Tempo Total (%)
100 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,873	1,558	0,003	0,006	0,315	83,2%
100 Componentes / 20 Arq. de Mídia	2,600	2,248	0,003	0,006	0,352	86,5%
100 Componentes / 30 Arq. de Mídia	5,361	4,870	0,008	0,008	0,491	90,8%
100 Componentes / 40 Arq. de Mídia	8,224	7,801	0,004	0,004	0,423	94,9%
100 Componentes / 50 Arq. de Mídia	6,592	6,105	0,006	0,010	0,487	92,6%
100 Componentes / 60 Arq. de Mídia	9,718	9,170	0,010	0,017	0,548	94,4%
100 Componentes / 70 Arq. de Mídia	14,550	13,916	0,011	0,008	0,634	95,6%
100 Componentes / 80 Arq. de Mídia	12,771	12,126	0,012	0,010	0,645	94,9%
100 Componentes / 90 Arq. de Mídia	15,508	14,938	0,010	0,010	0,570	96,3%
100 Componentes / 100 Arq. de Mídia	17,067	15,740	0,030	0,018	1,327	92,2%

Tempos de Obtenção de Versão Customizada de 3º Nível nas Rotinas de Teste.

Características do OAC	Tempo Total (segundos)	Tempo de Leitura Localizações das Mídias (segundos)	Tempo de Realização <i>Merge</i> (segundos)
100 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,536	0,002	0,000*
100 Componentes / 20 Arq. de Mídia	0,470	0,003	0,001
100 Componentes / 30 Arq. de Mídia	0,504	0,005	0,001
100 Componentes / 40 Arq. de Mídia	0,217	0,002	0,001
100 Componentes / 50 Arq. de Mídia	0,474	0,007	0,002
100 Componentes / 60 Arq. de Mídia	0,552	0,008	0,003
100 Componentes / 70 Arq. de Mídia	0,505	0,009	0,002
100 Componentes / 80 Arq. de Mídia	0,476	0,010	0,002
100 Componentes / 90 Arq. de Mídia	0,523	0,015	0,004
100 Componentes / 100 Arq. de Mídia	0,506	0,011	0,004

Tempos de Inclusão de Versão Customizada de 4º Nível nas Rotinas de Teste.

Características do OAC	Tempo Total (<i>segundos</i>)	Tempo de Escrita Mídias (<i>segundos</i>)	Tempo de Cálculo Número de Versão (<i>segundos</i>)	Tempo de Cálculo <i>Delta</i> (<i>segundos</i>)	Outros Processamentos (<i>segundos</i>)	Tempo de Escrita em Relação ao Tempo Total (%)
100 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,910	0,666	0,006	0,001	0,244	73,2%
100 Componentes / 20 Arq. de Mídia	3,478	3,064	0,005	0,002	0,414	88,1%
100 Componentes / 30 Arq. de Mídia	6,506	6,220	0,002	0,003	0,286	95,6%
100 Componentes / 40 Arq. de Mídia	8,890	8,594	0,002	0,004	0,296	96,7%
100 Componentes / 50 Arq. de Mídia	8,683	8,295	0,003	0,003	0,388	95,5%
100 Componentes / 60 Arq. de Mídia	10,327	9,861	0,004	0,004	0,466	95,5%
100 Componentes / 70 Arq. de Mídia	9,141	7,939	0,033	0,018	1,202	86,9%
100 Componentes / 80 Arq. de Mídia	13,824	12,883	0,030	0,018	0,941	93,2%
100 Componentes / 90 Arq. de Mídia	14,461	13,818	0,011	0,009	0,643	95,6%
100 Componentes / 100 Arq. de Mídia	13,107	12,490	0,011	0,008	0,617	95,3%

Tempos de Obtenção de Versão Customizada de 4º Nível nas Rotinas de Teste.

Características do OAC	Tempo Total (<i>segundos</i>)	Tempo de Leitura Localizações das Mídias (<i>segundos</i>)	Tempo de Realização <i>Merge</i> (<i>segundos</i>)
100 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,440	0,003	0,001
100 Componentes / 20 Arq. de Mídia	0,434	0,002	0,000*
100 Componentes / 30 Arq. de Mídia	0,471	0,003	0,000*
100 Componentes / 40 Arq. de Mídia	0,472	0,005	0,001
100 Componentes / 50 Arq. de Mídia	0,443	0,010	0,000*
100 Componentes / 60 Arq. de Mídia	0,551	0,006	0,002
100 Componentes / 70 Arq. de Mídia	0,161	0,003	0,001
100 Componentes / 80 Arq. de Mídia	0,513	0,010	0,003
100 Componentes / 90 Arq. de Mídia	0,540	0,009	0,003
100 Componentes / 100 Arq. de Mídia	0,534	0,012	0,003

APÊNDICE C – Segundo Cenário de Teste

do Processo de Avaliação sobre o

Comportamento em Relação ao Tempo

* Os valores iguais a 0,000 representam tempos menores do que se é possível apresentar com a escala adotada de *segundos* com três casas decimais.

Tempos de Inclusão de OAC nas Rotinas de Teste.

Características do OAC	Tempo Total (<i>segundos</i>)	Tempo de Escrita Executáveis (<i>segundos</i>)	Tempo de Escrita Mídias (<i>segundos</i>)	Outros Processamentos (<i>segundos</i>)	Tempo Total de Escrita (<i>segundos</i>)	Tempo de Escrita em Relação ao Tempo Total (%)
10 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,387	0,444	0,611	0,332	1,055	76,1%
20 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,329	0,316	0,688	0,325	1,004	75,5%
30 Componentes / 10 Arq. de Mídia	2,419	0,904	1,171	0,344	2,075	85,8%
40 Componentes / 10 Arq. de Mídia	2,409	0,947	1,146	0,316	2,093	86,9%
50 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,301	0,321	0,683	0,297	1,004	77,2%
60 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,457	0,317	0,777	0,363	1,094	75,1%
70 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,788	0,828	0,553	0,407	1,381	77,2%
80 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,367	0,296	0,761	0,310	1,057	77,3%
90 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,263	0,287	0,685	0,291	0,972	77,0%
100 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,414	0,293	0,835	0,286	1,128	79,8%

Tempos de Obtenção de OAC nas Rotinas de Teste.

Características do OAC	Tempo Total (<i>segundos</i>)	Tempo de Leitura das Localizações das Mídias (<i>segundos</i>)
10 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,440	0,004
20 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,458	0,003
30 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,453	0,006
40 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,228	0,001
50 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,461	0,004
60 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,458	0,004
70 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,474	0,006
80 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,472	0,004
90 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,562	0,005
100 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,107	0,006

Tempos de Inclusão de Versão Customizada de 1º Nível nas Rotinas de Teste.

Características do OAC	Tempo Total (<i>segundos</i>)	Tempo de Escrita Mídias (<i>segundos</i>)	Tempo de Cálculo Número de Versão (<i>segundos</i>)	Tempo de Cálculo <i>Delta</i> (<i>segundos</i>)	Outros Processamentos (<i>segundos</i>)	Tempo de Escrita em Relação ao Tempo Total (%)
10 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,812	0,563	0,006	0,004	0,249	69,3%
20 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,248	0,979	0,004	0,005	0,269	78,4%
30 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,083	0,759	0,004	0,009	0,324	70,1%
40 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,111	0,744	0,005	0,004	0,367	67,0%
50 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,234	0,932	0,004	0,007	0,302	75,5%
60 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,362	1,005	0,005	0,008	0,357	73,8%
70 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,856	0,597	0,004	0,004	0,259	69,7%
80 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,244	0,857	0,005	0,004	0,387	68,9%
90 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,920	0,589	0,004	0,004	0,331	64,0%
100 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,003	0,669	0,005	0,008	0,334	66,7%

Tempos de Obtenção de Versão Customizada de 1º Nível nas Rotinas de Teste.

Características do OAC	Tempo Total (<i>segundos</i>)	Tempo de Leitura Localizações das Mídias (<i>segundos</i>)	Tempo de Realização <i>Merge</i> (<i>segundos</i>)
10 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,062	0,003	0,001
20 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,070	0,004	0,003
30 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,103	0,002	0,002
40 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,096	0,003	0,003
50 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,327	0,000*	0,000*
60 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,091	0,001	0,002
70 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,079	0,003	0,002
80 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,518	0,004	0,002
90 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,191	0,001	0,001
100 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,453	0,002	0,003

Tempos de Inclusão de Versão Customizada de 2º Nível nas Rotinas de Teste.

Características do OAC	Tempo Total (segundos)	Tempo de Escrita Mídias (segundos)	Tempo de Cálculo Número de Versão (segundos)	Tempo de Cálculo <i>Delta</i> (segundos)	Outros Processamentos (segundos)	Tempo de Escrita em Relação ao Tempo Total (%)
10 Componentes / 10 Arq. de Mídia	2,084	1,776	0,004	0,001	0,308	85,2%
20 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,964	0,617	0,003	0,001	0,347	64,0%
30 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,569	1,306	0,003	0,004	0,263	83,2%
40 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,975	0,705	0,003	0,004	0,270	72,3%
50 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,467	1,122	0,003	0,002	0,345	76,5%
60 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,981	1,661	0,004	0,003	0,320	83,8%
70 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,064	0,695	0,004	0,003	0,369	65,3%
80 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,522	1,171	0,004	0,003	0,351	76,9%
90 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,690	1,259	0,005	0,003	0,431	74,5%
100 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,102	0,799	0,003	0,010	0,303	72,5%

Tempos de Obtenção de Versão Customizada de 2º Nível nas Rotinas de Teste.

Características do OAC	Tempo Total (segundos)	Tempo de Leitura Localizações das Mídias (segundos)	Tempo de Realização <i>Merge</i> (segundos)
10 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,096	0,002	0,001
20 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,071	0,001	0,000*
30 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,071	0,002	0,000*
40 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,067	0,002	0,000*
50 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,107	0,001	0,002
60 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,101	0,002	0,001
70 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,030	0,001	0,000*
80 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,470	0,001	0,001
90 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,169	0,001	0,000*
100 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,472	0,002	0,004

Tempos de Inclusão de Versão Customizada de 3º Nível nas Rotinas de Teste.

Características do OAC	Tempo Total (<i>segundos</i>)	Tempo de Escrita Mídias (<i>segundos</i>)	Tempo de Cálculo Número de Versão (<i>segundos</i>)	Tempo de Cálculo <i>Delta</i> (<i>segundos</i>)	Outros Processamentos (<i>segundos</i>)	Tempo de Escrita em Relação ao Tempo Total (%)
10 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,104	0,825	0,003	0,000*	0,279	74,7%
20 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,032	0,770	0,003	0,001	0,262	74,6%
30 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,727	1,461	0,003	0,002	0,266	84,6%
40 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,640	1,357	0,003	0,001	0,283	82,7%
50 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,923	0,687	0,003	0,003	0,236	74,4%
60 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,090	0,814	0,003	0,007	0,276	74,7%
70 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,943	0,718	0,003	0,002	0,225	76,1%
80 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,898	1,604	0,002	0,005	0,294	84,5%
90 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,950	0,636	0,002	0,003	0,314	66,9%
100 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,069	0,783	0,003	0,003	0,286	73,2%

Tempos de Obtenção de Versão Customizada de 3º Nível nas Rotinas de Teste.

Características do OAC	Tempo Total (<i>segundos</i>)	Tempo de Leitura Localizações das Mídias (<i>segundos</i>)	Tempo de Realização <i>Merge</i> (<i>segundos</i>)
10 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,091	0,001	0,000*
20 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,078	0,000*	0,000*
30 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,057	0,002	0,000*
40 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,430	0,001	0,000*
50 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,212	0,001	0,000*
60 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,097	0,001	0,001
70 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,076	0,001	0,001
80 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,497	0,001	0,001
90 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,336	0,001	0,000*
100 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,479	0,003	0,001

Tempos de Inclusão de Versão Customizada de 4º Nível nas Rotinas de Teste.

Características do OAC	Tempo Total (<i>segundos</i>)	Tempo de Escrita Mídias (<i>segundos</i>)	Tempo de Cálculo Número de Versão (<i>segundos</i>)	Tempo de Cálculo <i>Delta</i> (<i>segundos</i>)	Outros Processamentos (<i>segundos</i>)	Tempo de Escrita em Relação ao Tempo Total (%)
10 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,416	1,157	0,001	0,000*	0,259	81,7%
20 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,315	0,993	0,004	0,001	0,322	75,5%
30 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,333	1,033	0,002	0,003	0,300	77,5%
40 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,550	1,250	0,002	0,002	0,300	80,6%
50 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,266	0,998	0,002	0,001	0,268	78,8%
60 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,450	1,135	0,002	0,005	0,315	78,3%
70 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,242	0,878	0,002	0,005	0,364	70,7%
80 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,970	0,663	0,003	0,002	0,307	68,4%
90 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,389	1,015	0,002	0,004	0,374	73,1%
100 Componentes / 10 Arq. de Mídia	1,524	1,249	0,004	0,002	0,275	82,0%

Tempos de Obtenção de Versão Customizada de 4º Nível nas Rotinas de Teste.

Características do OAC	Tempo Total (<i>segundos</i>)	Tempo de Leitura Localizações das Mídias (<i>segundos</i>)	Tempo de Realização <i>Merge</i> (<i>segundos</i>)
10 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,435	0,001	0,000*
20 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,091	0,002	0,001
30 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,067	0,002	0,001
40 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,070	0,004	0,001
50 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,442	0,001	0,001
60 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,092	0,001	0,002
70 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,478	0,001	0,002
80 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,488	0,001	0,001
90 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,490	0,001	0,001
100 Componentes / 10 Arq. de Mídia	0,456	0,001	0,001