



Pós-Graduação em Ciência da Computação

**“Uma Proposta de Solução para Distribuição de  
Conteúdos Educacionais Digitais”**

**Por**

***Jean Louis Brasil Fernandes da Costa***

**Dissertação de Mestrado**



Universidade Federal de Pernambuco  
posgraduacao@cin.ufpe.br  
[www.cin.ufpe.br/~posgraduacao](http://www.cin.ufpe.br/~posgraduacao)

RECIFE 2014



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE INFORMÁTICA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

JEAN LOUIS BRASIL FERNANDES DA COSTA

“Uma Proposta de Solução para Distribuição de Conteúdos  
Educaçãoais Digitais”

*ESTE TRABALHO FOI APRESENTADO À PÓS-GRADUAÇÃO EM  
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO DO CENTRO DE INFORMÁTICA DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIA DA  
COMPUTAÇÃO.*

ORIENTADOR(A): VINICIUS CARDOSO GARCIA  
CO-ORIENTADOR: RODRIGO ELIA ASSAD

RECIFE 2014

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Jane Souto Maior, CRB4-571

C837p Costa, Jean Louis Brasil Fernandes da  
Uma proposta de solução para distribuição de conteúdos  
educacionais digitais / Vinicius Cardoso Garcia. – Recife: O Autor,  
2015.  
106 f.: il. fig., tab.

Orientador: Vinicius Cardoso Garcia.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de  
Pernambuco. CIn, Ciência da computação, 2015.  
Inclui referências e apêndice.

1. Engenharia de software. 2. Computação em nuvem. 3.  
Informática na educação. I. Garcia, Vinicius Cardoso (orientador).  
II. Título.

005.1

CDD (23. ed.)

UFPE- MEI 2015-143

Dissertação de Mestrado apresentada por **Jean Louis Brasil Fernandes da Costa** à Pós Graduação em Ciência da Computação do Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco, sob o título “**Uma Proposta de Solução para Distribuição de Conteúdos Educacionais Digitais**” orientada pelo Prof. Vinicius Cardoso Garcia e aprovada pela Banca Examinadora formada pelos professores:

---

Prof. Kiev Santos Gama  
Centro de Informática / UFPE

---

Prof. Fernando Antonio Aires Lins  
Departamento de Estatística e Informática / UFRPE

---

Prof. Vinicius Cardoso Garcia  
Centro de Informática / UFPE

Visto e permitida à impressão.  
Recife, 4 de setembro de 2014.

---

**Profa. Edna Natividade da Silva Barros**  
Coordenadora da Pós-Graduação em Ciência da Computação do  
Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco.

*A minha família e amigos.*

## **Agradecimentos**

Em geral, no ocidente, as pessoas costumam iniciar agradecendo a Deus, mas como há um bom tempo deixei os dogmas religiosos de lado, quero agradecer ao Universo, Cosmos, Tao, Força, Primeiro Pensamento, Maximecanismo Universal pelas oportunidades recebidas para realização deste trabalho, independente de qual conceito metafísico esteja mais próximo da realidade.

Agradecimentos especiais para meu orientador Vinicius Garcia e ao meu co-orientador Rodrigo Assad, pelas oportunidades recebidas por estes, tanto de pesquisa como de desafios no trabalho.

A minha família, em especial a meu irmão Victor, que sempre me incentivou nessa minha jornada e trabalho.

Aos colegas/amigos da Ustore, que há pouco mais de dois anos estamos juntos e os quais me incentivaram e auxiliaram através de discussões e trocas de idéias construtivas em relação ao presente trabalho: Jamir, Josino, Fish, Lenildo, Jessica, Leandro, Fábio, Marco, Júlio, Felipe, Sérgio, Monicke, Marina, Manuela, Marcela e todos os integrantes da família Ustore.

A equipe do Media Center, que também muito me incentivaram e ajudaram, e que juntos seguimos em frente com o sonho de revolucionar o cenário atual da educação no Brasil: Bruno, Rodrigo (Fumagalli), Lucas, Victor Casé e Mauricio.

Aos amigos da República, que são minha família em Recife e grandes incentivadores meus: Anderson, Arthur, Paulo César, Leonardo, Saulo, Ednaldo e Evandro.

Aos colegas de mestrado, muitos dos quais se tornaram amigos.

A todos que me receberam em Recife e me fizeram sentir em casa.

*“Se o conhecimento pode criar problemas, não é através da ignorância que podemos solucioná-los.”*  
(I. Asimov)

## RESUMO

Mesmo com os investimentos públicos no desenvolvimento de programas para a distribuição de recursos educacionais, em geral livros didáticos e demais materiais educativos impressos, nas redes públicas de ensino no Brasil, existem marcantes fragilidades no que diz respeito à logística de compra e distribuição desses recursos educacionais. Como alternativa aos obstáculos encontrados no processo de distribuição desses recursos impressos, existe a possibilidade do uso de conteúdos educacionais digitais nas instituições de ensino.

Contudo, o uso amplo de conteúdos educacionais digitais na rede pública de ensino ainda apresenta dificuldades devido a obstáculos encontrados, tais como: a carência de cobertura Wi-Fi apropriada no ambiente escolar, à baixa velocidade das conexões Internet disponíveis nas escolas e a ausência de uma plataforma adequada à distribuição, compartilhamento e consumo de conteúdos educacionais digitais.

Motivado por esse contexto, o presente trabalho tem como objetivo propor uma solução aos obstáculos encontrados na distribuição e acesso a conteúdos educacionais digitais, também conhecidos como recursos educacionais abertos, na rede pública de ensino devido à carência de banda larga. A proposta também visa o completo aproveitamento do acervo educacional fornecido pelo MEC e, além disso, possibilitar os meios para que professores, pedagogos e alunos possam compartilhar entre si seus próprios conteúdos.

**Palavras-chave:** Conteúdos educacionais digitais. Recursos educacionais abertos. Distribuição de recursos educacionais. Informática na educação. Computação em nuvem. Armazenamento de dados na nuvem.

## ABSTRACT

Even with public investments in developing programs for the distribution of educational resources in general textbooks and other printed educational materials in the public education networks in Brazil, there are marked weaknesses with regard to the logistics of purchase and distribution of educational resources. As an alternative to obstacles encountered in the distribution process of these printed resources, there is the possibility of using digital educational content in educational institutions.

However, the widespread use of digital educational content in the public school system still presents difficulties due to obstacles encountered, such as the lack of appropriate Wi-Fi in the school environment, the low speed of Internet connections available in schools and the lack of a suitable platform for distribution, sharing and consumption of digital educational content.

Motivated by this context, this paper aims to propose a solution to the obstacles encountered in the distribution and access to digital educational content, also known as open educational resources in public schools due to lack of broadband. The proposal also aims to take full advantage of the educational collection provided by MEC and also enable the means for teachers, educators and students can share with each other their own content.

**Keywords:** Digital educational content. Open educational resources. Distribution of educational resources. Information technology in education. Cloud computing. Storage as a service.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo da arquitetura da computação em nuvem do NIST. ....	21
Figura 2 - Principais modelos de serviços em computação em nuvem. ....	23
Figura 3 - O mercado de livros no Brasil – títulos, faturamento e número de exemplares vendidos (2008). ....	31
Figura 4 - Ensino Fundamental e Médio - Valores Negociados para Livros Impressos e Conteúdos Multimídia (PNLD - 2014).....	31
Figura 5 - Diagrama operacional da Nuvem Educacional. ....	42
Figura 6 - Arquitetura da plataforma Ustore. ....	53
Figura 7 - Integração das visões do modelo “4+1”. ....	57
Figura 8 - Visão lógica da Arquitetura de Software da solução proposta. ....	59
Figura 9 - Módulo de Administração da Nuvem Central. ....	61
Figura 10 - Tela principal do Media Center Web. ....	63
Figura 11 - Acesso do Media Center Mobile ao Media Center da escola. ....	64
Figura 12 - Processo de sincronia de dados e conteúdos entre NC e MC. ....	66
Figura 13 - Fluxo básico de operações executadas pelo MCM. ....	67
Figura 14 - Diagrama de pacotes do Media Center Web. ....	69
Figura 15 - Configurações dos parâmetros de downloads. ....	90
Figura 16 - Consumo de memória Cache de Conteúdo. ....	91
Figura 17 - Seção “Meus Cursos” da aplicação móvel. ....	104
Figura 18 - Seção “Minha Mochila” da aplicação móvel. ....	104
Figura 19 - Seção “Biblioteca” da aplicação móvel. ....	105
Figura 20 - Seção “Khan Academy” da aplicação móvel. ....	105
Figura 21 - Seção “Wikipedia” da aplicação móvel. ....	106
Figura 22 - Seção “Perfil” da aplicação móvel. ....	106

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Benefícios de REA para diferentes stakeholders. ....	34
Tabela 2 - Sumário com a situação dos requisitos apresentados. ....	50
Tabela 3 - Mapeamento de Requisitos por Componentes. ....	65
Tabela 4 - Requisições de downloads e uploads de arquivos.....	91

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	14
1.1 Motivação.....	14
1.2 Objetivos .....	15
1.3 Hipóteses .....	16
1.4 Visão Geral da Solução Proposta .....	16
1.5 Principais Contribuições.....	17
1.6 Estrutura da Dissertação.....	17
2 CONTEXTUALIZAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE RECURSOS EDUCACIONAIS NO BRASIL .....	19
2.1 Informática na Educação .....	19
2.2 Computação em Nuvem .....	20
2.1.1 Arquiteturas de Computação em Nuvem .....	21
2.1.2 Benefícios no uso de Computação na Nuvem.....	24
2.1.3 Armazenamento de Dados como Serviço (Storage as a Service) .....	26
2.3 Distribuição de Livros Didáticos .....	28
2.3.1 Problemas Relacionados à Distribuição de Livros Didáticos .....	30
2.4 Recursos Educacionais Abertos .....	32
2.4.1 Benefícios no uso de Recursos Educacionais Abertos .....	33
2.4.2 Problemas Relacionados ao uso de Recursos Educacionais Abertos .....	35
2.5 Trabalhos Relacionados .....	36
2.6 Sumário do Capítulo .....	38
3 PROPOSTA DE SOLUÇÃO PARA DISTRIBUIÇÃO DE CONTEÚDOS EDUCACIONAIS.....	39
3.1 Visão Geral da Nuvem Educacional Media Center .....	40
3.2 Requisitos para uma Nuvem Educacional .....	44
3.2.1 Requisitos Funcionais.....	44
3.2.2 Requisitos Não-Funcionais .....	48
3.2.3 Sumário dos Requisitos .....	49
3.3 Arquitetura da Nuvem Educacional Media Center .....	51
3.3.1 Ustore .....	51
3.3.1.1 Arquitetura do Ustore .....	52
3.3.1.2 Super Peers.....	53
3.3.1.3 Peers Servidores .....	53
3.3.1.4 Peers Clientes .....	54
3.3.1.5 Peers Servidores de Busca .....	54

3.3.1.6 Bridge .....	55
3.3.1.7 Considerações Finais sobre o Ustore.....	55
3.3.2 Metodologia “4+1” .....	56
3.3.3 Visão de Caso de Uso .....	58
3.3.4 Visão Lógica .....	59
3.3.4.1 Nuvem Central (NC) .....	59
3.3.4.2 Módulo de Administração da Nuvem Central .....	60
3.3.4.3 Media Center (MC) .....	61
3.3.4.4 Media Center Web (MCW) .....	62
3.3.4.5 Media Center Mobile (MCM).....	63
3.3.4.6 Mapeamento de Requisitos por Componentes.....	64
3.4 Visão de Processo .....	65
3.5 Visão de Implementação.....	68
3.5.1 Media Center Web.....	68
3.5.2 Módulo de Administração da Nuvem Central.....	70
3.5.3 Media Center Mobile.....	70
3.6 Visão de Implantação.....	72
3.7 Tecnologias Utilizadas .....	74
3.8 Sumário do Capítulo .....	76
4 AVALIAÇÃO DA PROPOSTA .....	77
4.1 Cenário de Avaliação I .....	77
4.1.1 Desafios Encontrados.....	78
4.1.2 Uso da Solução Proposta .....	79
4.1.3 Discussão dos Resultados Alcançados .....	80
4.2 Cenário de Avaliação II .....	81
4.2.1 Desafios Encontrados.....	81
4.2.2 Configurações de Hardware .....	82
4.2.3 Requisitos Técnicos e Casos de Uso .....	83
4.2.4 Discussão dos Resultados Alcançados .....	84
4.3 Cenário de Avaliação III .....	84
4.3.1 Desafios Encontrados.....	85
4.3.2 Configurações de Hardware .....	85
4.3.3 Requisitos Técnicos e Casos de Uso .....	86
4.3.4 Discussão dos Resultados Alcançados .....	87
4.4 Avaliação da Nuvem Educacional Media Center como Plataforma de Armazenamento de Dados .....	88
4.4.1 Testes de Carga .....	88

4.4.2 Configurações para a execução dos testes .....	89
4.4.3 Resultados da Execução .....	90
4.4.4 Discussão dos Resultados Alcançados .....	92
4.5 Possíveis Ameaças a Avaliação .....	92
4.6 Sumário do Capítulo .....	92
5 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS .....	94
5.1 Trabalhos Futuros .....	95
REFERÊNCIAS .....	96
APÊNDICE .....	101
A.1 Visão de Caso de Uso .....	101
A.2 Media Center Web (MCW) .....	104

## 1 INTRODUÇÃO

*“Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção.”*  
(P. Freire)

### 1.1 Motivação

A infraestrutura de telecomunicações no Brasil continua sendo uma grande barreira para a distribuição de conteúdos educacionais. Enquanto usuários domésticos de banda larga possuem comumente acesso a links de Internet de 10 Mbps nos grandes centros para uso familiar por cerca de 3 a 4 membros por domicílio, a situação na rede pública, cujas condições serão apresentadas a seguir, não possui o mesmo cenário.

Alunos da rede pública de ensino não possuem acesso à Internet banda larga, necessário para usufruir da vasta quantidade e variedade de conteúdo educacional de alta qualidade disponível gratuitamente na Web, e apesar da quase universalização de conexões a Internet nas escolas (93% possuem) (CETIC, 2013), a largura de banda média instalada na rede pública é ainda insuficiente para o tráfego de conteúdo educacional em quantidade e tempo de resposta de velocidade adequada ao aprendizado personalizado. A velocidade de acesso mais comum nas escolas públicas é 2 Mbps (CETIC, 2013), link fornecido pelo Programa Nacional de Banda Larga<sup>1</sup> (PNBL).

A barreira de acesso fica clara quando consideramos que uma escola pública média no Brasil possui cerca de 280 alunos. Este cenário deixaria 40% dos alunos sem a possibilidade de usufruir de qualquer conteúdo multimídia online e até objetos educacionais de baixa complexidade, como aulas em Power Point ou livros de domínio público em PDF, devido à escassez da conexão Internet provida dentro das escolas, enquanto 60% consumiriam, no máximo, 10 minutos de vídeo aulas por dia, obrigatoriamente dentro do ambiente da escola (CETIC, 2013). Ainda segundo a

---

<sup>1</sup> <http://www.mc.gov.br/programa-nacional-de-banda-larga-pnbl/> Acessado em: Junho, 2014.

pesquisa TIC Educação 2012 (CETIC, 2013), 60% dos alunos da rede pública possuem computador em casa e 44% acessam a Internet utilizando celulares e smartphones. O laboratório de informática vem caindo como principal local de uso de Internet (-17% sobre 2011) e as salas de aula apresentam forte tendência de subida (+46% sobre 2011).

Estes dados implicam em uma nova realidade de necessidade de conectividade dentro das escolas, onde se torne possível capitalizar a presença destes dispositivos para uso educacional. As redes Wi-Fi presentes na escola normalmente resumem-se, quando disponíveis, a poucos roteadores de uso doméstico fornecidos pelo Programa Nacional de Tecnologia Educacional (Proinfo) (MEC, 2014a).

Por outro lado, o Ministério da Educação e Cultura<sup>2</sup> (MEC) possui em seu acervo através do Portal do Professor<sup>3</sup> e do Portal do Domínio Público<sup>4</sup> mais de 30.000 objetos educacionais contendo vídeos, aulas em áudio, apresentações, testes, livros, etc. Todo este conteúdo educativo não encontra potencial de aproveitamento nas centenas de milhares de tablets a serem adquiridos por um grande problema de infraestrutura de acesso que não será sanado facilmente nos próximos anos.

## 1.2 Objetivos

Motivado pelo contexto apresentado na Seção anterior, o principal objetivo deste trabalho pode ser definido como:

**Propor uma solução aos obstáculos de comunicação encontrados na distribuição, armazenamento e acesso a conteúdos educacionais digitais, também conhecidos como recursos educacionais abertos, na rede pública de ensino devido à carência de banda larga.**

Para alcançar o objetivo desse trabalho, faz-se necessário estabelecer objetivos específicos:

---

<sup>2</sup> [http:// portal.mec.gov.br/](http://portal.mec.gov.br/) Acessado em: Junho, 2014.

<sup>3</sup> <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/> Acessado em: Junho, 2014.

<sup>4</sup> <http://www.dominiopublico.gov.br/> Acessado em: Junho, 2014.

- Com base nos problemas identificados, pesquisar trabalhos que possam estar relacionados, dentro do contexto de Informática na Educação.
- Contextualizar o cenário atual, no Brasil, no que diz respeito à distribuição de recursos educacionais as redes públicas de ensino.
- Levantar os benefícios existentes na adoção de conteúdos educacionais digitais, e também pesquisar quais são os obstáculos encontrados para o uso de conteúdos educacionais digitais nas redes públicas de ensino no Brasil.
- Fazer o levantamento de requisitos necessários para auxiliar no desenvolvimento de uma solução.
- Desenvolver uma solução para sanar os problemas relacionados à distribuição, armazenamento e acesso a conteúdos educacionais digitais, atendendo assim ao objetivo principal do trabalho.
- Realizar uma avaliação da solução proposta neste trabalho.

### **1.3 Hipóteses**

As seguintes hipóteses podem ser definidas neste trabalho:

- O uso de uma solução desenvolvida sobre uma plataforma de nuvem computacional pode melhorar os processos de distribuição e acesso a conteúdos educacionais digitais nas redes públicas de ensino no Brasil.
- Uma solução integrada de hardware e software, sobre uma plataforma de nuvem computacional, que busque armazenar e fornecer acesso a conteúdos educacionais digitais por meio de uma rede interna pode diminuir consideravelmente o consumo de Internet dentro das escolas.

### **1.4 Visão Geral da Solução Proposta**

A fim de atingir os objetivos e a hipótese deste trabalho, foi desenvolvido o conceito da plataforma de Nuvem Educacional, que é uma solução abrangente para apoio ao

aprendizado escolar. A proposta também visa o completo aproveitamento do acervo educacional fornecido pelo MEC e, além disso, possibilitar os meios para que professores, pedagogos e alunos possam compartilhar entre si seus próprios conteúdos.

A partir dos objetivos traçados, um conjunto de requisitos ao qual uma plataforma de Nuvem Educacional deve atender foi estabelecido. A solução em si, bem como seus componentes, será descrita no Capítulo 3. Por fim, a proposta de solução foi submetida a uma avaliação.

### **1.5 Principais Contribuições**

As principais contribuições desta pesquisa serão:

- Contextualização do cenário atual na distribuição de recursos educacionais no Brasil e abordar as vantagens existentes para a adoção de conteúdos educacionais digitais nas redes públicas de ensino no Brasil.
- Um conjunto de requisitos essenciais que uma solução desenvolvida para uma plataforma de nuvem computacional deve atender foi estabelecido, a partir da análise dos problemas existentes na distribuição e acesso a conteúdos educacionais no Brasil.
- Uma solução integrada de hardware e software, voltada para o contexto da Informática na Educação, e desenvolvida sobre uma plataforma de nuvem computacional, com o propósito de sanar as dificuldades encontradas na distribuição, acesso e compartilhamento de conteúdos educacionais digitais na rede pública de ensino no Brasil.

### **1.6 Estrutura da Dissertação**

A estrutura desta dissertação está organizada em cinco capítulos e um Apêndice da seguinte forma:

**Capítulo 2.** Apresenta conceitos relacionados à Informática na Educação e

Computação em Nuvem. Contextualiza o cenário atual da distribuição de recursos educacionais no Brasil, além de apresentar as vantagens e problemas existentes para a adoção de conteúdos educacionais digitais nas redes públicas de ensino, e também apresenta alguns trabalhos relacionados.

**Capítulo 3.** Descreve a solução proposta, incluindo os requisitos, arquitetura e tecnologias utilizadas.

**Capítulo 4.** Apresenta uma avaliação para a solução proposta neste trabalho.

**Capítulo 5.** Apresenta a conclusão e trabalhos futuros.

## 2 CONTEXTUALIZAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE RECURSOS EDUCACIONAIS NO BRASIL

Neste capítulo serão apresentados os conceitos de informática na educação e computação em nuvem, conceitos-chave desta dissertação, bem como alguns trabalhos relacionados com informática na educação. Também será apresentada a metodologia atual na distribuição de recursos educacionais no Brasil, na qual serão abordados os seguintes tópicos:

**Distribuição de livros didáticos.** Como se dá e os problemas relacionados à logística de distribuição de livros didáticos impressos.

**Conteúdos educacionais digitais.** Os benefícios no uso de conteúdos educacionais digitais, também conhecidos como recursos educacionais abertos, em relação a livros didáticos impressos. Também serão abordados os problemas relacionados à distribuição, armazenamento e acesso aos conteúdos educacionais digitais atualmente na rede pública de ensino.

### 2.1 Informática na Educação

Segundo Valente (1999), o termo Informática na Educação refere-se à inserção do computador no processo de ensino-aprendizagem de conteúdos curriculares de todos os níveis e modalidades de Educação. No que diz respeito à formação dos professores para com o uso de novas tecnologias, Belloni (2002) afirma que o professor deve ser capaz de utilizar as novas tecnologias em seu trabalho cotidiano, tornando-se assim um "educador", integrando as diferentes mídias em suas práticas pedagógicas.

Completando essa idéia, Valente (1999) diz que se deve enfatizar o fato de que o professor, dentro de sua formação curricular, deve ter conhecimento sobre os potenciais educacionais do computador e ser capaz de alternar atividades tradicionais de ensino-aprendizagem e atividades que usam o computador. Dentre as diversas tecnologias que auxiliam os professores no processo de ensino-

aprendizagem, tem-se o computador como um grande aliado. O computador, assim como diversas outras ferramentas da informática e os softwares educativos usados na educação, se evidencia cada vez mais como catalisador de potencialidades na capacitação e aperfeiçoamento de alunos, professores e das próprias instituições de ensino (JACOBOSKI, 2012).

Já o conceito de software educativo diz respeito aos programas que são desenvolvidos com a finalidade de apoiar o processo de ensino-aprendizagem, promovendo a construção do conhecimento em áreas distintas (GOMES; WANDERLEY, 2003), (JUCÁ, 2006), (LACERDA, 2007). Contudo, qualquer software com possibilidade de utilização no processo de ensino-aprendizagem, mesmo que não tenha sido construído com essa finalidade, mas que possa ser utilizado em algum contexto voltado para a educação, pode ser chamado de software educacional (GIRAFFA, 1999), (JUCÁ, 2006), (LACERDA, 2007), como por exemplo, o software Microsoft PowerPoint<sup>5</sup>.

Esta dissertação apresenta uma solução voltada para o contexto da Informática na Educação, para ser executada sobre uma plataforma de nuvem computacional, com a proposta de distribuir e prover acesso a conteúdos educacionais digitais, além de sanar problemas relacionados à carência de banda larga nas redes públicas de ensino no Brasil. No Capítulo 3 será apresentada a solução proposta neste trabalho.

## **2.2 Computação em Nuvem**

A Computação em Nuvem é um novo paradigma fundamental que, nos últimos anos, tem mudado radicalmente a forma como aplicações e serviços de informática são construídos, entregues e gerenciados. Embora o termo signifique coisas diferentes para pessoas diferentes, os potenciais benefícios no seu uso são claros. Para Taurion (2009), Computação em Nuvem é um ambiente computacional baseado em uma rede de servidores, capaz de prover recursos como processamento, armazenamento e aplicações através da Internet.

---

<sup>5</sup> <http://office.microsoft.com/pt-br/powerpoint/> Acessado em: Novembro de 2014

Ainda segundo o *National Institute of Standards and Technology* (NIST), Computação nas Nuvens corresponde a um modelo computacional que proporciona o acesso conveniente, sob demanda e a partir de qualquer lugar, a um conjunto de recursos computacionais que possam ser disponibilizados como serviços e acessados com um esforço mínimo de interação com o provedor de serviços (MELL; GRANCE, 2011). Grandes *data centers*, utilizados pelos provedores de serviços de Computação em Nuvem, permitem o compartilhamento de recursos entre aplicações hospedadas, quer a nível de software e também de hardware. Os serviços de software podem obter escalabilidade aparentemente infinita e crescimento incremental para atender às demandas dos clientes.

### 2.1.1 Arquiteturas de Computação em Nuvem

O NIST define o modelo de arquitetura de computação em nuvem em três categorias: características, modelos de serviços e modelos de implantação de Computação em Nuvem (MELL; GRANCE, 2011). Essas categorias são ilustradas na Figura 1.

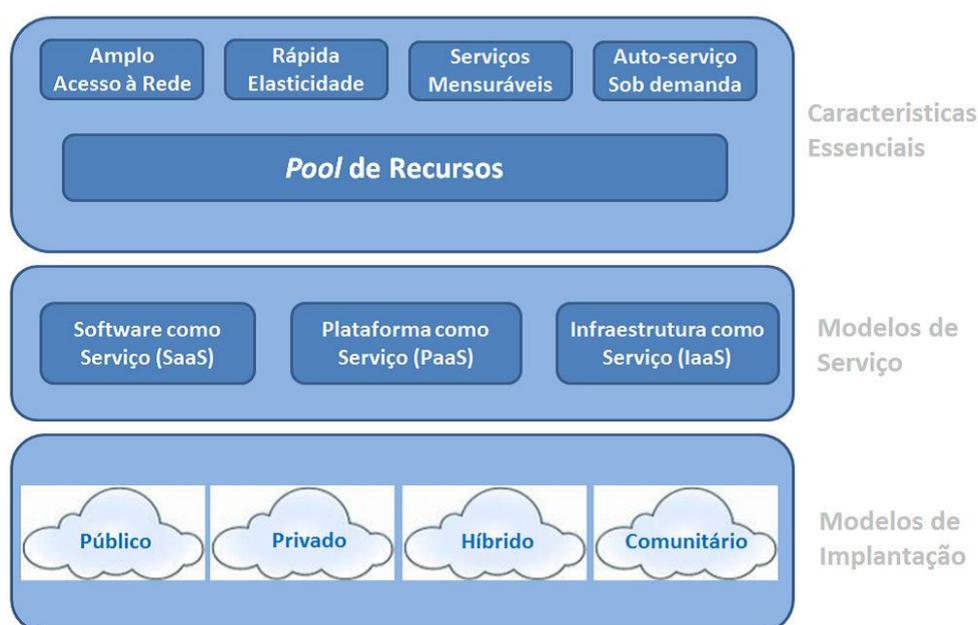


Figura 1 - Modelo da arquitetura da computação em nuvem do NIST (adaptado de MELL, 2011).

A Computação em Nuvem possui algumas características, dentre as quais se destacam (MELL; GRANCE, 2011):

**Auto-serviço Sob demanda (on-demand).** Refere-se ao provimento de recursos computacionais, permitindo ao consumidor pagar apenas quando o recurso ao qual ele tem necessidade é utilizado. Resulta na utilização mais eficiente dos recursos e redução de custos.

**Amplo Acesso a Serviços de Rede.** Permite a disponibilização de recursos por meio da rede, proporcionando o acesso a partir de diferentes dispositivos (PC, tablets, smartphone, etc.).

**Pool de Recursos.** Permite o provimento de serviços e recursos a múltiplos consumidores, que podem ser alocados dinamicamente de acordo com a demanda;

**Rápida Elasticidade.** Permite ao consumidor do serviço a sensação de ter os recursos disponíveis de forma ilimitada e a qualquer instante, pois estes devem ser providos de forma ágil, flexível e eficiente;

**Serviços Mensuráveis (pay-as-you-go).** Engloba a forma de cobrança, além de possibilitar controle real sobre o serviço e recursos oferecidos pelo provedor e sobre o custo para o consumidor.

A Computação em Nuvem possui basicamente três modelos de serviços conforme reconhecimento do NIST (MELL; GRANCE, 2011). Estes três modelos podem ser chamados de níveis ou camadas, de acordo com o nível de abstração dos recursos oferecidos, os quais possuem serviços que podem ser ofertados e comprados sob o modelo da tecnologia (TAURION, 2009). A Figura 2 ilustra uma visão dos três modelos de serviços. Em seguida, cada um desses modelos será descrito.

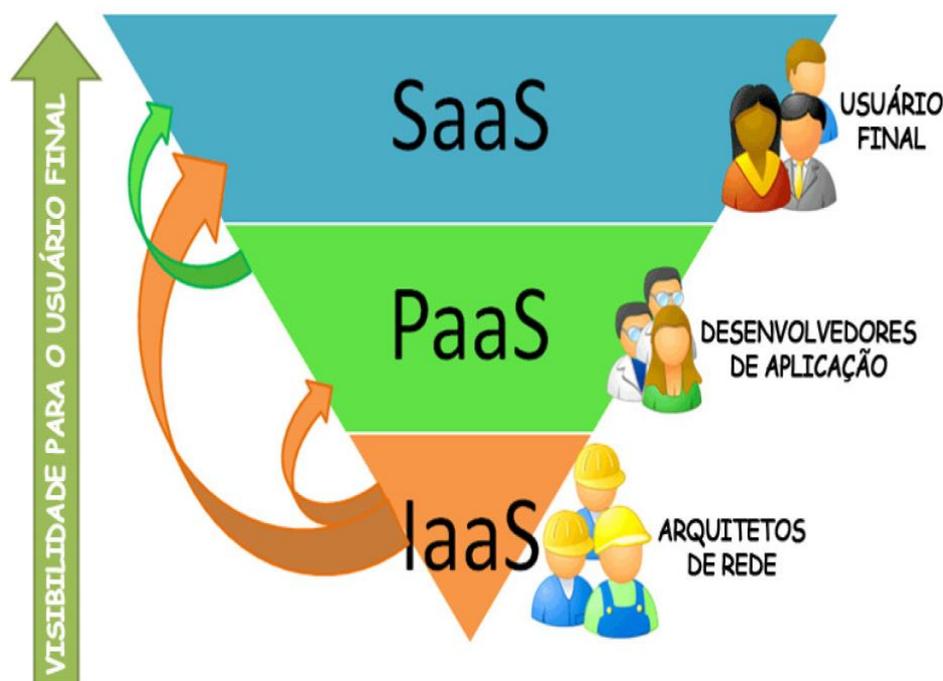


Figura 2 - Principais modelos de serviços em computação em nuvem (MERIAT, 2011).

**IaaS (Infrastructure as a Service).** Diz respeito aos serviços oferecidos na camada de infraestrutura. Esse modelo permite o provisionamento, sob demanda, de servidores que executam vários tipos de sistemas operacionais e aplicações, como também a possibilidade de aumento de outros recursos computacionais, como a de capacidade de armazenamento, por exemplo. Com o uso desse modelo, embora a infraestrutura de nuvem não seja acessível para o usuário, este pode controlar os sistemas operacionais, espaço de armazenamento e aplicações alocadas por ele.

**PaaS (Platform as a Service).** Este modelo de serviço fornece um ambiente virtual que serve de plataforma para que serviços de mais alto nível possam ser desenvolvidos. Com o uso de uma PaaS, os programadores que estejam desenvolvendo alguma aplicação nessa plataforma não precisam se preocupar com o gerenciamento de memória, processamento ou mesmo sistema operacional, pois tudo é fornecido e gerenciado pela plataforma virtual. O objetivo desse modelo é facilitar o desenvolvimento de aplicações destinadas aos usuários de uma nuvem, criando uma plataforma que agiliza esse processo (CHAPPEL, 2008).

**SaaS (Software as a Service).** Representa os serviços de mais alto nível disponibilizados em uma nuvem, oferecendo ao usuário a possibilidade de utilizar

uma aplicação sendo executada em uma infraestrutura de computação em nuvem. Os serviços fornecidos por este modelo podem ser acessados pelos usuários através de aplicações ou portais na Web. Uma única instância de cada uma dessas aplicações permanece em execução na nuvem servindo a múltiplos usuários. Os serviços disponibilizados por esse modelo podem ser considerados uma alternativa a execução de aplicações em uma máquina local.

Em relação às possíveis formas de implantação de serviços de Computação em Nuvem, os seguintes tipos são normalmente propostos:

**Nuvem privada.** É uma nuvem pertencente a uma empresa ou organização, na qual seus recursos computacionais não são disponibilizados para o público em geral. Esse tipo de nuvem pode ser gerenciada pela própria organização ou por terceiros e pode existir interna ou externamente.

**Nuvem comunitária.** Esse modelo de nuvem baseia-se em um ambiente de Computação em Nuvem compartilhado por diversas organizações com interesses em comum. Ela pode ser gerenciada pelas organizações que fazem parte dela ou por terceiros e pode existir interna ou externamente.

**Nuvem pública.** É um modelo de nuvem que disponibiliza serviços mensuráveis, ou seja, o usuário paga por aquilo que consumir do serviço. Geralmente é disponibilizado ao público por um provedor que vende os serviços de desse tipo de nuvem.

**Nuvem híbrida.** É uma nuvem composta por duas ou mais nuvens (privada, comunitária ou pública) gerando assim uma única nuvem. Em geral, esse modelo é adotado por uma empresa ou organização que deseja aumentar os recursos computacionais de sua nuvem privada, integrando esta a uma nuvem pública.

### 2.1.2 Benefícios no uso de Computação na Nuvem

A Computação em Nuvem proporciona mudanças fundamentais na forma em que serviços de computação são adquiridos e utilizados. Ela apresenta novas

oportunidades de negócios para empresas e organizações, bem como redução de custos para governos. Segue uma listagem de benefícios oriundos do uso de serviços de Computação em Nuvem (CSABR, 2012) (FASTCOM, 2014).

**Redução de Custos.** As vantagens de se trabalhar na nuvem começam pela significativa redução de custos, pois as empresas não precisam mais dispor de espaços físicos para alocar computadores e nem investir na compra de softwares, pois toda sua infraestrutura fica alocada em servidores virtuais, além da possibilidade de pagar somente pelo recurso que utilizar.

**Escalabilidade.** Possibilidade de aumentar ou diminuir os recursos operacionais da infraestrutura utilizada de acordo com a demanda.

**Agilidade.** O processo tradicional de compra e aquisição de equipamentos e softwares pode vir a ser demorado e custoso para uma empresa. Contudo, ao utilizar soluções baseadas em Computação em Nuvem, a agilidade na disponibilização de mais recursos computacionais se torna mais eficiente, pois em geral o cliente pode aumentar os recursos utilizados por meio de um simples acesso ao portal Web de seu provedor de serviços em nuvem, bem como solicitar novos recursos dessa maneira.

**Acesso igualitário.** Diz respeito ao uso igualitário de tecnologia de ponta. Uma pequena ou média empresa, por exemplo, pode vir a utilizar o mesmo servidor de uma grande empresa, pagando somente pela capacidade do recurso computacional que precisar.

**Segurança.** No caso de possíveis acidentes decorrentes de terremotos, falta de energia, incêndios ou queda de sistema, os dados do cliente continuam preservados, pois estes são replicados e armazenados em diferentes servidores.

**Foco.** Permite que as equipes de tecnologia da informação, como as de desenvolvimento e suporte, por exemplo, fiquem mais focadas no núcleo e regras de negócio da organização, uma vez que não há mais necessidade de se manter grandes infraestruturas computacionais dentro da organização.

**Automação.** Serviços de monitoramento, backup e recuperação de dados podem ser totalmente automatizados pelos provedores de serviços em nuvem.

**Disponibilidade.** Os provedores de serviços na nuvem tendem a manter um alto nível de disponibilidade de seus serviços por meio da Internet, uma vez que eles podem vir a utilizar vários servidores, muitos distribuídos geograficamente, com os dados e configurações de infraestrutura de seus clientes replicados.

**Colaboração.** Na nuvem, documentos podem ser revisados, relatórios lidos e atualizados e aplicativos compartilhados simultaneamente por diversos integrantes de uma equipe. Isso permite que a produtividade no trabalho, bem como a rapidez na comunicação, aumente consideravelmente.

### 2.1.3 Armazenamento de Dados como Serviço (*Storage as a Service*)

A implementação de armazenamento de dados terceirizado como um serviço de Internet, o chamado serviço de armazenamento de dados em nuvem, tem sido uma tendência recente dos últimos anos. Esse tipo de serviço baseia-se no uso de servidores remotos, com o intuito de proverem recursos e serviços de armazenamento que utilizam os princípios da computação em nuvem (Zeng et al. 2009). Algumas das vantagens no uso de serviços de armazenamento de dados em nuvem são:

**Disponibilidade.** Acesso aos seus dados de qualquer lugar do mundo, através da Internet.

**Segurança.** Com serviços de armazenamento de dados na nuvem, os arquivos e dados do cliente são criptografados, garantindo que usuários não autorizados não possam acessá-los.

**Compartilhamento.** Facilidade para compartilhar arquivos com outros usuários.

**Redução de Custos.** Serviços de armazenamento de dados na nuvem reduzem significativamente o custo em relação a métodos tradicionais de backup, tais como o uso de discos rígidos. Os provedores desse tipo de serviço podem proporcionar um amplo espaço de armazenamento na nuvem por uma taxa mensal baixa.

**Automação.** Um problema recorrente entre usuários e empresas é a realização periódica de backup de seus dados. Serviços de armazenamento de dados na nuvem se encarregam do processo tedioso de backup dos dados do cliente, através da automação dessa tarefa.

**Portabilidade.** Provedores de serviços de armazenamento de dados na nuvem disponibilizam, em geral, acesso aos seus serviços de armazenamento em vários tipos de dispositivos, tais como tablets, smartphones, notebooks e desktops. Dessa forma, é possível ao usuário acessar sua conta a partir de qualquer conexão com a internet, através de navegador Web ou aplicação específica para o dispositivo em uso.

**Sincronização.** Garante que as atualizações feitas nos arquivos de um usuário estejam automaticamente disponíveis em todos os seus dispositivos. Dessa forma, a versão mais recente de um arquivo que foi salva em um tablet, por exemplo, estará disponível também no notebook desse usuário.

**Versionamento.** Serviços de armazenamento de dados na nuvem possibilitam o versionamento de arquivos armazenados. Dessa maneira, um usuário pode vir a ter acesso a versões anteriores de um determinado arquivo, como também da versão mais recente.

**Colaboração.** Serviços de armazenamento de dados na nuvem também são ideais para fins de colaboração. Eles permitem que várias pessoas editem e colaborem na elaboração de um único arquivo ou documento.

**Recuperação de dados.** Ao contrário de um backup local em uma mídia como disco rígido, os dados são dispersos e replicados geograficamente em vários data centers, o que reduz o risco de perda de dados. Em caso de perda de dados devido a acidentes ou catástrofes, o cliente terá acesso aos backups de todos os seus arquivos para que possa restaurá-los em tempo hábil.

### 2.3 Distribuição de Livros Didáticos

O livro didático pode ser definido, conforme Stray (1993), como um produto cultural composto, híbrido, que se encontra no “cruzamento da cultura, da pedagogia, da produção editorial e da sociedade” (STRAY, 1993). O caminho para que os livros didáticos, obras literárias, dicionários e livros em Braille chegassem até as escolas brasileiras se iniciou em 1929, com a criação do Instituto Nacional do Livro (INL), que é um órgão que se propõem a legislar as políticas relacionadas ao livro didático no país. O objetivo do INL era contribuir para a legitimação do livro didático nacional e, dessa maneira, auxiliar no aumento de sua produção (FREITAS; RODRIGUES, 2008).

Visando a distribuição de livros didáticos no Brasil, o MEC juntamente com o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação<sup>6</sup> (FNDE), atua com os seguintes planos:

**Programa Nacional do Livro Didático (PNLD).** Instituído pelo Decreto n. 9154/85, o principal objetivo desse programa é subsidiar as atividades pedagógicas dos professores através da distribuição de livros didáticos aos alunos da educação fundamental. Após as obras serem avaliadas, o MEC publica o Guia de Livros Didáticos com resenhas dos livros didáticos aprovados para o uso nas escolas, em seguida os livros selecionados são encaminhados para as escolas (MEC, 2014b).

O programa é realizado em ciclos trienais alternados. Dessa forma, a cada ano o MEC compra e distribui livros para um grande número de alunos. Os livros distribuídos e adquiridos pelos alunos deverão ser conservados e devolvidos para utilização por outros alunos dos próximos anos.

O PNLD também distribui obras didáticas em Braille de língua portuguesa, matemática, ciências, história, geografia e dicionários (MEC, 2014c).

**Distribuição.** As editoras é que fazem a distribuição diretamente às escolas, por meio de um contrato entre o FNDE e a Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos (ECT). Essa fase é acompanhada por técnicos do FNDE e da secretaria estadual de

---

<sup>6</sup> <http://www.fnde.gov.br/> Acessado em: Junho, 2014.

educação do estado para onde os livros estão sendo distribuídos. Os livros encaminhados chegam às escolas do estado entre outubro e o início do ano letivo. Já nas zonas rurais, os livros são entregues diretamente nas prefeituras ou nas secretarias municipais de educação, que se encarregam de distribuir os livros às escolas nessas áreas (MEC, 2014d).

**Programa Nacional Biblioteca da Escola (PNBE).** Desenvolvido desde 1997, tem como meta principal fomentar o acesso à cultura e o interesse ao hábito da leitura em alunos e professores através da distribuição de acervos de obras de literatura, de pesquisa e de referência. O atendimento é feito em anos alternados: em um ano são contempladas as escolas de educação infantil, de ensino fundamental (anos iniciais) e de educação de jovens e adultos. Já no ano seguinte são atendidas as escolas de ensino fundamental (anos finais) e de ensino médio. Hoje, o programa atende de forma universal e gratuita todas as escolas públicas de educação básica cadastradas no Censo Escolar (MEC, 2014e).

O programa divide-se em três etapas: avaliação e distribuição de obras literárias; o PNBE Periódicos, responsável por distribuir periódicos de conteúdo didático e metodológico para as escolas da educação infantil, ensino fundamental e médio e o PNBE do Professor, que tem por como meta auxiliar na prática pedagógica dos professores e também na educação de jovens e adultos (MEC, 2014e).

**Distribuição.** A distribuição dos livros é realizada diretamente pelas editoras às escolas ou através de um centro de mixagem, para posterior envio às escolas. A distribuição do PNBE é realizada em parceria com a Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos (ECT). No caso das escolas das zonas rurais, os livros são entregues na sede das prefeituras ou nas secretarias municipais de educação, que devem se encarregar de levá-los as escolas. Os livros geralmente são enviados até o início do segundo semestre, para serem utilizados pelos alunos das escolas (MEC, 2014f).

### 2.3.1 Problemas Relacionados à Distribuição de Livros Didáticos

Mesmo com os investimentos públicos no desenvolvimento dos programas anteriormente citados, existem marcantes fragilidades no que diz respeito à logística de compra e distribuição de recursos educacionais convencionais, no qual o livro didático é o maior ator. Segue uma análise dos problemas relacionados.

**Direitos Autorais.** Muitos materiais educacionais disponibilizados gratuitamente pelo governo federal enfrentam dificuldades de acesso, como por exemplo, os livros didáticos fornecidos às escolas da rede pública no Brasil, cuja cópia e reutilização são bloqueadas. Isso se deve ao fato de que as editoras responsáveis pela impressão e distribuição dos recursos educacionais atuam como um mercado monopolístico de venda de conteúdo.

**Desatualização de Conteúdo.** Uma deficiência recorrente no uso do livro didático é o alto custo de se realizar correções e atualizações de conteúdo, devidas principalmente a novas descobertas científicas, pois é necessário fazer uma nova compra em massa, imprimir e distribuir novamente os livros. É evidente que, nesse contexto, as obras tornam-se desatualizadas quanto às teorias e se distanciam das propostas curriculares e dos projetos pedagógicos elaborados.

**Alto Custo.** Em 2008, a produção de livros didáticos correspondeu a 37% dos títulos, 51% do faturamento e 56% dos exemplares produzidos. Boa parte dessa produção é destinada a compras governamentais por meio de programas como o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM) e o Programa Nacional de Livro Didático para Jovens e Adultos (PNLD EJA). A porcentagem de compras governamentais com o livro didático e com o PNLD corresponde à maior parte dos gastos públicos (SANTANA; ROSSINI; PRETTO, 2012). Esses índices são mostrados na Figura 3.

SETOR	TÍTULOS	PARTICIPAÇÃO DO SETOR NO NÚMERO DE TÍTULOS LANÇADOS	FATURAMENTO (R\$)	PARTICIPAÇÃO DO SETOR NO FATURAMENTO	EXEMPLARES VENDIDOS	PARTICIPAÇÃO NO NÚMERO DE EXEMPLARES VENDIDOS
Didáticos	19.721	37,56%	1.728.900.231,40	51,20%	207.427.143	55,91%
Obras gerais	13.526	25,76%	815.851.712,55	24,15%	81.280.194	21,93%
Livros						
Religiosos	4.914	9,36%	323.193.630,89	9,60%	53.510.214	14,42%
Livros técnico-científicos	14.348	27,32%	508.295.279,34	15,05%	28.720.957	7,74%
Total do mercado	52.509	100%	3.376.240.854,18	100%	370.938.508	100%

**Figura 3 - O mercado de livros no Brasil – títulos, faturamento e número de exemplares vendidos (2008).**

Fonte: CBL; SNEL; FIPE, 2009.

Elaboração: GPOPAI-USP

Para o ano de 2014, O FNDE investiu R\$ 1,127 bilhão na aquisição de livros didáticos impressos e conteúdos multimídia. No total, foram comprados 137,8 milhões e exemplares, de 25 editoras, para os ensinos fundamental e médio (ABRE LIVROS, 2014). A Figura 4 ilustra os índices dos dados mencionados.

EDITORA	TIRAGEM 1º ao 5º Ano	TIRAGEM 6º ao 9º Ano	TIRAGEM Ensino Médio	TIRAGEM TOTAL	MARKET SHARE	TÍTULOS ADQUIRIDOS	TIRAGEM MÉDIA	CADERNOS TIPOGRÁFICOS	R\$ / CADERNO	R\$ / EXEMPLAR	MecDaisy e LIBRAS	OBJETOS DIGITAIS	VALOR TOTAL
ÁTICA	4.981.748	9.862.091	8.701.374	23.545.213	17,08%	247	95.325	451.029.301	0,3811	7,30	1.582.572,76	6.468.165,63	179.825.557,34
SCIPIONE	2.775.356	2.506.098	1.120.055	6.501.509	4,72%	215	30.240	110.882.256	0,4455	7,59	259.294,90	5.661.638,55	55.283.609,63
MODERNA	4.602.827	16.969.705	5.557.200	27.129.732	19,68%	287	94.529	513.213.360	0,3766	7,12	1.701.515,70	16.751.179,87	211.607.432,76
RICHMOND	0	0	2.424.586	2.424.586	1,76%	12	202.049	38.988.884	0,3766	6,05	0,00	0,00	14.669.993,55
FTD	6.587.759	17.670.013	2.237.281	26.495.053	19,22%	366	72.391	460.848.950	0,3800	6,61	2.434.530,61	11.282.180,46	188.839.312,07
SARAIVA	2.561.577	10.491.356	8.843.565	21.896.498	15,88%	394	55.575	397.392.224	0,3955	7,17	608.054,37	15.609.087,78	173.287.433,24
SM	1.488.702	5.068.388	945.253	7.502.343	5,44%	160	46.890	122.611.705	0,4355	7,11	273.008,99	6.830.797,23	60.466.803,47
UDP	0	2.922.326	0	2.922.326	2,12%	8	365.291	45.045.061	0,4355	6,71	30.728,75	0,00	19.644.978,89
DO BRASIL	1.028.441	3.843.120	917.583	5.789.144	4,20%	93	62.249	110.024.674	0,4788	9,09	242.048,78	0,00	52.885.120,25
IBEP	838.863	2.433.500	40.821	3.313.184	2,40%	142	23.332	52.716.290	0,7100	11,29	239.389,90	0,00	37.658.640,30
BASE	532.013	662.712	689.033	1.883.758	1,37%	91	20.701	24.159.713	0,7100	9,10	22.199,40	0,00	17.173.074,37
POSITIVO	1.000.779	1.020.108	188.685	2.209.572	1,60%	124	17.819	36.084.419	0,7733	12,62	125.435,85	0,00	28.017.245,75
TEXTO	314.812	1.670.744	0	1.985.556	1,44%	106	18.732	34.509.403	0,7900	13,73	320.191,41	3.228.701,64	30.808.178,82
MACMILLAN	0	0	1.942.509	1.942.509	1,41%	18	107.917	33.071.131	0,4766	8,11	0,00	0,00	15.757.349,95
ESCALA	698.519	352.964	252.196	1.303.679	0,95%	122	10.686	23.621.849	0,9200	16,67	183.563,83	655.832,10	22.571.496,78
LAFONTE	0	0	333.142	333.142	0,24%	6	55.524	4.507.862	0,9200	12,45	0,00	0,00	4.147.233,04
AJS	288	140.081	237.694	378.063	0,27%	28	13.502	8.331.804	0,9700	21,38	44.227,88	0,00	8.125.359,38
PEARSON	45.630	0	83.709	129.339	0,09%	22	5.879	1.982.850	1,0200	15,64	0,00	0,00	2.022.507,00
TERRA SUL	0	44.753	14.365	59.118	0,04%	14	4.223	880.170	1,2700	18,91	27.240,00	1.412.731,50	2.557.601,01
ZAPT	44.629	0	0	44.629	0,03%	6	7.438	721.010	1,2866	20,78	0,00	0,00	927.540,69
GRAFSET	32.595	0	0	32.595	0,02%	8	4.074	330.896	1,2700	12,89	0,00	0,00	420.017,37
SARANDI	22.977	0	0	22.977	0,02%	16	1.436	362.481	1,6600	26,19	0,00	0,00	601.717,63
DIMENSÃO	5.921	0	0	5.921	0,01%	23	257	69.730	2,1200	24,97	0,00	0,00	147.827,60
ESFERA	5.576	0	0	5.576	0,01%	2	2.788	66.918	1,4400	17,28	0,00	0,00	96.361,92
LÊ	2.036	0	0	2.036	0,001%	1	2.036	20.360	1,7500	17,50	0,00	0,00	35.630,00
TOTAL	27.571.048	75.657.959	34.629.051	137.858.058	100%	2.511	54.902	2.471.473.297	0,4255	7,63	8.094.003,13	67.900.314,76	1.127.578.022,81

**Figura 4 - Ensino Fundamental e Médio - Valores Negociados para Livros Impressos e Conteúdos Multimídia (PNLD - 2014)**

Fonte: FNDE; PNLD; 2014.

**Logística.** Em 2009, a distribuição era planejada e acompanhada por um sistema que simulava todas as etapas da operação. Com base nos cálculos, determinava-se

o melhor trajeto para os caminhões, a quantidade ideal de caixas a serem colocadas em cada um e o ritmo de produção dos livros pelas editoras. Mesmo com essa estratégia de distribuição, os livros eram impressos aos poucos, para evitar o armazenamento, o que sairia caro.

O que complica mais ainda a logística é o fato de cada escola receber uma encomenda diferente, pois os professores têm a liberdade de escolher os livros que vão adotar. Em 2009 foram 140 mil tipos de pacotes, entregues um a um. Pesam também contra o transporte de cargas no país as longas distâncias e a falta de infraestrutura. O péssimo estado de conservação das estradas aumenta ainda mais os custos e torna qualquer operação mais lenta e difícil (PROMENINO, 2014).

## **2.4 Recursos Educacionais Abertos**

Recursos Educacionais Abertos (REA), conforme a UNESCO/COL (2014), são:

(...) materiais de ensino, aprendizado e pesquisa em qualquer suporte ou mídia, que estão sob domínio público, ou que estão licenciados de maneira aberta, permitindo que sejam utilizados ou adaptados por terceiros. O uso de formatos técnicos abertos facilita o acesso e o reuso potencial dos recursos publicados digitalmente. Recursos Educacionais Abertos podem incluir cursos completos, partes de cursos, módulos, livros didáticos, artigos de pesquisa, vídeos, testes, software e qualquer outra ferramenta, material ou técnica que possa apoiar o acesso ao conhecimento (UNESCO/COL, 2014).

A premissa base dos REA é possibilitar uma aprendizagem baseada em recursos e resultados de avaliação, auxiliados por um processo de aprendizagem em que os processos sociais, validação e reflexão do conhecimento estão no cerne da educação, e os alunos tornam-se especialistas em julgamento, reflexão e inovação dentro de um domínio de conhecimento. A intenção dos REA é melhorar e inovar a qualidade da educação (UNESCO/COL, 2014) através de uma prática colaborativa na qual os recursos são compartilhados, pelo fato deles serem abertamente disponíveis, e as práticas pedagógicas serem empregadas com foco na interação social, na criação de conhecimento e no compartilhamento de práticas de ensino (WILEY, 2010). A seguir, serão apresentados os benefícios e problemas atuais para o uso de REA no Brasil.

### 2.4.1 Benefícios no uso de Recursos Educacionais Abertos

A grande vantagem dos Recursos Educacionais Abertos é que os mesmos não apresentam os problemas tradicionais do uso de livros didáticos impressos abordados na Seção 2.2. As principais características dos benefícios trazidos pelo uso de REA são (WILEY, 2010):

**Reuso.** O direito de reutilizar um conteúdo em sua forma original e fazer cópias do mesmo.

**Modificar.** O direito de adaptar, ajustar, modificar ou alterar o conteúdo em si, como por exemplo, traduzi-lo para outro idioma.

**Mixar.** O direito de combinar o conteúdo original ou modificado com outros conteúdos para criar algo novo.

**Redistribuir.** O direito de compartilhar cópias do conteúdo original, as modificações ou os remixes com outras pessoas.

Ainda segundo Santana et al (2012) existem mais três grandes vantagens na adoção de REA nas políticas de ensino público, que são:

**Redução de custos.** Diz respeito à otimização dos recursos públicos, uma vez que a adoção de REA tende a diminuir os gastos do governo com a logística de distribuição e impressão de livros impressos.

**Acesso.** Com o uso de REA, o acesso à conteúdos educacionais digitais torna-se facilitado pelo fato dos mesmos estarem disponíveis online. A compra de livros didáticos impressos também deixa de ser a principal forma de se acessar o conhecimento.

**Adaptação regional.** É a possibilidade de adaptar um determinado conteúdo educacional para uma realidade regional. Por exemplo, um professor do Acre pode gostar de um conteúdo educacional disponibilizado por um professor de São Paulo, e então adaptar esse conteúdo para a realidade do estado em que ele leciona, resultando assim em uma melhora do ensino para os alunos da região.

Outros benefícios potenciais do uso de REA, do ponto de vista de diferentes *stakeholders*, também foram compilados por D'Antoni (2009). A listagem desses benefícios para cada *stakeholder* é resumizada na Tabela 1.

**Tabela 1 - Benefícios de REA para diferentes *stakeholders*.**

<b>Stakeholder</b>	<b>Benefício</b>
Governo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O avanço e democratização do conhecimento para o benefício de todos.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar a participação no ensino, por meio da expansão do acesso aos conteúdos educacionais para os alunos.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incentivar a aprendizagem ao longo da vida.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminuir a lacuna entre a educação formal e informal.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminuição de gastos e melhor aproveitamento do dinheiro dos contribuintes, devido ao compartilhamento e reutilização de conteúdos educacionais digitais entre as instituições de ensino.</li> </ul>
Instituição de ensino	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compartilhar conhecimento é congruente com a tradição acadêmica.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A imagem pública da instituição pode ser melhorada e assim atrair novos alunos e investimentos.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fornecer recursos para estudantes e professores que apoiam um modelo de aprendizagem baseado na colaboração.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disseminar uma cultura em que os atuais alunos irão adotar uma postura de aprendizes ao longo da vida, sempre buscando aprimorar seus conhecimentos e buscar por novos (incentivo a criatividade, curiosidade e cientificidade).</li> </ul>
Educador (professor, pedagogo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ganho pessoal por meio da melhoria da reputação profissional.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Com a melhoria da reputação profissional, é possível se chegar a obter ganhos financeiros e também na carreira acadêmica.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar o intercâmbio com outros colegas no país, e também ao redor do mundo.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A possibilidade de construir uma nova metodologia pedagógica, permitindo que outras pessoas possam contribuir com a mesma.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deixar um legado após encerrar sua carreira como educador, por meio de metodologias pedagógicas elaboradas e pelo compartilhamento e disseminação de</li> </ul>

	conteúdos educacionais criados pelo educador.
Aluno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Um aluno com acesso à Internet pode acessar conteúdos educacionais de algumas das melhores universidades do mundo.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• REA podem promover uma aprendizagem informal, onde o autodidatismo pode ser fomentado.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os futuros alunos de uma instituição de ensino podem previamente acessar os conteúdos educacionais disponibilizados por ela, por meio de outras instituições ou mesmo pela Internet.</li> </ul>

#### 2.4.2 Problemas Relacionados ao uso de Recursos Educacionais Abertos

Mesmo com as vantagens apresentadas anteriormente, o uso amplo de REA, ou conteúdos educacionais digitais, no Brasil ainda apresenta dificuldades devido aos obstáculos listados a seguir.

i. **Baixa conectividade.** Cerca de 86% das escolas públicas urbanas que têm laboratório de informática possuem conexão de banda larga à Internet, mas a velocidade reduzida de navegação limita sua efetiva utilização. Segundo pesquisa do Centro de Estudos sobre as Tecnologias da Informação e da Comunicação, houve a constatação de que 57% das escolas públicas tinham internet sem fio contra 73% das escolas particulares. Para 78% dos diretores, 73% dos professores e 71% dos coordenadores das escolas públicas, a baixa velocidade de conexão dificultava muito o uso das tecnologias de informação e de comunicação (TICs) no processo pedagógico (CETIC, 2013).

ii. **Cobertura Wi-Fi precária.** Além do problema citado da baixa conectividade nas escolas da rede pública de ensino, as mesmas ainda contam com problemas referentes à cobertura Wi-Fi. Entre os fatores que tornam precária a cobertura Wi-Fi nas escolas, pode-se citar: o uso de rádios domésticos, que não atendem a demanda de um grande número de usuários conectados simultaneamente; e a própria estrutura física das salas de aula, que no caso de apresentarem paredes grossas, por exemplo, acaba por prejudicar a penetração da cobertura Wi-Fi dentro das salas.

iii. **Plataforma para armazenamento e compartilhamento de conteúdos.** A tecnologia atualmente usada nos portais permite o *download* dos recursos digitais disponíveis, entretanto não são utilizadas ferramentas que permitam o *upload* do conteúdo modificado nos portais, juntamente com uma estratégia de controle de versão, e que possuam padrões de interoperabilidade que facilitem o compartilhamento de recursos e a colaboração entre os usuários (SANTOS, 2013), permitindo assim a distribuição e acesso a conteúdos educacionais digitais.

## 2.5 Trabalhos Relacionados

O DSpace<sup>7</sup> é um sistema de repositório de conteúdos digitais que possibilita gerenciar complexos recursos em diferentes formatos digitais (AIFF, TIFF, RIFF, XML, PDF, além de arquivos de áudio, imagem e vídeo), com a finalidade de armazenar, indexar e distribuir os conteúdos digitais de ambientes acadêmicos (BLATTMANN; WEBER, 2008).

Segundo Smith et al. (2003), o sistema DSpace foi desenvolvido por meio de uma parceria entre as bibliotecas do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) e os laboratórios da *Hewlett-Packard* em novembro de 2002. Dentre suas características, o DSpace possui uma interface Web para sua utilização e é direcionado para o acesso aberto (software livre), e sua estrutura disponibiliza um modelo de informação organizacional configurável baseado em “comunidades” e coleções (VIANA; MÁRDERO ARELLANO, 2006).

O Edmodo<sup>8</sup> é uma plataforma de rede social, com fins educativos, de acesso livre baseada na tecnologia de *microblogging*, disponível em vários idiomas e com espaços customizados para a interação de professores e estudantes (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2012). A plataforma Edmodo, por se basear em um modelo de aprendizagem colaborativa, permite a interação entre professores e alunos, mantendo seus usuários conectados por meio de atividades e discussões com objetivos pedagógicos. Entre os seus recursos, o Edmodo disponibiliza uma área chamada “Biblioteca”, na qual os usuários podem armazenar e disponibilizar

---

<sup>7</sup> <http://www.dspace.org/> Acessado em: Novembro, 2014

<sup>8</sup> <https://www.edmodo.com/> Acessado em: Novembro, 2014

conteúdos educacionais. Além disso, o professor também pode criar e descrever atividades a destinados a um grupo, e determinar as datas de entrega por meio de um calendário (ROSATTO, 2012).

Desenvolvido para facilitar a comunicação entre professores e alunos, e possibilitar a distribuição e organização de atividades, o Google Classroom<sup>9</sup> é uma ferramenta que faz parte do Google Apps for Education<sup>10</sup>, que por sua vez é um conjunto de ferramentas oferecidas às instituições de ensino cadastradas e que permitem o armazenamento de dados, hospedagem de e-mails, agendas e calendários. O Google Classroom é um aplicativo gratuito oferecido a instituições de ensino, onde o professor pode gerenciar atividades, acompanhar em tempo real o andamento de cada aluno e saber quem a concluiu. Além disso, também é possível separar cada disciplina ou conteúdo em pastas diferentes. Já os alunos podem ver, em seu painel, as atividades enviadas pelo professor e terem acesso a conteúdos educacionais disponibilizados por ele (PORVIR, 2014).

A plataforma Moodle<sup>11</sup> (*Modular Object Oriented Distance Learning*) é uma sala de aula virtual onde o aluno tem a possibilidade de acompanhar as atividades do curso pela internet, sendo utilizado na educação como plataforma de gestão do ensino e aprendizagem (MEZZARI et al., 2012). O Moodle pode ser acessado em qualquer computador por meio da Internet. O Moodle tem duas funções primordiais para o docente. A primeira é servir como repositório de objetos de aprendizagem, ou conteúdos digitais, permitindo ao aluno ter acesso aos conteúdos disponibilizados pelos professores. A segunda função é ser um ambiente virtual para debates dentro e fora da sala de aula, por meio de fóruns e chats, auxiliando na interação entre o professor e o aluno (JACOBOSKI, 2012).

Os softwares acima descritos atuam como soluções direcionadas para a educação, aprendizagem e armazenamento de conteúdos educacionais para as instituições de ensino. Contudo, os usuários precisam estar conectados a Internet para acessarem os recursos disponibilizados nessas aplicações, sendo possível assim dizer que todos eles esbarram no problema relacionado à baixa conexão de Internet nas redes públicas de ensino, dificultando assim o uso dessas aplicações.

---

<sup>9</sup> <https://www.google.com/edu/products/productivity-tools/classroom/> Acessado em: Novembro, 2014

<sup>10</sup> <https://www.google.com/edu/products/productivity-tools/> Acessado em: Novembro, 2014

<sup>11</sup> <https://moodle.org/> Acessado em: Novembro, 2014

## 2.6 Sumário do Capítulo

Neste capítulo foi apresentada uma revisão dos conceitos de informática na educação e computação em nuvem. Além disso, foi detalhado o cenário atual da distribuição de recursos educacionais no Brasil, em especial os livros didáticos. Programas do governo brasileiro para a distribuição de livros didáticos nas redes públicas de ensino no país foram abordados, assim como os problemas existentes com a distribuição desses recursos educacionais, tais como direitos autorais dos livros didáticos, dificuldades para atualização de conteúdos e o alto custo com a logística de distribuição dos livros.

Também foi abordada a possibilidade de utilizar Recursos Educacionais Abertos (REA) como uma alternativa ao uso atual de livros didáticos. Os benefícios e as dificuldades encontradas na adoção de forma integral de conteúdos educacionais digitais, ou REA, foram abordadas. As dificuldades relacionadas ao uso de conteúdos educacionais digitais, tais como carência de banda larga na rede pública de ensino e a falta de uma plataforma eficiente para armazenamento e compartilhamento de conteúdos é o que motivou o desenvolvimento deste trabalho.

Alguns trabalhos relacionados baseados em softwares educativos disponíveis no mercado foram apresentados, porém a quantidade de soluções no mercado que poderiam sanar os problemas relacionados ao armazenamento e acesso a conteúdos educacionais é pequena, e ainda assim o uso desses softwares fica comprometido devido à carência de banda larga e baixa conectividade nas escolas.

Desta forma, é possível dizer que falta uma solução com foco não somente no armazenamento, compartilhamento e acesso a conteúdos educacionais digitais, mas que também possa abranger os obstáculos relativos à carência de banda larga nas redes públicas de ensino no Brasil, o que também motivou o desenvolvimento deste trabalho. No próximo capítulo será apresentada a solução proposta por esta dissertação, bem como os requisitos elicitados e a arquitetura da mesma.

### **3 PROPOSTA DE SOLUÇÃO PARA DISTRIBUIÇÃO DE CONTEÚDOS EDUCACIONAIS**

Neste capítulo será apresentada a proposta de solução desenvolvida nesta dissertação, além também do Ustore<sup>12</sup>, que é um sistema de armazenamento em nuvem privada, ao qual a solução está integrada. Serão apresentados também os requisitos elicitados que esta solução se propõe a resolver, bem como detalhes de como foram implementados.

É importante citar que o desenvolvimento da solução proposta neste trabalho está inserido em um projeto de pesquisa fomentado pelo FNDE e pela Rede Nacional de Ensino e Pesquisa<sup>13</sup>, o qual foi denominado Media Center FNDE, com a finalidade de atender os objetivos e hipóteses descritos nas Seções 1.2 e 1.3. O processo de desenvolvimento foi realizado por equipe técnica e de pesquisa da empresa Ustore, composta por engenheiros de software e analistas de suporte, alguns dos quais cursando ou já possuindo o título de Mestre ou Doutor.

O papel desempenhado pelo autor desta dissertação foi como líder de desenvolvimento e pesquisador de estratégias que possibilitassem alcançar os objetivos e hipóteses deste trabalho. Outra atividade desempenhada pelo autor foi à análise e desenvolvimento de uma arquitetura de software para a solução proposta, discutindo com a equipe de desenvolvimento quais tecnologias e abordagens utilizar para atender os requisitos necessários para a implementação de uma Nuvem Educacional. O autor também participou ativamente no desenvolvimento das aplicações Web da solução, além da integração dela com a plataforma de armazenamento de dados Ustore e seus componentes. A plataforma Ustore também precisou evoluir para atender as demandas da Nuvem Educacional Media Center (atividade na qual o autor também participou), como por exemplo, a implementação do componente Bridge, que será apresentado na Seção 3.3.1.6.

Dessa forma, a Seção 3.1 apresenta uma visão geral da solução proposta e seus principais componentes. Já na Seção 3.2 será apresentado um conjunto de

---

<sup>12</sup> <http://usto.re/> Acessado em: Julho, 2014.

<sup>13</sup> <http://www.rnp.br/> Acessado em: Novembro, 2014.

requisitos que serão abordados nesta proposta. Na seção 3.7 são apresentadas as tecnologias utilizadas para o desenvolvimento da solução a nível de software. Já para descrever a proposta detalhadamente é utilizado um método de descrição de Arquitetura de Software baseado em visões, conhecido como “4+1” (KRUCHTEN, 1995).

Seção 3.3.3 apresentará alguns dos principais casos de uso, ou cenários, de utilização desta solução proposta, do ponto de vista de secretarias de educação, gestores, pedagogos, professores e alunos. Na Seção 3.3.4 será apresentada a Visão Lógica, a partir de um ponto de vista funcional, relacionando os principais componentes, juntamente com suas responsabilidades e funcionalidades. Por sua vez, a Seção 3.4 apresentará a Visão de Processo, com os principais processos dos componentes de software da solução. A Seção 3.5 apresentará a Visão de Implementação, seguido da Seção 3.6 explicitando a Visão de Implantação.

### **3.1 Visão Geral da Nuvem Educacional Media Center**

Baseado nos objetivos e hipóteses que foram apresentados nos Capítulos 1 e 2, o presente trabalho propõe o conceito da plataforma de Nuvem Educacional Media Center, que é uma solução integrada de hardware e software para apoio ao aprendizado escolar. Os principais problemas que a proposta almeja solucionar são: a carência de cobertura Wi-Fi apropriada no ambiente escolar, à baixa velocidade das conexões Internet disponíveis nas escolas e a ausência de uma plataforma adequada à distribuição, compartilhamento e consumo de conteúdos educacionais digitais. A Nuvem Educacional Media Center soluciona estes três principais vetores com uma solução composta por:

**Pontos de Acesso (PA) Wi-Fi de alta cobertura, alta capacidade e alta velocidade.** São vários nós de rádio, de alta performance, que permitem que todos os tablets de alunos e professores possam se conectar em alta velocidade à rede da escola a partir de qualquer ponto: salas de aula, bibliotecas, salas dos professores e laboratórios, permitindo o acesso a conteúdos multimídia (vídeos, aulas, áudio) que estão disponíveis no Media Center da escola. Os PAs se encontram dentro de Boxes

que serão distribuídos pela instituição de ensino. Um Box, além de conter um PA, também possui um cache dos conteúdos mais acessados através dele nas requisições feitas ao Media Center, que será descrito a seguir.

**Media Center.** Equipamento hospedado dentro de cada escola, que atua como um servidor de cache dos conteúdos educacionais mais acessados na escola, e que permite o acesso local a centenas de gigabytes de arquivos. Aqui se encontra o Portal de acesso a objetos educacionais, onde conteúdos disponibilizados pelo MEC, secretarias de educação e pelos próprios professores e alunos das escolas podem ser pesquisados e acessados localmente, através dos Pontos de Acesso presentes na escola, sem a necessidade de conexões de Internet de alta velocidade. O link Internet da escola é utilizado pelo Media Center para sincronizar os conteúdos educacionais do mesmo com a Nuvem Central Privada.

**Nuvem Central Privada.** Módulo central de controle da plataforma, que possui um servidor de aplicação Web, fornecendo um Portal de acesso aos conteúdos educacionais, de forma similar ao Media Center, que permite que professores e pedagogos possam inserir e acessar seu conteúdo a partir de qualquer local (de suas casas, da secretaria de educação ou das escolas, por exemplo). Este módulo também mantém uma cópia de segurança dos principais dados hospedados nos Media Centers das escolas, além de também atuar como um servidor de cache dos conteúdos mais acessados pelos usuários. Sempre que um conteúdo é inserido na Nuvem Central por um professor, por exemplo, esse conteúdo é sincronizado com o Media Center da escola no qual ele leciona. Os alunos, por sua vez, podem consumir o conteúdo disponibilizado pelo professor para os seus tablets, através da conexão com algum dos Pontos de Acesso da escola.

A Nuvem Educacional Media Center conta ainda com uma plataforma de armazenamento e compartilhamento de conteúdo, o Ustore, que além de servir como repositório para os conteúdos educacionais das escolas e Nuvens Centrais, também provê um conjunto de funcionalidades que são utilizadas pela Nuvem Educacional Media Center com a finalidade de atender os objetivos traçados neste trabalho relacionados à distribuição, sincronização e acesso a conteúdos educacionais, o que permite, por exemplo, que professores compartilhem arquivos com alunos que, por sua vez, podem copiar estes arquivos para seus smartphones

ou tablets e visualizá-los em suas casas, permitindo o aprendizado personalizado, no ritmo de cada aluno e no local preferido, mesmo sem possuir conexão Internet de alta velocidade em suas residências, atendendo assim ao item iii, mencionado na Seção 2.4.2.

Para alcançar o principal objetivo ao qual a Nuvem Educacional Media Center se propõe, o qual foi descrito na Seção 1.2, uma arquitetura operacional de distribuição e configuração da infraestrutura da Nuvem Educacional foi projetada, levando em consideração as restrições identificadas na Seção 2.4.2. A Figura 5 ilustra o diagrama operacional da Nuvem Educacional.



**Figura 5 - Diagrama operacional da Nuvem Educacional.**  
Fonte: Autoria própria.

Conforme pode ser visualizado no Diagrama operacional da Nuvem Educacional Media Center, a qual utiliza os diversos Pontos de Acesso para fornecer a conectividade aos demais dispositivos clientes do Media Center da escola. Por meio destes dispositivos, é possível criar uma rede *mesh*, que é feita a partir de vários nós de rádio, que passam a se comportar como uma única e grande rede, possibilitando que o dispositivo cliente (tablet, notebook, smartphone, etc.) se conecte em qualquer um destes nós.

Dessa forma é possível transmitir dados de um nó para outro por diferentes caminhos. A área de cobertura Wi-Fi dos nós torna-se uma nuvem *mesh*. O acesso a esta nuvem é viável porque os nós de rádio trabalham em harmonia uns com os

outros, tornando possível a criação de uma rede de rádio coesa. Isso permite o acesso à cobertura Wi-Fi nas salas de aula, em ambientes de apoio a aprendizagem como a biblioteca ou auditórios, refeitórios e, claro, a rede do próprio Media Center, atendendo assim ao item ii mencionado na Seção 2.4.2. Entre as vantagens do uso de redes do tipo *mesh* está o fato de serem redes de baixo custo, fácil implantação e tolerantes a falhas (FARIAS, 2008).

O Media Center é o dispositivo que estará conectado a Internet e a partir dele toda Nuvem Educacional estará disponível para a escola. A partir dos algoritmos e tecnologias utilizadas na construção da Nuvem Educacional, a largura de banda disponível para a conexão do Media Center à Internet não se torna um fator impeditivo para a transferência de objetos educacionais para as escolas, o que atende ao item i, mencionado na Seção 2.4.2.

A Nuvem Educacional torna possível que alunos das escolas públicas vençam a barreira imposta pela carência de banda larga ao acesso de conteúdo de qualidade. Os Media Centers podem ser atualizados pela Nuvem Central e já contam com mais de 30.000 conteúdos educacionais do Portal do Professor e Portal do Domínio Público, ambos do MEC, e também conteúdos da Wikipedia<sup>14</sup> e do Khan Academy<sup>15</sup>, este último com seus conteúdos disponíveis por meio de uma parceira com o MEC e Fundação Lemann<sup>16</sup>, possibilitando assim que alunos tenham acesso a esses conteúdos dentro da plataforma.

A Nuvem Educacional Media Center visa o completo aproveitamento deste acervo e, além disso, ofertar a possibilidade e os meios para que professores, pedagogos e alunos da rede pública de ensino possam compartilhar entre si seus próprios conteúdos. Nas próximas seções deste capítulo serão apresentados mais detalhes sobre a Nuvem Educacional Media Center.

---

<sup>14</sup> <http://pt.wikipedia.org/> Acessado em: Agosto, 2014.

<sup>15</sup> <https://pt.khanacademy.org/> Acessado em: Agosto, 2014.

<sup>16</sup> <http://fundacaolemann.org.br/> Acessado em: Agosto, 2014.

## 3.2 Requisitos para uma Nuvem Educacional

A proposta desta Seção é discutir um conjunto de requisitos fundamentais que devem ser atendidos na implantação de uma plataforma de Nuvem Educacional. Os requisitos de um sistema são categorizados como Requisitos Funcionais (RFs) ou Requisitos Não-Funcionais (RNFs). É através de RFs que as funcionalidades do sistema são elencadas, descrevendo as operações que o mesmo deve prover, enquanto que os RNFs elencam restrições de qualidade que são atribuídas aos RFs (ULLAH; IQBAL; KHAN, 2011).

Analisando os problemas descritos na Seção 2.4.2 e o objetivo proposto neste trabalho, foi possível elicitar os Requisitos Funcionais e os Requisitos Não-Funcionais da Nuvem Educacional Media Center. Os requisitos detalhados a seguir.

### 3.2.1 Requisitos Funcionais

- **RF1 - Armazenamento de conteúdos educacionais digitais.** O Media Center da escola e a Nuvem Central deverão armazenar conteúdos digitais multimídias de diversos formatos de arquivo: documentos, imagens, vídeos, áudios, animações, jogos, etc.
- **RF2 - Acesso a Nuvem Educacional.** Permitir o acesso (login) dos usuários aos principais sistemas que compõem a solução integrada (Nuvem Central e Media Center da escola), através de um único identificador de usuário e de uma única senha.
- **RF3 - Acesso a conteúdos educacionais.** Deverá permitir aos usuários, através de conexão a rede sem fio da escola, acessar os Conteúdos Educacionais Digitais armazenados no Media Center da escola e poderão ser acessados por meio das estações de trabalho, notebooks e dispositivos móveis. No caso de acesso remoto que não seja a partir do Media Center da escola, ser possível ter acesso aos conteúdos educacionais a partir da Nuvem

Central.

- **RF4 - Visualização de conteúdos.** Uma vez que o usuário tenha acesso ao Media Center da escola, deverá ser possível a ele visualizar a lista de todos os conteúdos aos quais ele tenha permissão de acesso e a todos os conteúdos que sejam públicos.
- **RF5 - Visualização por tipo de conteúdo.** Deverá possibilitar visualização específica para cada tipo de conteúdo, como por exemplo: documentos, vídeos, áudio, imagens, páginas Web, etc.
- **RF6 - Informações sobre o conteúdo.** Na página de visualização o usuário poderá ter acesso às informações básicas do conteúdo como: nome, autor, data de publicação, sinopse, níveis/modalidades de ensino, componentes curriculares, assuntos e temas transversais relacionados, tamanho e idioma.
- **RF7 - Filtragem de conteúdos.** Deverá possibilitar a filtragem de conteúdos por níveis/modalidades de ensino, componentes curriculares, assuntos e temas transversais, formatos de arquivo e por palavras-chave.
- **RF8 - Busca de conteúdos.** Deverá possibilitar a busca de conteúdos relacionados a um termo utilizado para consulta ou palavras-chave.
- **RF9 - Ordenação de conteúdos.** O resultado da busca será apresentado em uma lista na qual o usuário poderá definir o tipo de ordenamento por avaliação do conteúdo, quantidade de acesso e data de atualização.
- **RF10 - Descarga de conteúdo.** Deverá permitir a descarga (download) de conteúdos do Media Center da escola e da Nuvem Central para o dispositivo (PC, notebook, tablet, smartphone) do usuário.
- **RF11 - Carregar conteúdo.** Deverá possibilitar que novos conteúdos sejam carregados (upload/backup) no Media Center da escola e na Nuvem Central,

pelos usuários que tenham permissão para isso, tais como professores e pedagogos.

- **RF12 - Compartilhamento de conteúdo.** Um usuário com permissão para carregar conteúdo no Media Center da Escola ou na Nuvem Central deve poder compartilhar seus conteúdos com outros usuários de sua escola.
- **RF13 - Tornar conteúdo público.** Deve ser possível tornar público um determinado conteúdo, para que todos os usuários do Media Center da escola, ou da Nuvem Educacional, tenham acesso a ele.
- **RF14 - Distribuição e sincronização de conteúdos a partir da Nuvem Central.** Deverá possibilitar a atualização dos conteúdos existentes e a aquisição de novos conteúdos nas escolas, que possuam conexão com a internet, através do sincronismo com o repositório de conteúdos da Nuvem Central de Dados.
- **RF15 - Distribuição e sincronização de conteúdos a partir do Media Center.** A plataforma de Nuvem Educacional deverá possibilitar o sincronismo dos arquivos de dados armazenados localmente no Media Center da escola com a Nuvem Central de Dados, para que esta possa ter replicas dos conteúdos do Media Center no repositório de conteúdos central.
- **RF16 - Sincronização de conteúdos em dispositivos móveis.** Quando os aplicativos para dispositivos móveis da solução se conectarem a rede local da escola, deverão poder sincronizar dados e conteúdos com o Media Center da escola.
- **RF17 - Gerenciamento da Nuvem Educacional.** Possibilitar o gerenciamento de toda a Nuvem Educacional de forma centralizada (Nuvem Central de Dados e Media Centers). Esse gerenciamento escolas e conteúdos armazenados no repositório central de conteúdos educacionais digitais. Para implementar esse requisito, é necessário um módulo para Gestão da Nuvem

Educacional.

- **RF18 - Gerenciamento de Usuários.** Possibilitar o gerenciamento de usuários de uma determinada escola ou da Nuvem Central. Para implementar esse requisito, é necessário um módulo para Gestão da Nuvem Educacional.
- **RF19 - Monitoramento da Nuvem Educacional.** Possibilitar o monitoramento de toda a Nuvem Educacional Media Center de forma centralizada (Nuvem Central de Dados e Media Centers). Alguns itens a serem monitorados seriam, por exemplo, a disponibilidade da plataforma e o consumo de CPU nos servidores.
- **RF20 - Distribuição e sincronização de conteúdos a partir do aplicativo de Gestão.** No aplicativo de Gestão da Nuvem Educacional, deverá ser possível selecionar novos objetos pedagógicos armazenados no repositório da Nuvem Central de Dados, para distribuir e sincronizar com os repositórios locais dos Media Centers das escolas.
- **RF21 - Integração de usuários com Secretaria de Educação.** O banco de usuários da Nuvem Educacional Media Center deverá estar integrado ao banco de usuários da Secretária de Educação do estado na qual a nuvem educacional esteja implantada.
- **RF22 - Perfis de usuários.** Diferenciar usuários por perfis, como por exemplo, perfis do tipo Estudante, Professor, Pedagogo e Gestão, de forma que o sistema se comporte de acordo com as permissões e restrições de cada um desses perfis, sem que haja necessidade de versões diferentes da solução para os diferentes tipos de usuários.
- **RF23 - Gerenciamento de estruturas.** A Nuvem Educacional Media Center deve permitir que novas estruturas possam ser acrescentadas ao gerenciamento do sistema e essas estruturas possam se refletir nas telas de interface com o usuário, como por exemplo a criação de cursos, módulos,

turmas, disciplinas e etc.

- **RF24 - Customização de interface Web.** As aplicações Web que integram a Nuvem Educacional Media Center deverão ter suas interfaces adaptáveis para permitir o acesso por meio de dispositivos móveis.
- **RF25 - Relatórios.** Devem ser disponibilizados para usuários com perfil de gestão da plataforma, relatórios contendo informações sobre os conteúdos educacionais mais acessados e outros de relevância para a gestão da plataforma.

### 3.2.2 Requisitos Não-Funcionais

- **RNF1 - Portabilidade.** Possuir uma versão Web para ser acessada pela internet através de navegadores e um aplicativo para dispositivos móveis tipo tablete.
- **RNF2 - Conectividade.** A estratégia de infraestrutura de rede adotada pela Nuvem Educacional Media Center deve assegurar que a conectividade seja suficiente para o uso eficaz das aplicações Web e mobile e para o consumo dos conteúdos educacionais disponíveis no Media Center da escola.
- **RNF3 - Disponibilidade.** Os repositórios de conteúdos educacionais do Media Center da Escola e da Nuvem Central devem estar sempre disponíveis, caso ocorra alguma interrupção eles devem ser restaurados o mais rapidamente possível.
- **RNF4 - Segurança.** Deverá ser o mais seguro possível, para evitar que pessoas não autorizadas acessem os conteúdos educacionais disponíveis na plataforma e o próprio sistema.
- **RNF5 - Usabilidade.** O sistema deve fornecer uma interface gráfica com

componentes intuitivos para realizar as funcionalidades. As versões Web e mobile da Nuvem Educacional Media Center deverão respeitar as denominações, categorizações e conceitos visuais definidos pela secretaria de educação do estado no qual a nuvem educacional esteja implantada.

- **RNF6 - Desempenho.** Garantir o acesso simultâneo de vários usuários, sem perda de performance.
- **RNF7 - Modularidade.** As aplicações Web e mobile da Nuvem Educacional Media Center devem ser bem estruturadas, com módulos apresentando baixo acoplamento para permitir uma fácil manutenção e extensão de código.
- **RNF8 - Privacidade.** A Nuvem Educacional Media Center não disponibilizará ao usuário quaisquer dados ou conteúdos de cunho privativo de outro usuário, com exceção de conteúdos públicos ou compartilhados, ou se o usuário possuir permissões de gestão da plataforma, tendo assim acesso a todos ou determinados conteúdos armazenados na Nuvem Educacional.
- **RNF9 - Integração.** A Nuvem Educacional, que contempla Media Center e Nuvem Central, deve poder se integrar a plataforma de armazenamento de dados adotada na solução.

### 3.2.3 Sumário dos Requisitos

A Tabela 2 ilustra um sumário dos requisitos que foram apresentados. Os requisitos na situação “Alcançado” significa que foram completamente implementados e avaliados, já aqueles na situação “Parcialmente Alcançado” foram implementados, entretanto não foram avaliados ou precisam de melhorias. Os requisitos na situação “Não Alcançado” ainda não foram implementados.

Tabela 2 - Sumário com a situação dos requisitos apresentados.

<b>Requisito</b>	<b>Situação</b>
RF1 - Armazenamento de conteúdos educacionais digitais	Alcançado
RF2 - Acesso a Nuvem Educacional	Alcançado
RF3 - Acesso a conteúdos educacionais	Alcançado
RF4 - Visualização de conteúdos	Alcançado
RF5 - Visualização por tipo de conteúdo	Alcançado
RF6 - Informações sobre o conteúdo	Alcançado
RF7 - Filtragem de conteúdos	Alcançado
RF8 - Busca de conteúdos	Alcançado
RF9 - Ordenação de conteúdos	Não Alcançado
RF10 - Descarga de conteúdo	Alcançado
RF11 - Carregar conteúdo	Alcançado
RF12 - Compartilhamento de conteúdo	Alcançado
RF13 - Tornar conteúdo público	Alcançado
RF14 - Distribuição e sincronização de conteúdos a partir da Nuvem Central	Alcançado
RF15 - Distribuição e sincronização de conteúdos a partir do Media Center	Parcialmente Alcançado
RF16 - Sincronização de conteúdos em dispositivos móveis	Alcançado
RF17 - Gerenciamento da Nuvem Educacional	Parcialmente Alcançado
RF18 - Gerenciamento de Usuários	Alcançado
RF19 - Monitoramento da Nuvem Educacional	Não Alcançado
RF20 - Distribuição e sincronização de conteúdos a partir do aplicativo de Gestão	Não Alcançado
RF21 - Integração de usuários com Secretária de Educação	Não Alcançado
RF22 - Perfis de usuários	Alcançado
RF23 - Gerenciamento de estruturas	Alcançado
RF24 - Customização de interface Web	Alcançado
RF25 - Relatórios	Alcançado
RNF1 - Portabilidade	Alcançado
RNF2 - Conectividade	Alcançado
RNF3 - Disponibilidade	Alcançado
RNF4 - Segurança	Parcialmente Alcançado
RNF5 - Usabilidade	Alcançado
RNF6 - Desempenho	Parcialmente Alcançado
RNF7 - Modularidade	Alcançado
RNF8 - Privacidade	Alcançado
RNF9 - Integração	Alcançado

Ao analisar a Tabela 2, dos 25 Requisitos Funcionais apresentados, 19 foram implementados e avaliados, enquanto 2 ainda estão em desenvolvimento ou precisam de melhorias, e 4 ainda não foram implementados. Em relação aos

Requisitos Não-Funcionais, dos 9 propostos a implementação da solução, 7 foram implementados e avaliados, enquanto 2 ainda precisam de melhorias.

### **3.3 Arquitetura da Nuvem Educacional Media Center**

A Arquitetura de Software lida com a concepção e implementação da estrutura de alto nível do software. Ela oferece um maior entendimento da aplicação por dividi-la em um conjunto de componentes que interagem entre si para realizar parte de uma ou várias funcionalidades do sistema (Garlan; Shaw, 1994).

Baseado no conjunto de requisitos que foi definido na Seção 3.2, esta Seção visa descrever a implementação de uma Arquitetura de Software para a Nuvem Educacional Media Center, cujo diagrama operacional foi ilustrado na Seção 3.1. A seguir é apresentada a arquitetura do Ustore, que é a plataforma de armazenamento e compartilhamento de dados que está integrada à solução, já para descrever a Arquitetura da Nuvem Educacional Media Center, é utilizado um método de descrição de Arquitetura de Software inspirado em uma metodologia de visões, conhecida como “4+1”.

#### **3.3.1 Ustore**

O Ustore é uma ferramenta de armazenamento em nuvem baseada em uma arquitetura P2P híbrida que tem como objetivo armazenar dados com baixo custo e de forma que os mesmos não se tornem indisponíveis com eventuais problemas na rede (ASSAD et al., 2012). O Ustore tem como propósito a realização de backups de dados em nuvens privadas. As empresas podem usar parte da área de armazenamento do disco que está ociosa nos seus computadores, os quais serão utilizados como peers de dados, para criar uma nuvem de dados interna e ter maior controle sobre seus dados.

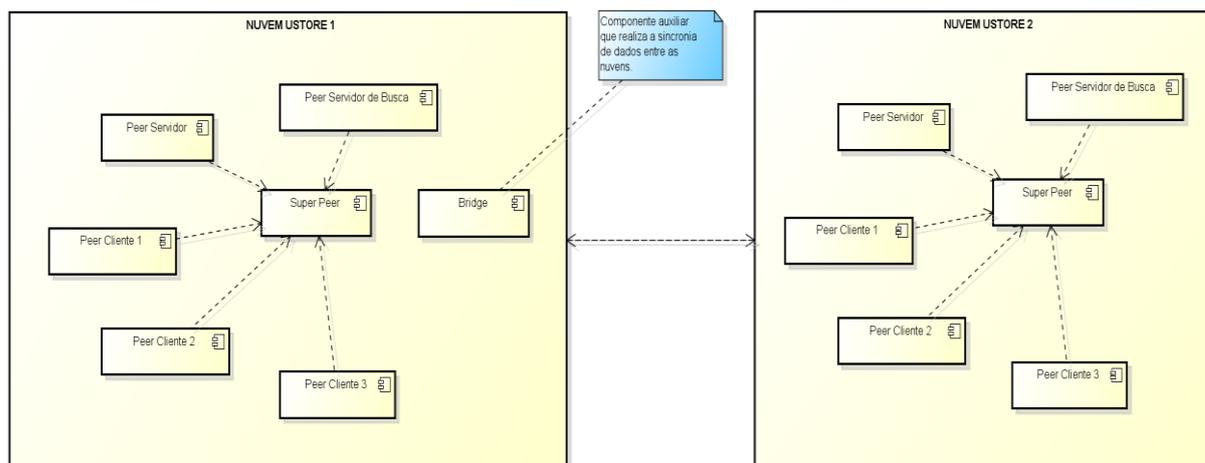
Os dados a serem armazenados são quebrados em pedaços menores de

tamanho pré-definido, chamados de chunks. Os chunks são armazenados em outros peers da rede, desde que eles possuam espaço livre em disco suficiente para serem compartilhados.

### **3.3.1.1 Arquitetura do Ustore**

A arquitetura do Ustore consiste de uma arquitetura P2P híbrida em três camadas, onde há peers representando papéis distintos compondo a solução final. Os peers são agrupados em federações de dados, o que traz diversas vantagens, como: minimizar a sobrecarga na rede, em cada peer e reduzir a quantidade de mensagens trocadas. Este agrupamento permite uma maior escalabilidade do sistema, já que não há limites para a quantidade de federações criadas (DURÃO et al., 2013).

A plataforma Ustore funciona como um ambiente de computação em nuvem para a realização de atividades essenciais de backups, sincronização e compartilhamento de grandes volumes de dados. Para isto ele utiliza uma arquitetura P2P híbrida estruturada que possibilita a distribuição do processamento, uma vez que os componentes estão fisicamente distribuídos. Entretanto, por se tratar de uma arquitetura híbrida P2P estruturada e multicamadas, o sistema possui uma distribuição dita horizontal. Nesta distribuição horizontal, em uma rede P2P, um cliente ou um servidor podem estar fisicamente divididos em partes logicamente equivalentes, onde cada um opera sobre a sua própria porção dos dados, o que propicia um balanceamento da carga. A Figura 6 demonstra um exemplo da arquitetura da plataforma Ustore.



**Figura 6 - Arquitetura da plataforma Ustore.**

Nas subseções a seguir, maiores detalhes sobre cada componente são fornecidos.

### 3.3.1.2 Super Peers

Os super peers funcionam como elementos de referência para os demais componentes da arquitetura, sendo a porta de entrada para a participação de servidores, e clientes no sistema. O papel do super peer é definir as federações de dados quando cada cliente solicita conexão à rede. Para isto, os super peers devem ter sua localização previamente conhecida por todos os demais peers por meio de uma pré-configuração. Também é papel deste tipo de peer, escolher dinamicamente os clientes e servidores das federações baseando-se em um algoritmo de proximidade (DUARTE, 2010). O agrupamento em federações permite o crescimento elástico e garante a escalabilidade do sistema, pois não existe um limite para a quantidade de federações que podem ser criadas.

### 3.3.1.3 Peers Servidores

Os peers servidores são aqueles que oferecem um conjunto (ou subconjunto) de

uma lista existente de serviços. Na ordem de configuração do Ustore, os servidores são os componentes que devem ser executados logo após a inicialização dos super peers. Super peers estabelecem um esquema de sincronização, fazendo com que a lista de servidores em cada um deles seja atualizada, quando da entrada ou saída de um peer servidor.

Um peer servidor pode prover um ou mais serviços da rede, sendo assim, da mesma forma que na criação de federações de dados, pode-se iniciar peers servidores sobre demanda aumentando a escalabilidade e elasticidade do sistema.

#### **3.3.1.4 Peers Clientes**

Os peers clientes, ou simple peers, são aqueles que armazenam os chunks dos arquivos e, através deles, o usuário pode solicitar operações de backup e recuperação de arquivos. Cada cliente possui um perfil que define a sua disponibilidade e que lhe é atribuído quando de sua conexão com o sistema. Esta disponibilidade é relacionada ao período de tempo em que o peer esteja disponível para compartilhar dados.

Depois que um cliente se autentica na rede, ele pode salvar os dados que desejar. Estes dados são quebrados em chunks de tamanho pré-definido e enviados para que outros clientes que estão conectados os armazenem. Estes são escolhidos através de um algoritmo estatístico que localiza quais são os clientes que possuem o horário de funcionamento similar ao cliente inicial, desta forma o Ustore garante a disponibilidade dos dados no horário estipulado (DUARTE, 2010). Os chunks são espalhados na rede e somente o servidor possui as informações necessárias para remontá-los e, como forma de garantir uma maior disponibilidade, são replicados dentro da própria rede.

#### **3.3.1.5 Peers Servidores de Busca**

Os peers servidores de busca são os peers responsáveis por armazenar os índices

do conteúdo de cada arquivo, e atender as requisições de busca solicitadas ao Ustore. A busca de um determinado arquivo é efetuada através da consulta, por meio de um termo de busca informado, que irá fazer referência ao índice que foi gerado após a extração de metadados e do conteúdo do arquivo no peer cliente em que foi realizado o backup. Os metadados nos índices possuem atributos referentes ao nome do arquivo, extensão, proprietário do arquivo, etc. Os índices gerados no peer cliente são enviados ao servidor de busca por meio de uma mensagem JXTA<sup>17</sup> assíncrona através da rede.

### **3.3.1.6 Bridge**

O Bridge é um componente auxiliar da plataforma Ustore responsável pela sincronização de dados entre nuvens diferentes. Uma nuvem, com uma instância da plataforma Ustore e através do componente Bridge, pode tanto enviar como também requisitar dados de outra nuvem para que estas se mantenham em estado de sincronia. Para realizar isso, o Bridge alocado em uma nuvem fica observando o estado de outra, e ao identificar novos dados armazenados ou mesmo modificados, faz o download desses dados pertencentes à outra nuvem, fazendo em seguida backup destes. A operação de sincronia traz também os índices de busca e informações de compartilhamento referentes os arquivos, para serem replicadas na nuvem que fez a requisição.

### **3.3.1.7 Considerações Finais sobre o Ustore**

Como citado anteriormente, os peers são agrupados em federações de dados. O objetivo de agrupa-los desta forma é minimizar a sobrecarga na rede, a sobrecarga em cada peer, a quantidade de mensagens trocadas e permitir que uma federação desempenhe o papel de backup de outra federação. O agrupamento dos peers em federações obedece ao seguinte critério: proximidade, perfil de cada peer, latência

---

<sup>17</sup> <https://jxta.kenai.com/> Acessado em: Novembro, 2014.

de rede, latência da federação, georreferenciamento, capacidade de cada peer e capacidade final da federação e é definido pelos super peers. O agrupamento em federações permite o crescimento elástico e escalabilidade para o sistema, pois não existe limite para a quantidade de federações que podem ser criadas. Os peers se comunicam utilizando o protocolo JXTA, que é um projeto de software livre de protocolos P2P baseados em mensagens XML para o desenvolvimento de aplicativos distribuídos, permitindo que qualquer dispositivo conectado em uma rede, independente de sua plataforma, natureza, ou protocolo de rede possa interagir, compartilhar recursos, e formar uma rede distribuída, descentralizada e cooperativa (Heiss, 2005). Opcionalmente os peers podem ofertar uma interface de serviço implementada no estilo arquitetural REST (FIELDING, 2000) para permitir a interoperabilidade com outras aplicações.

Neste contexto, pode-se enxergar a plataforma Ustore como sendo um sistema que permite a utilização dos recursos ociosos nos discos nos computadores que possuem o software instalado. Este sistema também pode ser visto como uma plataforma de armazenamento em nuvem. Sendo assim, se pode ofertar o uso desta plataforma como sendo um serviço (PaaS) na nuvem para professores que necessitam distribuir seus materiais de sala de aula ou até provedores de conteúdo educacionais possam distribuir seu conteúdo para institutos de ensino por todo o Brasil.

### **3.3.2 Metodologia “4+1”**

Visando descrever a arquitetura da nuvem central, de forma que seja legível para os mais variados stakeholders, é proposta uma descrição de arquitetura de software inspirada em uma metodologia de visões chamada “4+1” (KRUCHTEN, 1995). A integração dessas visões é demonstrada na Figura 7.



Figura 7 - Integração das visões do modelo “4+1”.

Este uso de múltiplas visões permite abordar separadamente as preocupações de vários *stakeholders* da arquitetura: usuários finais, desenvolvedores, engenheiros de sistemas, gerentes de projetos, entre outros; e permite avaliar separadamente os requisitos funcionais e não funcionais. Estas visões abordam aspectos de relevância arquiteturais sob diferentes perspectivas:

**Visão de caso de uso.** Descreve as funcionalidades que o sistema deve possuir. É considerada o ponto de partida e também de consolidação das outras visões.

**Visão lógica.** Concentra-se nas funcionalidades que o sistema irá disponibilizar para o usuário final. Entre os principais elementos estão os módulos, os componentes, os pacotes e as classes principais da aplicação.

**Visão de processo.** Apresenta os aspectos de concorrência e sincronização do sistema, mapeando os elementos da visão lógica para processos, threads e tarefas de execução.

**Visão de implementação.** Aborda os aspectos relativos à organização do código fonte do sistema, padrões arquiteturais utilizados, orientações e as normas para o desenvolvimento do sistema.

**Visão de implantação.** Apresenta as configurações de hardware e o mapeamento dos elementos de software para os elementos de hardware no ambiente do sistema.

No contexto de nuvem educacional, diferentes *stakeholders* são envolvidos no processo de criação de uma solução eficiente, por exemplo, pedagogos, secretários de educação, gestores de tecnologia, professores, alunos e desenvolvedores. Logo, o método utilizado para a descrição da arquitetura da Nuvem Educacional Media Center, inspirado na metodologia “4+1”, tem a finalidade de contribuir no entendimento por estes diferentes *stakeholders*.

### **3.3.3 Visão de Caso de Uso**

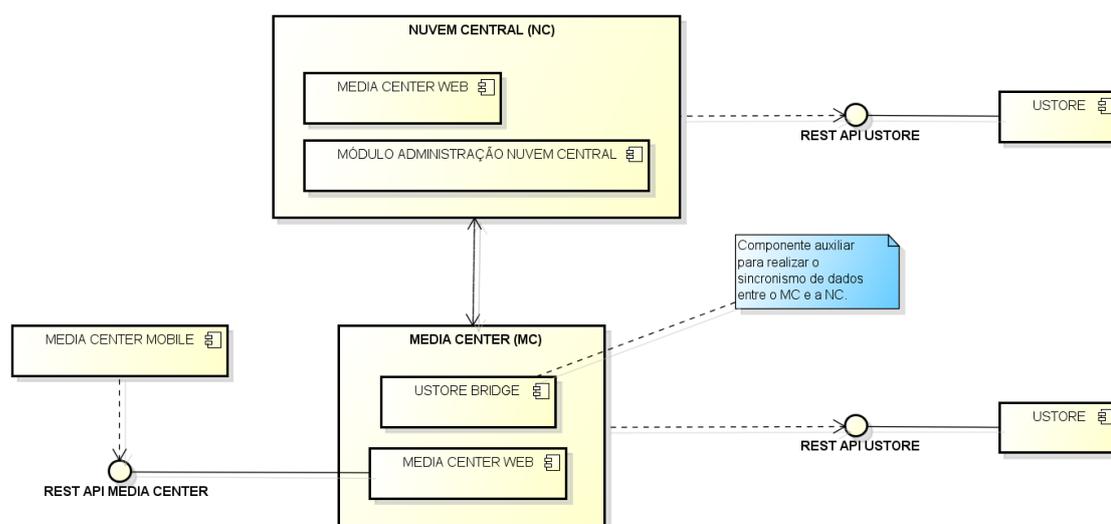
Uma solução abrangente como a Nuvem Educacional deve atender às expectativas dos maiores beneficiários da plataforma (alunos e professores) e também dos patrocinadores e mantenedores da solução, tais como: secretários de educação, gestores de contratos e a própria equipe de desenvolvimento da Nuvem Educacional Media Center.

A metodologia adotada para o plano de requisitos, implementação e acompanhamento de execução da solução é baseada no desenvolvimento ágil. As histórias de usuários levantadas são descritas a seguir e constituem um escopo almejado para vários ciclos do projeto. A lista de histórias relacionadas nesta seção tenta ser a mais extensa possível, não significando um compromisso por parte do presente trabalho em executar todos os pontos listados, mas apenas a apresentação de uma visão detalhada de vários pontos de vista que podem vir a compor uma solução completa.

As Histórias de Usuários, que estão listadas no apêndice A.1, foram agrupadas de acordo com os perfis dos usuários em questão para facilitar a discussão sobre as funcionalidades e detalhamentos de implementação, e também representam o ponto de vista dos vários perfis de usuários e as expectativas destes para com o uso da plataforma.

### 3.3.4 Visão Lógica

Esta Seção demonstra a organização da plataforma Nuvem Educacional Media Center a partir de um ponto de vista funcional. Os principais elementos, como módulos e componentes principais são especificados. A Figura 8 ilustra a arquitetura do ponto de vista lógico.



**Figura 8 - Visão lógica da Arquitetura de Software da solução proposta.**

As subseções seguintes explicitarão cada componente, ressaltando a responsabilidade e funcionalidades de cada um.

#### 3.3.4.1 Nuvem Central (NC)

A Nuvem Central é composta pelo Media Center Web e pelo Módulo de Administração da Nuvem Central, que serão descritos nas próximas subseções, e executados juntos a uma instância da plataforma Ustore. Ela é responsável por manter grandes bancos de dados de conteúdos educacionais e repassá-los aos Media Centers das escolas, além de também armazenar os conteúdos destes últimos, oferecendo assim sincronia e backup de dados. A interface de acesso à Nuvem Central é através do Media Center Web. Através dele, é possível manipular o

conteúdo armazenado.

Por meio da Nuvem Central um professor pode, por exemplo, subir um novo conteúdo e compartilhar com a turma na qual ele leciona na escola, que posteriormente será sincronizado com o Media Center da escola, permitindo assim que os alunos da turma com a qual ele compartilhou o conteúdo pela Nuvem Central tenham acesso a este.

#### **3.3.4.2 Módulo de Administração da Nuvem Central**

Esse módulo é uma aplicação Web executada na Nuvem Central e que é acessada por usuários com perfil administrativo na Nuvem Educacional Media Center. Atualmente, nesse módulo, é possível realizar operações de gerenciamento de usuários que pertençam a alguma escola afiliada, como também cadastrar escolas e dar acesso a elas para se conectarem a Nuvem Central.

Também é possível criar turmas, cursos, períodos, disciplinas e fazer ligações entre elas através do gerenciamento de estruturas. O gerenciamento de estruturas permite que uma escola, ou uma instituição de ensino, crie estruturas customizadas para a sua realidade ou metodologia educacional utilizada no estabelecimento. Por exemplo, para uma escola de nível médio pode-se criar estruturas do tipo série, turma e disciplina, enquanto uma instituição de nível superior pode contemplar estruturas do tipo curso, período e disciplina.

Outra funcionalidade útil é a visualização de relatórios para os arquivos ou conteúdos mais acessados na Nuvem Educacional. As opções para visualização desses relatórios contemplam os mais acessados do mês atual, entre determinadas datas, ou mesmo desde a implantação da Nuvem Educacional. Uma finalidade relevante para esses relatórios é saber, por exemplo, quais são os professores que criam e disponibilizam os conteúdos mais acessados em uma determinada escola, de forma que esses conteúdos podem vir a serem selecionados pela secretaria de educação de um estado, e disponibilizados para todas as escolas que participem da Nuvem Educacional. Outros relatórios para auditoria da plataforma, de usuários e de escolas deverão ser implementados no futuro.

Uma escola ou instituição de ensino pode vir a ter o interesse de acessar links externos com outros conteúdos educacionais disponíveis. Isso pode ser feito pela criação de links, ou mesmo grupo de links, disponíveis nesse módulo. Esses links podem ser visualizados na tela principal do Módulo Media Center Web. Links internos para conteúdos educacionais presentes na plataforma também podem ser criados, como é o caso dos conteúdos da Wikipedia e Khan Academy, que estão disponíveis dentro da plataforma. A Figura 9 apresenta uma tela do Módulo de Administração da Nuvem Central.

Mídia Center - Administração		Sair	
Usuários <a href="#">Criar</a> <a href="#">Listar</a> Links <a href="#">Criar Link</a> <a href="#">Listar Links</a> <a href="#">Criar Grupo de Links</a> <a href="#">Listar Grupo de Links</a> Gerenciar Estrutura <a href="#">Criar Estrutura</a> <a href="#">Listar Estruturas</a> Escolas <a href="#">Criar Escola</a> <a href="#">Listar Escolas</a> Relatórios <a href="#">Arquivos mais acessados</a>	Usuários		
	<b>Nome</b>	<b>Entrar</b>	<b>Ações</b>
	Administrador	administrador@usto.re	<a href="#">🔍</a> <a href="#">✉️</a> <a href="#">🗑️</a>
	Pedagogo	pedagogo@usto.re	<a href="#">🔍</a> <a href="#">✉️</a> <a href="#">🗑️</a>
	Gestor	gestor@usto.re	<a href="#">🔍</a> <a href="#">✉️</a> <a href="#">🗑️</a>
	Professor 1	professor1@usto.re	<a href="#">🔍</a> <a href="#">✉️</a> <a href="#">🗑️</a>
	Professor 2	professor2@usto.re	<a href="#">🔍</a> <a href="#">✉️</a> <a href="#">🗑️</a>
	Professor 3	professor3@usto.re	<a href="#">🔍</a> <a href="#">✉️</a> <a href="#">🗑️</a>
	Professor 4	professor4@usto.re	<a href="#">🔍</a> <a href="#">✉️</a> <a href="#">🗑️</a>
	Professor 5	professor5@usto.re	<a href="#">🔍</a> <a href="#">✉️</a> <a href="#">🗑️</a>
	Aluno 1	aluno1@usto.re	<a href="#">🔍</a> <a href="#">✉️</a> <a href="#">🗑️</a>
	Aluno 2	aluno2@usto.re	<a href="#">🔍</a> <a href="#">✉️</a> <a href="#">🗑️</a>
	<a href="#">Anterior</a> <a href="#">Exibindo 1 to 10 of 13</a> <a href="#">Próximo</a>		

**Figura 9 - Módulo de Administração da Nuvem Central.**

### 3.3.4.3 Media Center (MC)

O Media Center é o componente da Nuvem Educacional Media Center que fica alocado na escola que está afiliada a uma Nuvem Central. O Media Center é composto pelo Media Center Web e por um componente auxiliar pertencente à plataforma do Ustore, chamado Bridge, que foi descrito na Seção 3.3.1.6.

O Media Center de uma escola se comunica com a Nuvem Central para realizar sincronia de dados, em geral em busca de novos conteúdos disponibilizados pela Nuvem Central, através do componente Bridge, o qual quando identifica novos

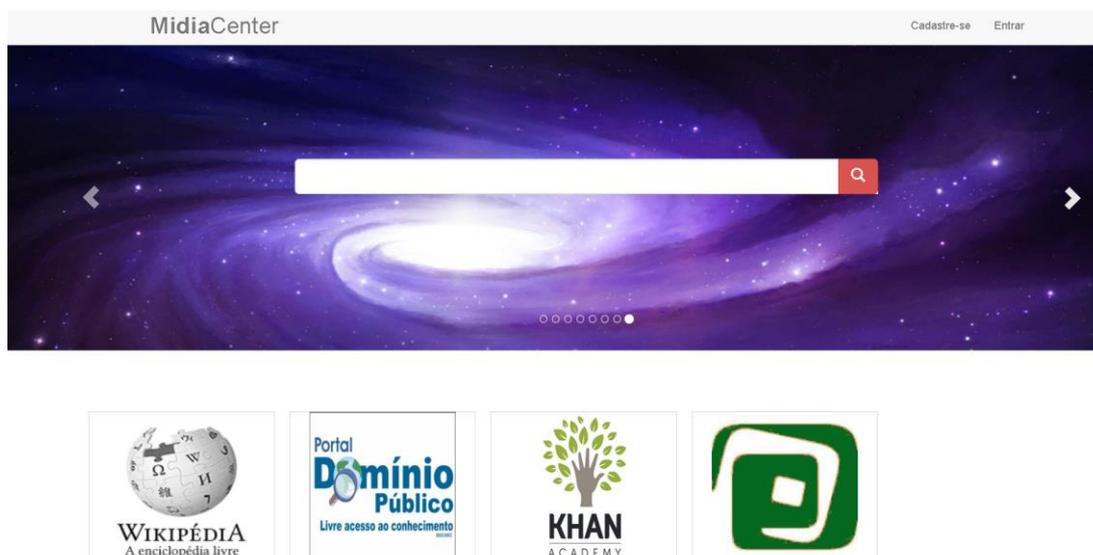
conteúdos públicos ou compartilhados pela Nuvem Central, realiza o sincronismo desses conteúdos com o Media Center da escola. Esse componente também disponibiliza um portal de acesso aos conteúdos educacionais disponíveis na plataforma, o Media Center Web, que será descrito na próxima subseção.

#### **3.3.4.4 Media Center Web (MCW)**

É uma aplicação Web que oferece ao usuário uma interação personalizada para manipular conteúdos educacionais. Cada perfil de usuário, como aluno, professor, gestor ou pedagogo, possui uma interface própria para acesso às funcionalidades da plataforma e também aos conteúdos. A aplicação permite, por exemplo, que professores se cadastrem e subam conteúdos educacionais para as turmas na qual leciona, e que poderão ser acessados pelos alunos que façam parte das turmas. Todo conteúdo disponível no MCW é armazenado em uma respectiva instância da plataforma Ustore. A plataforma Ustore dispõe de uma API RESTful para subir, descarregar, compartilhar, buscar e remover conteúdo da plataforma. Esta API é utilizada pelo MCW para se comunicar com o Ustore e manipular os conteúdos educacionais armazenados neste último.

O MCW também dá suporte a metadados para novos conteúdos. Ao adicionar um novo conteúdo, por exemplo, um professor pode fornecer informações sobre esse conteúdo, como título, descrição e área de conhecimento. Essas informações irão servir como metadados e poderão ser utilizados em requisições de busca por alunos da escola. Outros metadados padrões fornecidos são a data de upload do conteúdo, proprietário do conteúdo, idioma, a turma ou curso com o qual será compartilhado e tipo do conteúdo (documento, imagem, vídeo, etc.).

Na tela principal do MCW um aluno tem acesso aos conteúdos públicos da plataforma, como a Wikipedia, os vídeos educacionais do Khan Academy, e conteúdos educacionais do Portal do Professor e Domínio Público, como também a possibilidade de realizar buscas a conteúdos públicos. A Figura 10 apresenta a interface da tela principal.

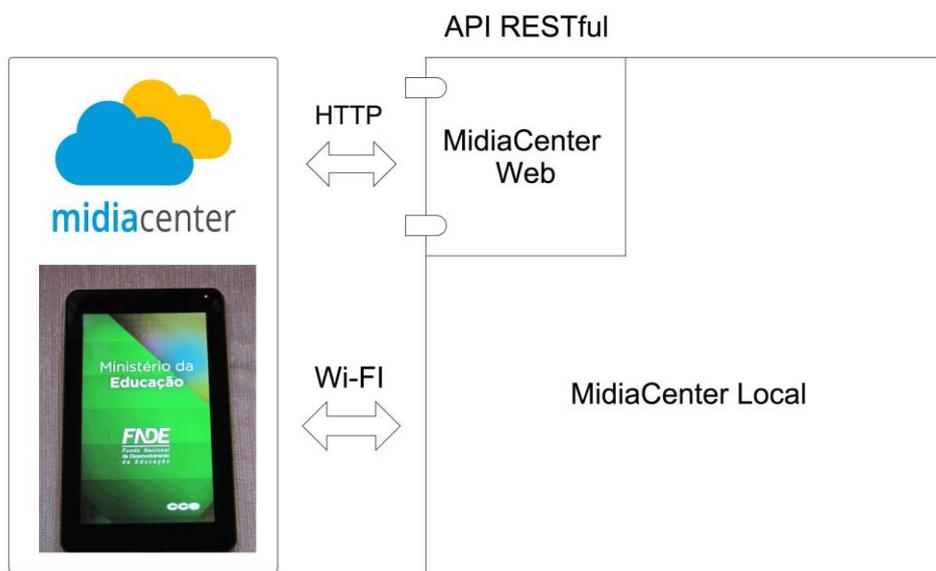


**Figura 10 - Tela principal do Media Center Web.**

O MCW possui uma API RESTful para fornecer o acesso e consumo de funcionalidades do Media Center para outras aplicações, como por exemplo o Media Center Mobile, que será descrito na próxima subseção.

#### **3.3.4.5 Media Center Mobile (MCM)**

O Módulo Media Center Mobile é uma aplicação móvel que foi desenvolvida para o Tablet Educacional T77, com o objetivo de oferecer mais uma forma de consumo ao conteúdo educacional presente no Media Center. Para permitir que a aplicação mobile, obtenha o conteúdo educacional, o aluno deverá conectar o tablet à rede Wi-Fi do Media Center local. Após esta sincronização ser efetuada, todas as trocas de informações serão realizadas através de chamadas à API RESTful presente na aplicação Media Center Web, como ilustrado na Figura 11.



**Figura 11 - Acesso do Media Center Mobile ao Media Center da escola.**

A versão mobile estende as funcionalidades da Web para uma experiência móvel. Pois, além de permitir a visualização de todos os conteúdos educacionais presentes no Media Center, o aluno pode realizar backup, no seu dispositivo, dos conteúdos desejados. Permitindo que o mesmo pesquise e estude através do conteúdo armazenado em sua “Mochila Virtual” mesmo estando fora da rede do Media Center. A interação do aluno com o aplicativo consiste basicamente da interação com o menu lateral, este permite que o aluno escolha a seção onde quer estudar. No apêndice A.2 se encontra as seções presentes no menu com suas respectivas imagens e descrições.

#### **3.3.4.6 Mapeamento de Requisitos por Componentes**

A Tabela 3 ilustra o componente, ou módulo, no qual um determinado requisito alcançado, que faz parte dos requisitos expostos na Seção 3.2.3, é contemplado. Como nota-se, geralmente um requisito é implementado a partir da combinação de dois ou mais componentes da Nuvem Educacional Media Center.

Tabela 3 - Mapeamento de Requisitos por Componentes.

Requisito	NC	MC	MCM
RF1 - Armazenamento de conteúdos educacionais digitais	X	X	
RF2 - Acesso a Nuvem Educacional	X		
RF3 - Acesso a conteúdos educacionais	X	X	X
RF4 - Visualização de conteúdos	X	X	X
RF5 - Visualização por tipo de conteúdo	X	X	X
RF6 - Informações sobre o conteúdo	X	X	
RF7 - Filtragem de conteúdos	X	X	X
RF8 - Busca de conteúdos	X	X	X
RF10 - Descarga de conteúdo	X	X	X
RF11 - Carregar conteúdo	X	X	
RF12 - Compartilhamento de conteúdo	X	X	
RF13 - Tornar conteúdo público	X	X	
RF14 - Distribuição e sincronização de conteúdos a partir da Nuvem Central	X	X	
RF16 - Sincronização de conteúdos em dispositivos móveis		X	X
RF18 - Gerenciamento de Usuários	X		
RF21 - Perfis de usuários	X		
RF22 - Gerenciamento de estruturas	X		
RF23 - Customização de interface Web	X	X	
RF24 - Relatórios	X		
RNF1 - Portabilidade			X
RNF2 - Conectividade		X	
RNF3 - Disponibilidade	X	X	
RNF5 - Usabilidade	X	X	X
RNF7 - Modularidade	X	X	
RNF8 - Privacidade	X	X	X
RNF9 - Integração	X	X	X

### 3.4 Visão de Processo

Esta Seção apresenta a visão de processos dos três principais componentes da Nuvem Educacional Media Center. O primeiro, representado na Figura 12, demonstra o processo de sincronia de dados e conteúdos entre a Nuvem Central e o Media Center de uma escola, sendo este um dos processos mais importantes da solução. O segundo, representado na Figura 13, demonstra o fluxo básico de operações executadas pelo Media Center Mobile.

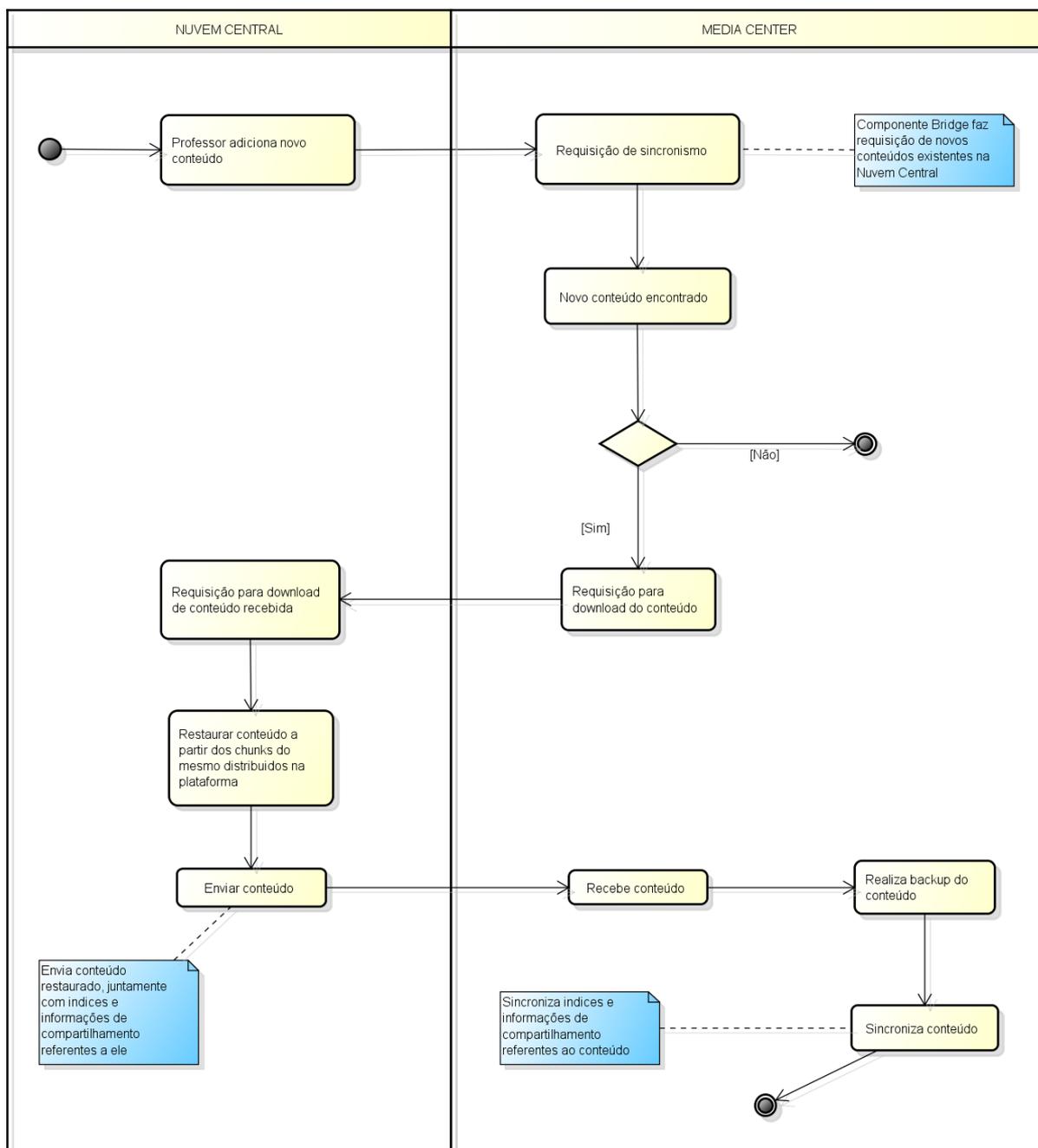


Figura 12 - Processo de sincronia de dados e conteúdos entre NC e MC.

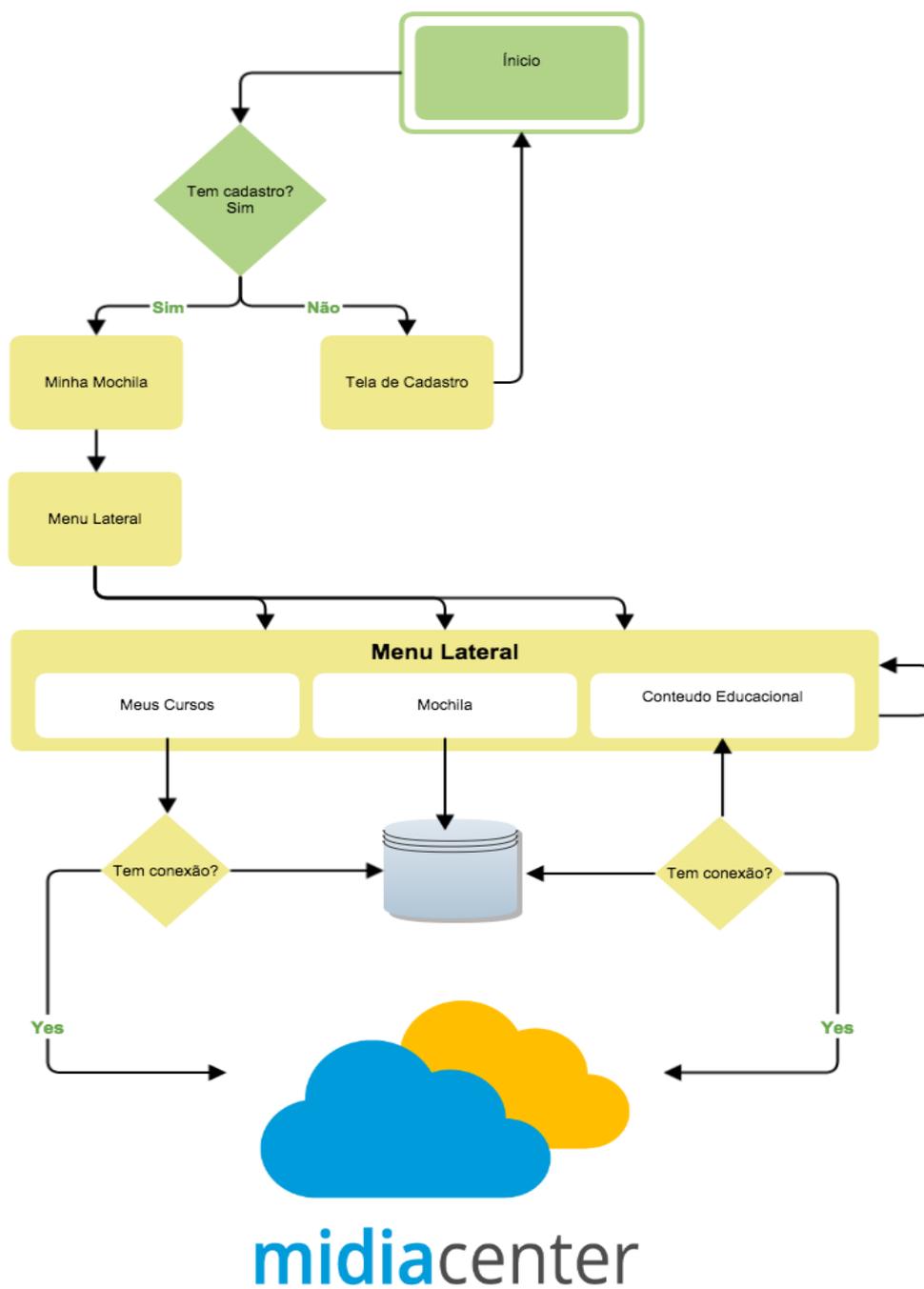


Figura 13 - Fluxo básico de operações executadas pelo MCM.

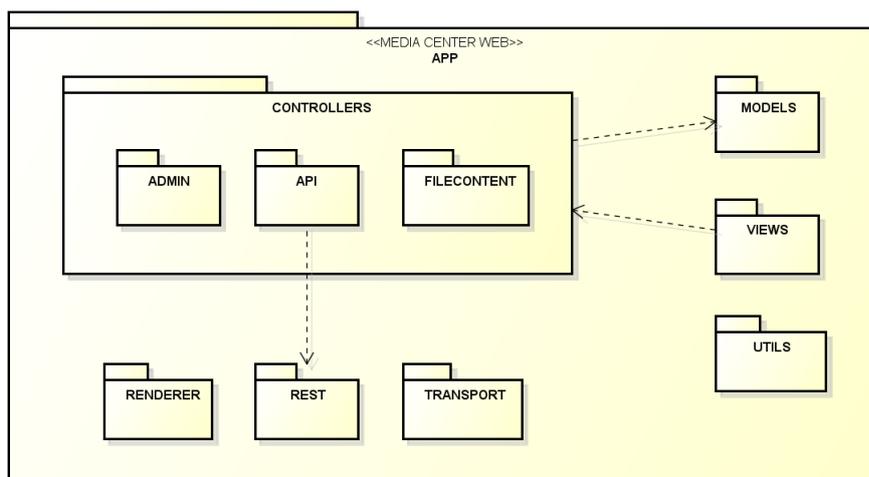
### 3.5 Visão de Implementação

Esta Seção descreve a implementação dos componentes Media Center Web, Media Center Mobile e do Módulo de Administração da Nuvem Central, uma vez que estes são os componentes concretos de software da Nuvem Educacional Media Center. O componente auxiliar Bridge, bem como a plataforma Ustore, não serão detalhados aqui, já que os mesmos fazem parte de uma solução de armazenamento de dados como serviço (*Storage as a Service*) que está integrada a solução proposta e é consumida pelos componentes de software desta.

#### 3.5.1 Media Center Web

O Media Center Web foi desenvolvido para fornecer acesso aos conteúdos educacionais disponíveis na plataforma por meio de navegadores Web. Com o objetivo de otimizar a produtividade da equipe de desenvolvimento foi selecionado o Play Framework, que é um framework de código aberto para o desenvolvimento de aplicações web, baseado em Scala e Java, que segue o conceito *Model-View-Controller* (MVC) de arquitetura de referência.

Um dos motivos desse framework propiciar maior produtividade é devido ao fato dele utilizar o princípio de convenção sobre configuração, ou seja, ele gerencia a maior parte das tomadas de decisões a respeito da configuração do ambiente, como também do acesso à base de dados, possibilitando assim que o desenvolvedor fique mais focado nas regras de negócio a serem implementadas. A Figura 14 mostra um diagrama de pacotes implementados na aplicação, que serão descritos em sequência.



**Figura 14 - Diagrama de pacotes do Media Center Web.**

**Controllers.** Dentro desse pacote encontram-se outros subpacotes, responsáveis por converter requisições de entrada em comandos para as classes do pacote Models ou nas páginas Web do pacote Views. Os subpacotes presentes de pacote são:

- **Admin.** Dentro desse subpacote encontram-se as classes responsáveis por controlar as requisições ao Módulo de Administração da Nuvem Central e a relatórios utilizados por este.
- **API.** Possui a API RESTful para dar acesso as funcionalidades do MCW para outras aplicações.
- **FileContent.** Possui classes para o tratamento e manipulação de conteúdos em vários formatos, como vídeos, páginas Web retornadas em consultas de conteúdos (como as páginas da Wikipedia, por exemplo), imagens e etc.

**Models.** Nesse pacote encontram-se as classes responsáveis pelas regras de negócio, entidades e lógica da aplicação.

**Views.** Aqui se encontram as páginas Web que servem como interface para o usuário que esteja utilizando a aplicação. Todas as requisições feitas a uma dessas páginas passam pelo controlador responsável pela mesma.

**Utils.** Pacote com classes utilitárias para a aplicação.

**Renderer.** Possui classes utilitárias que estendem as funcionalidades de templates do Play Framework, adicionando o suporte a múltiplos templates. Esse suporte é importante para proporcionar a customização da interface Web da aplicação para escolas ou instituições de ensino diferentes.

**Rest.** Pacote que contém as classes que consomem os recursos disponibilizados pela API RESTful da plataforma Ustore.

**Transport.** Possui classes que atuam como objetos de transferência de dados. Essas classes são utilizadas para o transporte de dados entre algumas requisições RESTful, por exemplo.

### 3.5.2 Módulo de Administração da Nuvem Central

As classes de domínio, controladores e páginas Web deste módulo estão implementadas no MCW, seguindo o estilo arquitetural descrito na subseção anterior. Apesar de ser um módulo do MCW, o MANC é configurado para ser executado somente na Nuvem Central, como um componente desta.

### 3.5.3 Media Center Mobile

O aplicativo móvel do Media Center Educacional foi concebido para rodar sobre o Sistema Operacional Android, de início, precisamente no tablet educacional T77 da CCE (7", 512ram, A8 cortex). Porém, alunos nas escolas podem vir a ter diversos dispositivos móveis, então para maximizar a distribuição de conteúdos em dispositivos diferentes, foi optado por uma tecnologia que permitisse escrever código de forma que pudesse facilitar o trabalho do desenvolvedor, em relação as diversas plataformas.

Tendo por motivação a necessidade citada, foi selecionado o framework Titanium SDK, que é uma suíte de API's escritas em Objective-C e Java. Ao escrever um código utilizando o SDK, um pré-processador varre o código, procurando por quais

API's estão sendo requisitadas durante a codificação como, por exemplo, utilização de alguma API para uso de GPS, ou mesmo, uma API gráfica. Então informa ao compilador, para que juntamente com seu código Javascript (linguagem utilizada pelo framework para codificação), ele importe as respectivas APIs. É exatamente isso que difere o Titanium das outras tecnologias multi-plataforma. No final, o código chama os métodos nativos, se aproveitando de um interpretadores Javascript que estão presentes tanto no iOS (JavaScriptCore) como no Android (V8), possibilitando assim utilizar as APIs de diferentes sistemas operacionais.

A estrutura do código é dividida seguindo o modelo MVC juntamente com Assets, que é uma área onde ficam localizadas as imagens, sons, áudios e outros arquivos estáticos utilizados pela aplicação. Para a implementação do aplicativo não houve a necessidade de criação de modelos, visto que o cliente móvel do Media Center é um aplicativo de consumo de webservices, utilizando basicamente Views e Controllers. A parte referente aos Controllers é exatamente onde está a lógica da aplicação. Basicamente, é onde ocorre a interação com os serviços RESTful fornecidos pela API da aplicação Web do Media center. Dessa forma, um Controller pode requisitar, por exemplo, uma busca pública utilizando uma url para consumir esse recurso provido pela API do Media Center e a partir daí criar uma nova View, passando como parâmetro um JSON contendo objetos válidos de tabela, como os Table View Rows, que são elementos individuais organizados dentro de uma tabela provida pelo Titanium.

A View, por sua vez, contém uma descrição (xml) de quais elementos a tela do dispositivo irá conter. Essa informação é complementada com uma espécie de CSS, o Titanium Style Sheets (TSS), que é uma sintaxe provida em JSON para definir atributos de elementos em arquivos XML. Logo, no processo compilatório, o pré-processor analisa a View, e faz a junção com sua respectiva TSS. O seguinte exemplo resume o processo.

Um aluno que está utilizando a aplicação móvel deseja visualizar os conteúdos que estão compartilhados com ele e, partindo dessa premissa, as seguintes etapas são executadas pela aplicação:

1. É criada uma tríade de arquivos (index.js , index.xml , index.tss), que irão

desempenhar os respectivos papéis de Controller, View e Style;

2. Um Controller `index.js` faz uma requisição REST para a API do Media Center e obtém o JSON de resposta;

3. Um Controller `index.js` chama a View `'index.xml'`;

4. A View `index.xml` é decorada com o `index.tss`;

A ligação entre um Controller e uma View, se dá pelo ID do elemento. Por exemplo, para mudar a cor de uma tabela, criada na View `'index.xml'`, como:

```
<TableView id="myid"></TableView>
```

Pode-se utilizar o operador `$`, para referenciar a TAG no Controller, por exemplo:

```
$.myid.backgroundColor = 'red'
```

No aplicativo móvel do Media Center também são utilizadas bibliotecas externas, onde o uso de uma biblioteca basicamente se dá através de um `require('nome_da_biblioteca')`. O padrão utilizado para a inserção das bibliotecas é o CommonJS, que é um projeto que tem por objetivo especificar um ecossistema para JavaScript do outro lado do navegador (no lado do servidor Web, por exemplo) [5]. No Controller que irá utilizar os métodos públicos da nova biblioteca. No Sistema Operacional Android, existem diversos tipos de tela e modelos, então existe um arquivo para cada resolução, essa resolução é medida pela densidade de pixels e pode ser muito baixa, baixa, normal, alta, muito alta, e extremamente alta. Quando maior a densidade de pixels, mais nítida é a imagem a ser exibida. Já no iOS existem dois tipos, sem ou com retina display.

### 3.6 Visão de Implantação

Esta Seção visa descrever os requisitos físicos mínimos para utilização da Nuvem Educacional Media Center. Pelo fato da solução ser executada em um ambiente distribuído, com vários acessos exigindo o máximo de escalabilidade e disponibilidade, é de suma importância a utilização de um ambiente de Computação

em Nuvem. O diagrama de visão de implantação pode ser visto na Figura 5, encontrada na Seção 3.1. Segue abaixo as principais características de hardware necessárias para a implantação da Nuvem Educacional Media Center.

**Servidor Nuvem Central.** Processador Intel Xeon E3-1220 de 3.1 GHz, 16 GB de memória RAM, 4 TB de disco rígido, Sistema Operacional Linux com kernel 2.6 ou superior.

**Servidor Media Center.** Processador Intel Core i3 de 2.4 GHz, 16 GB de memória RAM, 2 discos rígidos de 1 TB cada, 1 Rádio MIMO Dual Band de 2.4 GHz e 5.8 GHz, Sistema Operacional Linux com kernel 2.6 ou superior.

**Box para Cache de Conteúdo e Ponto de Acesso.** Processador Intel Atom 1.6 GHz, 4 GB de memória RAM, 250 GB de disco rígido, 1 Rádio MIMO Dual Band de 2.4 GHz e 5.8 GHz, Sistema Operacional Linux com kernel 2.6 ou superior.

Em relação às características de software, a Nuvem Educacional Media Center utiliza o Tomcat 7 como servidor para as aplicações Web e o MySQL 5.6 como Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD). A Nuvem Educacional Media Center também atende as seguintes características técnicas:

i. A aplicação Web (Media Center Web) é suportada por sistemas operacionais Linux e Windows 7 e são compatíveis com navegadores Web Firefox, Google Chrome e Internet Explorer.

ii. O aplicativo para dispositivo móvel (tablet) é suportado pelo Sistema Operacional Android e é compatível com os navegadores Web Firefox e Google Chrome.

iii. A solução proposta para os servidores da Nuvem Central é baseada em software livre Linux kernel 2.6 ou superior.

iv. A solução proposta conta com um servidor de cache de conteúdo (Media Center) que permite o acesso local a centenas de gigabytes de arquivos, e também Pontos de Acesso de alta performance, que fornecem ampla cobertura Wi-Fi de alta velocidade (70 Mbps a 300 Mbps) para centenas de usuários simultaneamente.

### 3.7 Tecnologias Utilizadas

Nesta seção é apresentada uma breve descrição sobre cada uma das tecnologias utilizadas que possibilitaram o desenvolvimento, no nível de software, da solução proposta neste trabalho.

**IDE Eclipse.** Projeto de código aberto, gratuito e escrito em Java, com amplo uso entre a comunidade de desenvolvedores de sistemas, sendo um dos IDEs mais utilizados para desenvolvimento de software para as mais variadas linguagens (MURPHY; KERSTEN; FINDLATER, 2006). Sua escolha foi motivada por ser uma IDE gratuita, além de haver plug-ins disponíveis para a mesma que podem auxiliar no trabalho do desenvolvedor.

**Linguagem Java.** Linguagem de programação orientada a objetos desenvolvida pela Sun Microsystems e bastante difundida ao redor do mundo (SILVEIRA, 2003). Sua escolha foi motivada pelo fato de ser uma linguagem com suporte em várias plataformas, o que possibilita a portabilidade de aplicativos mesmo entre os ambientes computacionais mais diferentes. Foi utilizado para o desenvolvimento das aplicações Web (Media Center Web, Módulo de Administração) da Nuvem Educacional, e também é a linguagem utilizada na implementação do componente Bridge.

**Play Framework.** É um framework de código aberto para o desenvolvimento de aplicações web, baseado em Scala e Java, que segue o conceito *Model-View-Controller* (MVC) de arquitetura de referência. Ele tem como objetivo otimizar a produtividade do desenvolvedor, utilizando o princípio de convenção sobre configuração, recarregamento rápido de código e exibição de erros no navegador Web (BOAGLIO, 2013). Foi utilizado para o desenvolvimento das aplicações Web (Media Center Web, Módulo de Administração) da Nuvem Educacional.

**MySQL Server.** É um sistema de gerenciamento de banco de dados relacional de código aberto. Ele baseia-se na Structured Query Language (SQL), que é usada para adicionar, remover ou modificar as informações de uma base de dados. O MySQL Server se propõe a ser um gerenciador de banco de dados rápido, confiável e fácil de usar (DEV MYSQL, 2014).

**Bootstrap.** É um framework Javascript de código aberto desenvolvido pela equipe do Twitter, que disponibiliza ferramentas para a criação de sites e aplicações web. É uma combinação de HTML, CSS e Javascript projetado para ajudar a construir os componentes da interface do usuário. Bootstrap também foi programado para suportar HTML5 e CSS3 (MARKLE, 2013). Foi utilizado para o desenvolvimento das aplicações Web (Media Center Web, Módulo de Administração) da Nuvem Educacional.

**Titanium Framework.** O Titanium é um framework de desenvolvimento de aplicativos móveis de código aberto pela Appcelerator e licenciado sob Apache. Ele é codificado para dar aos desenvolvedores um ambiente integrado para possibilitar a criação de uma ampla gama de aplicativos móveis em diferentes dispositivos e sistemas operacionais, incluindo iOS, Android e BlackBerry e HTML5. Ele é baseado em JavaScript e inclui HTML5, CSS3, bem como jQuery (TITANIUM, 2014). Foi utilizado para o desenvolvimento da aplicação para dispositivos móveis da Nuvem Educacional Media Center (Media Center Mobile).

**Subversion.** É um sistema para controle de versão, gratuito e de código aberto, feito para gerenciar arquivos e diretórios, permitindo recuperar e verificar todas as versões ao longo do desenvolvimento (COLLINS-SUSSMAN; FITZPATRICK; PILATO, 2004).

**REST.** É um estilo de arquitetura para sistemas hipermídia distribuídos que enfatiza a generalização das interfaces, a escalabilidade da interação entre os componentes e a instalação independente dos mesmos (FIELDING, 2000). O paradigma REST é uma forma de implementar um estilo de arquitetura cliente/servidor, que pode ser utilizado para que os clientes possam fazer solicitações de serviço para alguma aplicação que implemente essa arquitetura. A abordagem REST foi utilizada pelas aplicações Web (Media Center Web, Módulo de Administração) e móvel (Media Center Mobile) da Nuvem Educacional Media Center, sendo que no primeiro caso com a finalidade de consumir os serviços oferecidos pelo sistema de armazenamento do Ustore, e o segundo para consumir os serviços ofertados pelo Media Center.

A opção por utilizar tais tecnologias e ferramentas foi para proporcionar maior

produtividade ao desenvolvimento do projeto. Durante o processo de desenvolvimento, diversas ferramentas e tecnologias foram estudadas e avaliadas, sempre com intuito de encontrar as melhores estratégias para o desenvolvimento, dentro das condições e planejamentos do projeto. A isso se agrega o estudo e adoção dos mais variados processos de desenvolvimento, padrões arquiteturais, avaliação do software e outros.

### **3.8 Sumário do Capítulo**

Este capítulo apresentou uma solução para a distribuição e compartilhamento de conteúdos educacionais digitais, desenvolvida sobre uma plataforma de nuvem computacional, a qual foi chamada de Nuvem Educacional Media Center. Além disso, foi apresentado um conjunto de requisitos, dos quais alguns foram satisfatoriamente desenvolvidos para a Nuvem Educacional Media Center. Também foram apresentadas a arquitetura da solução e detalhes da implementação realizada. A Nuvem Educacional Media Center está integrada ao Ustore, que é um sistema real de armazenamento em nuvem. No próximo capítulo será apresentado uma avaliação da proposta e seus resultados.

## 4 AVALIAÇÃO DA PROPOSTA

Este capítulo apresenta uma avaliação da solução proposta neste trabalho. A avaliação foi conduzida por equipe técnica da Ustore, a qual também foi responsável pela execução da avaliação e coleta dos dados obtidos com os resultados. A avaliação foi executada em três cenários, cada um em datas e locais distintos. A avaliação, em todos os cenários, teve como objetivo verificar o potencial da Nuvem Educacional Media Center como sendo uma solução efetiva à baixa conectividade nas escolas de ensino público, e também como uma plataforma de armazenamento, compartilhamento e consumo de conteúdos educacionais digitais.

Também será apresentada uma avaliação de performance realizada por equipe técnica da Ustore em parceria com a Diebold<sup>18</sup>, com o objetivo de testar o componente Media Center como um repositório de conteúdos educacionais, e as funcionalidades de compartilhamento e consumo de conteúdos armazenados pelo mesmo.

Não foi possível ao autor deste trabalho participar presencial na execução de ambas as avaliações nos locais em que foram realizadas, devido a questões de agenda de trabalho e custos operacionais. Contudo, o mesmo participou na análise posterior dos resultados. Cada um dos cenários de avaliação realizados e a avaliação de performance da Nuvem Educacional como plataforma de armazenamento de dados, serão descritos nas próximas Seções.

### 4.1 Cenário de Avaliação I

Este cenário descreve as atividades realizadas durante a implantação de projeto piloto do Media Center Educacional no Centro de Ensino Liceu Maranhense<sup>19</sup>, localizado na cidade de São Luiz - Maranhão. A implantação foi realizada entre os dias 8 e 10 de outubro de 2013. Os desafios e problemas encontrados, bem como o

---

<sup>18</sup> <http://www.diebold.com.br/> Acessado em: Julho, 2014.

<sup>19</sup> [http://pt.wikipedia.org/wiki/Liceu\\_Maranhense/](http://pt.wikipedia.org/wiki/Liceu_Maranhense/) Acessado em: Julho, 2014.

uso da solução proposta visando sanar os problemas e os resultados alcançados serão descritos nas próximas Seções.

#### 4.1.1 Desafios Encontrados

O Centro de Ensino Liceu Maranhense é uma tradicional instituição de ensino médio brasileiro fundado em 1838, que hoje (2014) já conta com 176 anos, 26 salas de aula, 6 laboratórios, sendo 1 de Informática, e cerca de 3000 alunos. Entre os desafios e problemas para serem solucionados pela Nuvem Educacional Media Center, foram encontrados:

**Cobertura Wi-Fi e Internet precárias.** Verificou-se que a cobertura Wi-Fi existente era provida por 3 roteadores de uso doméstico que apresentavam enormes gargalos de performance a partir de 15 conexões simultâneas por equipamento, prejudicando todos os usuários da rede a partir deste limite, além do alcance ficar limitado apenas ao pátio da escola, diretoria, 2 salas de aula e precariamente na sala dos professores. A escola contava, na época, com um link de 2 Mbps, fornecido pelo PNBL, com conectividade instável e inviável para o consumo de conteúdos educacionais devido ao alto volume de usuários simultâneos, que a uma taxa de 100 Kb/s para download, por exemplo, resultaria em taxas de *throughput* prático de 1 Kb/s para download por pessoa em um cenário de 100 usuários conectados ao mesmo tempo.

**Estrutura física interfere na cobertura Wi-Fi.** Por ser uma obra arquitetônica do século 19, o Liceu Maranhense apresenta uma estrutura física com paredes grossas, o que atrapalha a penetração da cobertura Wi-Fi dentro das salas de aula.

**Alto custo com cabeamento.** Uma possível solução para o problema de penetração da cobertura Wi-Fi nas salas de aulas e de outros ambientes do local seria o cabeamento dos mesmos. Contudo, devido ao número existente de salas de aula (26), juntamente com outros ambientes, tais como sala dos professores, coordenação, secretaria, administração, e as dificuldades que seriam encontradas em relação à estrutura física do local, isso demandaria um alto custo que inviabiliza

tal solução.

**Cobertura Wi-Fi com Rádio Doméstico não atende a demanda.** Uma alternativa para contornar o problema referente à precária cobertura Wi-Fi e também ao cabeamento do local, seria o uso de rádios domésticos. Todavia, o uso de rádios domésticos, fora das salas de aula, não é eficiente para realizar a penetração Wi-Fi devido ao problema citado anteriormente referente às paredes grossas do local. Outra possibilidade seria a implantação de um rádio doméstico em cada sala de aula, porém isso resultaria em um novo problema, que é a sobreposição de canais decorrentes do uso de vários rádios domésticos.

#### 4.1.2 Uso da Solução Proposta

Nesta Seção será apresentado o uso da solução proposta neste trabalho, com o objetivo de sanar os desafios e problemas descritos na Seção anterior. As configurações de hardware utilizadas foram as seguintes:

**1 Servidor Media Center.** Processador Intel Core i3 de 2.4 GHz, 16 GB de memória RAM, 2 discos rígidos de 1 TB cada, 1 Rádio MIMO Dual Band de 2.4 GHz e 5.8 GHz, Sistema Operacional Linux Debian 7.

**7 Boxes para Cache de Conteúdo e Ponto de Acesso.** Cada Box possui a seguinte configuração: Processador Intel Atom 1.6 GHz, 4 GB de memória RAM, 250 GB de disco rígido, 1 Rádio MIMO Dual Band de 2.4 GHz e 5.8 GHz, Sistema Operacional Linux Debian 7.

Para resolver o problema de cobertura Wi-Fi no Liceu Maranhense foram utilizados 7 rádios de alta potência, cada um incluído em 1 Box que serve de cache de conteúdo e Ponto de Acesso. Os rádios apresentam a configuração Dual Band de 2.4 GHz e 5.8 GHz e possuem uma capacidade de transmissão maior que a de rádios domésticos, podendo chegar a 300 Mbps e permitem cerca de 120 conexões simultâneas. Distribuídos uniformemente dentro do Liceu Maranhense, cada um dos Pontos de Acesso conseguiu abranger 3 salas de aula de paredes grossas, além de laboratórios, sala dos professores e diretoria da escola, devido a capacidade de

penetração maior de cobertura Wi-Fi dos rádios. Também foi implantado 1 servidor Media Center, que foi utilizado como repositório de conteúdo e servidor de aplicação Web e mobile da solução.

#### **4.1.3 Discussão dos Resultados Alcançados**

Como principal resultado, a Nuvem Educacional Media Center alcançou o objetivo traçado de ser uma solução eficiente aos problemas relativos à precária conectividade dentro do Liceu Maranhense, pois com a implantação e uso dos 7 Pontos de Acesso, foi possível obter a iluminação Wi-Fi das 26 salas de aula, laboratórios, sala dos professores e diretoria da escola, permitindo conectividade em toda a área educacional da escola e acessar os conteúdos disponibilizados no Media Center por meio da rede *mesh* implantada no local.

Para alcançar esse resultado com a implantação do projeto piloto, a equipe técnica do Ustore realizou algumas etapas, que foram as seguintes:

- Instalação de servidor de aplicação da solução Media Center;
- Instalação de Boxes da solução Media Center, que servem de caches de conteúdos e Pontos de Acesso;
- Testes de conectividade (Web e mobile) e uso remoto do Media Center em todos os ambientes educacionais da escola;
- Demonstração de utilização do Media Center Educacional para a diretoria, professores e coordenadores do CPD;

Duas ressalvas precisam ser relatadas em relação à execução da avaliação da proposta nesse cenário. A primeira diz respeito ao modo de sincronismo de conteúdos entre uma Nuvem Central e o Media Center da escola, que permite que professores possam atualizar seus arquivos remotamente, fora da rede interna da escola, a partir de suas residências, por exemplo. O objetivo de implantação do modo de sincronismo não pôde ser atingido por falta de conexão à internet na escola durante o período de implantação. A outra ressalva é referente ao não uso da

plataforma de armazenamento de forma distribuída, pois o Media Center serviu, além de servidor de aplicação Web, também como repositório de dados e servidor de busca de conteúdos.

## 4.2 Cenário de Avaliação II

Este cenário descreve as atividades de um projeto piloto do Media Center Educacional para equipe de profissionais do FNDE, que foram realizadas na Escola Classe 03, localizada no Núcleo Bandeirante<sup>20</sup>, em Brasília - Distrito Federal. As atividades foram executadas no dia 21 de Novembro de 2013 e concluídas com sucesso. Os desafios encontrados, requisitos de hardware, requisitos técnicos e casos de usos executados, bem como os resultados alcançados serão descritos nas próximas Seções.

### 4.2.1 Desafios Encontrados

A Escola Classe 03 do Núcleo Bandeirante é uma escola de tamanho médio, com 10 salas de aula e cerca de 400 alunos, divididos em 2 turnos de 200 alunos cada. Os desafios encontrados para a implantação de projeto piloto nessa escola se assemelharam aos do cenário descrito na Seção 4.1.1.

**Internet precária.** A escola contava, na época, com um link de 2 Mbps, fornecido pelo PNBL, extremamente instável e praticamente inútil para o consumo de conteúdos educacionais devido ao alto volume de usuários simultâneos, que chegavam a 200 alunos ou mais dependendo do turno.

**Cobertura Wi-Fi com Rádio Doméstico não atende a demanda.** A escola também contava com 4 rádios domésticos para realizar a cobertura Wi-Fi em todo o local. Contudo, o uso de rádios domésticos, fora das salas de aula, não era eficiente para a penetração da cobertura Wi-Fi nas salas, e colocar os rádios dentro das salas

---

<sup>20</sup> [http://pt.wikipedia.org/wiki/Núcleo\\_Bandeirante/](http://pt.wikipedia.org/wiki/Núcleo_Bandeirante/) Acessado em: Julho, 2014.

resultava em sinal ruim para quem estivesse fora.

**Alto custo com cabeamento.** Mesmo possuindo apenas 10 salas de aula, o uso de cabeamento da escola estava fora de questão, pois um dos objetivos da execução desse projeto piloto, por parte do FNDE, era avaliar uma proposta de solução para o acesso a conteúdos educacionais e sanar o problema de baixa conectividade nas escolas do país, que chegam atualmente a cerca de 50 mil escolas. O cabeamento de todas as escolas da rede pública de ensino do país demandaria um gasto exorbitante para o governo do Brasil, tornando assim essa alternativa inviável.

#### **4.2.2 Configurações de Hardware**

Nesta Seção serão apresentadas as configurações de hardware utilizadas para a implantação e execução do projeto piloto na escola, visando sanar os problemas citados na Seção 4.2.1 e também fornecer acesso a um repositório de conteúdos educacionais.

**1 Servidor Media Center.** Processador Intel Core i3 de 2.4 GHz, 16 GB de memória RAM, 2 discos rígidos de 1 TB cada, 1 Rádio MIMO Dual Band de 2.4 GHz e 5.8 GHz, Sistema Operacional Linux Debian 7.

**2 Boxes para Cache de Conteúdo e Ponto de Acesso.** Cada Box possui a seguinte configuração: Processador Intel Atom 1.6 GHz, 4 GB de memória RAM, 250 GB de disco rígido, 1 Rádio MIMO Dual Band de 2.4 GHz e 5.8 GHz, Sistema Operacional Linux Debian 7.

**1 Tablet.** Processador TR9 CCE 1.5 GHz, 1 GB de memória RAM, Sistema Operacional Android 4.1.2.

### 4.2.3 Requisitos Técnicos e Casos de Uso

Os seguintes requisitos técnicos e casos de uso foram elencados para a execução e validação do projeto piloto na escola:

#### **Requisitos técnicos:**

- Um servidor de Media Center instalado e configurado na escola.
- Aplicativo mobile instalado em tablet para ser usado por aluno.
- Aplicativo Media Center Web disponível para acesso.
- Servidor Media Center e Boxes de Cache de Conteúdo e Pontos de Acesso interligados pela rede disponível na escola.

#### **Casos de uso:**

- Cadastro de usuários com perfil de professor e aluno no Media Center Educacional.
- Durante o cadastro de aluno, o mesmo faz solicitação para ingressar em uma turma.
- Professor atende aprova solicitações de alunos na turma e disciplina na qual ele leciona.
- Professor salva conteúdo no Media Center e compartilha com alunos e turma;
- Aluno busca e acessa conteúdo educacional, público ou compartilhado com a turma na qual ele esteja matriculado, armazenado no servidor da escola (Media Center).
- Professor e aluno podem realizar o descarregamento (download) de conteúdo disponível.

#### **4.2.4 Discussão dos Resultados Alcançados**

Com o uso da solução de hardware e software utilizados pela Nuvem Educacional Media Center, foi possível demonstrar que a plataforma resolve de forma eficiente os problemas apresentados nesse cenário. Juntamente com a equipe de profissionais do FNDE, foi verificado que todas as salas de aula, bem como fora delas, tiveram um bom sinal de rede Wi-Fi, devido à cobertura proporcionada pelos Pontos de Acesso utilizados. Um tablet foi utilizado para demonstrar o uso da solução em um dispositivo mobile, bem como a aplicação Web. Todos os casos de uso foram realizados com sucesso durante a execução do projeto piloto. O modo de sincronismo de conteúdos não foi elencado entre os casos de uso por não haver uma Nuvem Central disponível para a data em que foi realizado o projeto piloto.

Através desses resultados, foi possível alcançar o objetivo principal da avaliação, que é o de validar a Nuvem Educacional Media Center como uma solução para os problemas de conectividade e como uma plataforma eficiente para o armazenamento de conteúdos.

#### **4.3 Cenário de Avaliação III**

Este cenário descreve as atividades realizadas em uma demonstração do Media Center Educacional para equipe de profissionais da CAPES<sup>21</sup>, em uma sala de sua sede em Brasília - Distrito Federal, entre os profissionais encontravam-se secretários, pedagogos e professores.

O objetivo dessa demonstração foi propor para a CAPES o Media Center Educacional, como sendo uma solução integrada de hardware e software para sanar os problemas relacionados à baixa conectividade na rede de ensino pública e na distribuição e acesso de conteúdos educacionais digitais, para ser utilizado pelo sistema da Universidade Aberta do Brasil (UAB), que é um sistema integrado por universidades públicas que oferece cursos de nível superior para pessoas que

---

<sup>21</sup> <http://www.capes.gov.br/> Acessado em: Julho, 2014.

tenham dificuldade de acesso à formação universitária, por meio do uso da educação à distância (UAB-CAPES, 2014). A UAB é gerenciada pela CAPES.

A demonstração foi realizada no dia 4 de Junho de 2014 e executada com sucesso. Os desafios encontrados, requisitos de hardware, requisitos técnicos e casos de usos executados, bem como uma discussão dos resultados alcançados serão descritos nas próximas Seções.

#### 4.3.1 Desafios Encontrados

Os desafios e problemas elencados pela CAPES no gerenciamento do sistema UAB, ao qual a solução proposta visa resolver, são os seguintes:

**Baixa Conectividade.** Mesmo adotando a metodologia EAD, algumas aulas do sistema UAB são realizadas presencialmente em instituições de ensino, públicas ou privadas, credenciadas pela CAPES que também sofrem de problemas relacionados à baixa conectividade e cobertura Wi-Fi precária no local de ensino, semelhantes aos descritos nos cenários anteriores, o que compromete o acesso a conteúdos educacionais que os professores queiram disponibilizar para os alunos.

**Repositório de Conteúdos Educacionais Digitais.** Devido ao problema de conectividade apresentado anteriormente, o sistema UAB acaba por não ter um repositório de conteúdos educacionais digitais altamente disponível para professores e alunos dentro das instituições de ensino credenciadas.

#### 4.3.2 Configurações de Hardware

Nesta Seção serão apresentadas as configurações de hardware utilizadas para a demonstração do componente Media Center para profissionais da CAPES.

**1 Servidor Media Center.** Processador Intel Core i3 de 2.4 GHz, 16 GB de memória RAM, 2 discos rígidos de 1 TB cada, 1 Rádio MIMO Dual Band de 2.4 GHz e 5.8 GHz, Sistema Operacional Linux Debian 7.

**1 Box para Cache de Conteúdo e Ponto de Acesso.** Processador Intel Atom 1.6 GHz, 4 GB de memória RAM, 250 GB de disco rígido, 1 Rádio MIMO Dual Band de 2.4 GHz e 5.8 GHz, Sistema Operacional Linux Debian 7.

**1 Tablet.** Processador TR9 CCE 1.5 GHz, 1 GB de memória RAM, Sistema Operacional Android 4.1.2.

### **4.3.3 Requisitos Técnicos e Casos de Uso**

Os seguintes requisitos técnicos e casos de uso foram elencados para a execução e validação da solução proposta, visando sanar os desafios apresentados na Seção 4.3.1.

#### **Requisitos técnicos:**

- Um servidor de Media Center instalado e configurado na escola.
- Aplicativo mobile instalado em um tablet.
- Aplicativo Media Center Web disponível para acesso.
- Servidor Media Center e Box de Cache de Conteúdo e Pontos de Acesso interligados pela rede disponível na escola.

#### **Casos de uso:**

- Cadastro de usuários com perfil de professor e aluno no Media Center Educacional.
- Durante o cadastro de aluno, o mesmo faz solicitação para ingressar em uma turma.
- Professor atende aprova solicitações de alunos na turma e disciplina na qual ele leciona.
- Professor salva conteúdo no Media Center e compartilha com alunos e turma.

- Aluno busca e acessa conteúdo educacional, público ou compartilhado com a turma na qual ele esteja matriculado, armazenado no servidor da escola (Media Center).
- Professor e aluno podem realizar o descarregamento (download) de conteúdo disponível.
- Aluno envia uma tarefa para o professor de uma disciplina.
- Professor visualiza e descarrega o conteúdo enviado pelo aluno, correspondente a uma tarefa passada pelo professor.
- Alunos podem realizar buscas a teses e periódicos disponibilizados pela CAPES, e armazenados no Media Center.

#### **4.3.4 Discussão dos Resultados Alcançados**

A demonstração do componente Media Center foi feita para 20 profissionais em uma sala na sede da CAPES, entre eles pedagogos, professores, secretários e gestores. Para a execução requisitos técnicos e casos de uso elencados para a demonstração, foram utilizados 1 servidor Media Center e 1 Box de Cache de Conteúdo e Ponto de Acesso. Durante o teste de conectividade usando um tablet, foi demonstrado que a solução provê uma boa cobertura Wi-Fi dentro e fora da sala em que foi realizada a demonstração.

Todos os casos de uso foram realizados com sucesso durante a prova de conceito, demonstrando para as pessoas presentes que a solução provê, com alta disponibilidade, uma plataforma de armazenamento e acesso a conteúdos educacionais, alcançando assim o objetivo da avaliação. O modo de sincronismo de conteúdos não foi elencado entre os casos de uso por não ter havido uma solicitação por parte da CAPES para a apresentação desse conceito, uma vez que a demonstração se deu em uma sala na sede da CAPES.

#### **4.4 Avaliação da Nuvem Educacional Media Center como Plataforma de Armazenamento de Dados**

A Diebold, parceira da Ustore na implantação de infraestrutura da solução proposta, com o objetivo de identificar as oportunidades de melhoria na infraestrutura de software, hardware e rede utilizadas pela solução, e propor cenários de evolução tecnológica, entendeu que, em parceria com a equipe técnica da Ustore, deveria realizar diagnóstico de performance na Nuvem Educacional Media Center, uma vez que ela seja usada como uma plataforma de armazenamento de dados, juntamente com os componentes integrantes da solução proposta e fazer recomendações de aperfeiçoamento de seus procedimentos e estrutura tecnológica.

Neste sentido, alguns pontos referentes ao uso da aplicação Web da Nuvem Educacional Media Center foram selecionados para análise de performance. A realização desses testes se deu no dia 03 de Setembro de 2013. A seguir, são apresentados os pontos que foram analisados, para que posteriores melhorias fossem implementadas pela equipe de desenvolvimento.

##### **4.4.1 Testes de Carga**

A análise quantitativa dos dados utilizados como carga deve resultar em uma idéia inicial das principais características de performance, bem como definir o perfil de acesso e padrões comportamentais da aplicação. A realização de testes de carga tem como objetivo principal conhecer o nível de stress suportado pela aplicação Web da solução proposta, ou seja, como a aplicação se comporta ao ser exposta a várias requisições simultâneas. Os casos de teste utilizados foram:

- Caso de teste 1: Upload de arquivo(s) de 1 MB.
- Caso de teste 2: Upload e Download de arquivo(s) de 1 MB.

Foram realizadas várias rodadas de testes nas requisições ao servidor de aplicação Web. A primeira rodada foi executada com uploads de arquivos diversos e a segunda com uploads e downloads também de arquivos diversos (Material

disponibilizado pelo FNDE). Para a realização dos testes, foi utilizado o JMeter<sup>22</sup> v2.9, que é uma ferramenta comumente utilizada para testes de carga e avaliação de performance de sistemas computacionais.

#### 4.4.2 Configurações para a execução dos testes

Esta Seção compreende as configurações necessárias de um servidor de aplicação Web da solução proposta e seus parâmetros de funcionamento. Para a execução dos testes de performance foi fornecida a plataforma de armazenamento 1 servidor e 1 Box de Cache de Conteúdo e Ponto de Acesso, sob identificação:

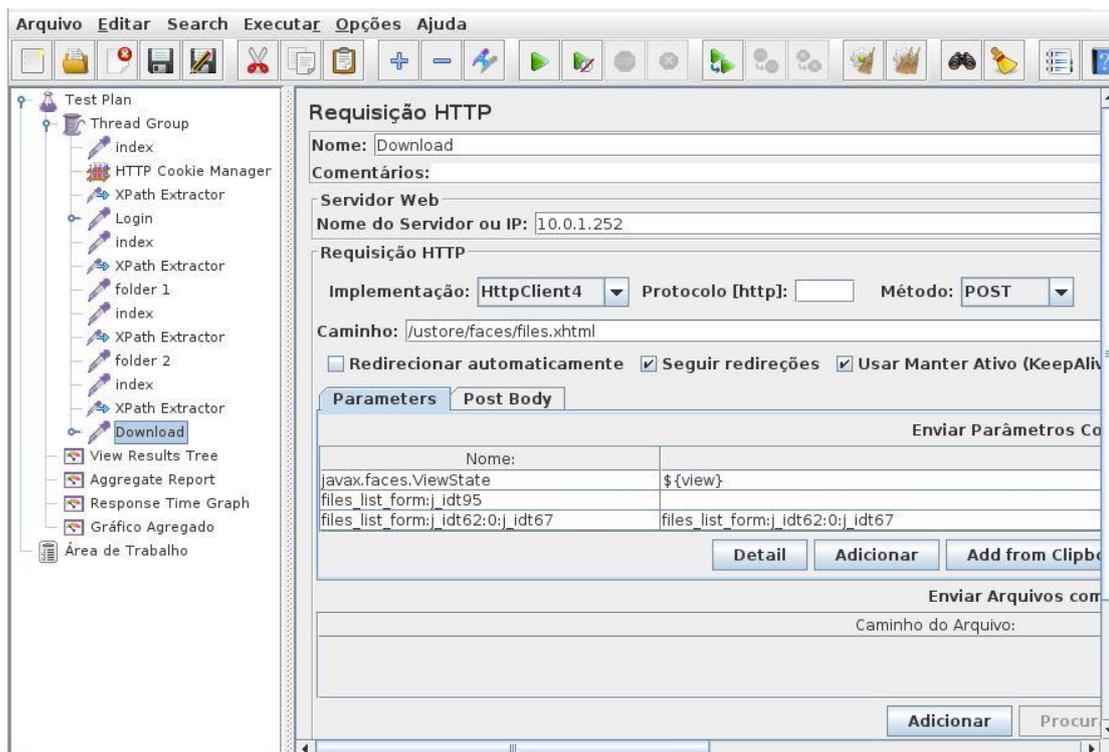
**Servidor Media Center.** Servidor de aplicação Web juntamente integrado plataforma de armazenamento Ustore. As configurações do servidor são: Processador Intel Core i3 de 2.4 GHz, 16 GB de memória RAM, 2 discos rígidos de 1 TB cada, 1 Rádio MIMO Dual Band de 2.4 GHz e 5.8 GHz, Sistema Operacional Linux Debian 7.

**Box de Cache de Conteúdo e Ponto de Acesso.** Ponto de Acesso Wi-Fi que atua como servidor de aplicação Web e cache de conteúdos mais acessados. As configurações do Cache de Conteúdo são: Processador Intel Atom 1.6 GHz, 4 GB de memória RAM, 250 GB de disco rígido, 1 Rádio MIMO Dual Band de 2.4 GHz e 5.8 GHz, Sistema Operacional Linux Debian 7.

Em relação à configuração dos testes de download de arquivo, a Figura 15 representa as configurações dos parâmetros necessários, no JMeter, para o download de um arquivo efetuado por vários usuários. A análise mais detalhada dos resultados será apresentada nas seções seguintes.

---

<sup>22</sup> <http://jmeter.apache.org/> Acessado em: Julho, 2014.



**Figura 15 - Configurações dos parâmetros de downloads.**

Em relação a suas configurações, observou-se que o sistema não possui nenhuma configuração especial relacionada à performance. Sobre ambiente de rede utilizado, todos os testes foram realizados em uma Rede Wi-Fi Ethernet de 100 mbps.

#### 4.4.3 Resultados da Execução

Como estratégia para a execução dos testes inicialmente foi optado por aumentar a quantidade de usuários simultâneos, no caso do JMeter o parâmetro thread, durante 100 repetições para o caso de upload e 100 para o caso de download durante a execução dos testes. A Tabela 4 representa as requisições de downloads e uploads de arquivos com tamanhos e extensões distintas assim como os respectivos tempos de operação e quantidade de repetições para os casos de teste.

Tabela 4 - Requisições de downloads e uploads de arquivos

Caso de teste	Threads (Usuários)	Iteração (Repetições)	Arquivo (Extensão e tamanho)	Tempo Médio (Execução)
Upload	30	10	.swf 1 MB	1 min
Upload	10	50	.swf 1 MB	3 min
Upload	100	10	.swf 1 MB	8 min
Upload e Download	10	30	.swf 1 MB	1 min
Upload e Download	100	5	.swf 1 MB	3 min
Upload e Download	20	100	.swf 1 MB	11 min

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 4, as requisições de downloads e uploads tiveram um tempo médio de execução sem grandes diferenças, podendo-se considerar como sendo um resultado satisfatório para os casos de testes realizados. Para monitorar o Cache de Conteúdo, foi utilizada a ferramenta Cacti<sup>23</sup>. Esta ferramenta permite que sejam monitoradas as seguintes informações: capacidade de disco, consumo de memória e processamento. O dispositivo utilizado para o teste possuía 5 Gb de memória RAM. A Figura 16 abaixo apresenta o consumo de memória do Cache de Conteúdo em um intervalo de 22 horas. Como podemos observar, o consumo de memória é estável e não apresenta grandes variações.

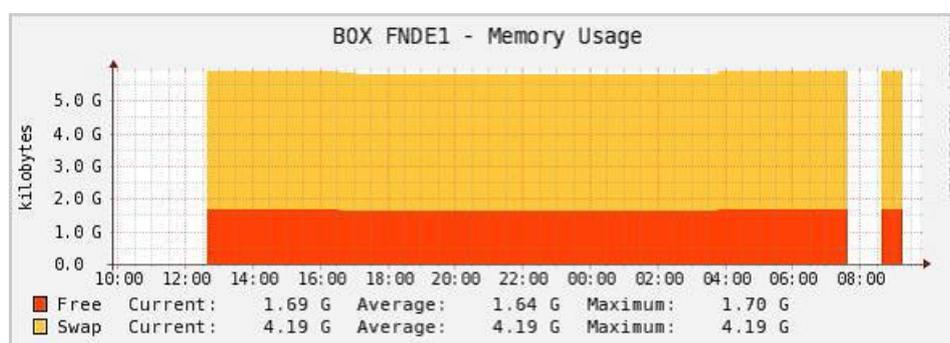


Figura 16 - Consumo de memória Cache de Conteúdo.

<sup>23</sup> <http://www.cacti.net/> Acessado em: Julho, 2014.

#### 4.4.4 Discussão dos Resultados Alcançados

De acordo com a metodologia e métricas dos testes executados, não foram identificados picos e/ou alterações no comportamento do serviço durante o processo, o mesmo se apresentou estável e performático em relação às funcionalidades testadas, nas várias situações simuladas pelo software JMeter. Desta forma podemos concluir que o uso da solução proposta como uma plataforma de armazenamento de dados comportou-se de maneira positiva ao procedimento.

#### 4.5 Possíveis Ameaças a Avaliação

A avaliação executada tem algumas limitações, as quais devem ser levadas em consideração em uma possível replicação do mesmo, como:

**Sincronismo.** Na avaliação realizada, em nenhum dos cenários foi possível demonstrar o sincronismo entre uma Nuvem Central e o Media Center de uma escola.

**Ambiente distribuído.** Na avaliação realizada, os peers clientes e de carga, servidor e servidor de busca do Ustore foram executados em máquinas virtuais em um mesmo servidor físico.

**Métricas de avaliação.** Poucas métricas foram utilizadas na avaliação de performance e carga de dados, em relação a avaliação da plataforma de armazenamento de dados integrada pela solução proposta.

#### 4.6 Sumário do Capítulo

Neste capítulo foi apresentada uma avaliação, em diferentes cenários, da solução proposta neste trabalho. Em todos os cenários, foi possível comprovar a eficiência na solução no que diz respeito a sanar o problema relativo à baixa conectividade nas escolas, através do uso de Pontos de Acesso Wi-Fi, que servem também como

caches dos conteúdos mais acessados pelos usuários, e que se comunicam com servidor da escola (Media Center).

As funcionalidades de upload, download e compartilhamento de conteúdos puderam ser validadas nos diferentes cenários, juntamente com casos de uso específicos para usuários com perfil de aluno e professor. Nos cenários relativo à avaliação de performance da plataforma de armazenamento de dados integrada a solução, foi possível verificar que a mesma atende as necessidades da solução proposta de forma eficaz.

Dessa forma, com os resultados obtidos com a avaliação realizada nos três cenários e também com a avaliação de performance, foi possível alcançar o objetivo de demonstrar a Nuvem Educacional Media Center como solução efetiva à baixa conectividade nas escolas de ensino público, e também como uma plataforma de armazenamento, compartilhamento e consumo de conteúdos educacionais digitais.

## 5 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Neste trabalho foi abordado o contexto atual da distribuição de recursos educacionais no Brasil e as dificuldades encontradas pelo Governo para a distribuição desses recursos, que vão desde problemas com os direitos autorais de livros didáticos até a logística de armazenamento e distribuição dos mesmos. Como uma alternativa plausível para as dificuldades encontradas a distribuição e acesso a esses recursos, foi abordado o conceito de Recursos Educacionais Abertos, também conhecidos como conteúdos educacionais digitais, e os benefícios que estes oferecem a sociedade.

Contudo, também se verificou a existência de obstáculos ao uso amplo de conteúdos educacionais digitais no Brasil. Os problemas encontrados dizem respeito à baixa conectividade, carência de banda larga e da necessidade de uma plataforma eficiente para o armazenamento e acesso a conteúdos educacionais dentro da rede de ensino pública do país. Alguns trabalhos relacionados baseados em softwares educativos disponíveis no mercado foram apresentados, porém o uso desses softwares fica comprometido devido à carência de banda larga e baixa conectividade nas escolas. Nesse contexto, foi apresentada e descrita uma proposta de solução para sanar os problemas relacionados à distribuição, armazenamento, compartilhamento e acesso a conteúdos educacionais digitais. A proposta do presente trabalho, denominada Nuvem Educacional Media Center, foi avaliada e se apresentou como uma solução de hardware e software eficiente para atender as necessidades existentes de alunos, professores, instituições de ensino e governo no que diz respeito ao acesso e compartilhamento de conteúdos educacionais digitais na rede pública de ensino.

Conclui-se então que, com o desenvolvimento e avaliação da Nuvem Educacional Media Center, foram alcançados os objetivos e hipóteses definidas neste trabalho, demonstrando assim que o uso de uma solução desenvolvida sobre uma plataforma de nuvem computacional pode melhorar os processos de distribuição e acesso a conteúdos educacionais digitais nas redes públicas de ensino no Brasil, e que a mesma pode diminuir consideravelmente o consumo de Internet dentro das escolas por meio de uma rede interna.

## 5.1 Trabalhos Futuros

Estes são alguns pontos que podem ser investigados como trabalhos futuros:

**Validação em ambiente distribuído.** Em uma próxima avaliação, deve-se levar em conta a utilização de um ambiente distribuído, de forma a simular um real ambiente de computação em nuvem.

**Análise e desenvolvimento de módulo de avaliação e recomendação de conteúdo baseado em Big Data.** Pesquisar conceitos de Big Data e recomendação de conteúdo para a área educacional, implementando as soluções selecionadas na etapa de pesquisa, para tornar possível a qualificação e classificação de conteúdos educacionais. Após a implementação das funcionalidades de recomendação, desenvolver um módulo de relatórios de recomendação de conteúdo pedagógico baseado no uso da Nuvem Educacional Media Center.

**Manutenção corretiva e evolutiva dos módulos desenvolvidos.** Após colher feedback de alunos, professores e gestores de escolas com projeto piloto da Nuvem Educacional, realizar correções e evoluções na solução baseadas nas sugestões e requisições dos usuários.

**Evolução dos algoritmos de distribuição de conteúdo visando performance e estabilidade em ambientes heterogêneos e em larga escala.** Avaliar performance e estabilidade dos algoritmos de distribuição para até dez mil nuvens federadas vinculadas a uma única Nuvem Central. Após essa avaliação, evoluir os algoritmos de distribuição de conteúdo, visando a obtenção de performance e estabilidade para até dez mil nuvens federadas vinculadas a uma única Nuvem Central.

**Evolução dos gerenciadores de bancos de dados visando performance e estabilidade em larga escala.** Avaliar performance e estabilidade dos bancos de dados para suportar até dez mil escolas e dez milhões de alunos vinculados a uma única Nuvem Central. Após isso, buscar evoluir a performance e estabilidade das estratégias de implementação da Nuvem Educacional Media Center, em relação a sua base de dados, visando atender o mesmo cenário.

## REFERÊNCIAS

- ABRE LIVROS. **PNLD 2014 - Valores Negociados para Livros Impressos e Conteúdos Multimídia**. Disponível em: <[http://www.abrelivros.org.br/home/images/pnld\\_2014\\_valores\\_de\\_aquisicao\\_por\\_e\\_ditoras.pdf](http://www.abrelivros.org.br/home/images/pnld_2014_valores_de_aquisicao_por_e_ditoras.pdf)>. Acessado em: Novembro, 2014.
- Assad, R. E. et al. **Desafios em cloud computing: Armazenamento, banco de dados e big data**. In Tópicos em Multimídia, Hipermídia e Web, pages 76– 111. Sociedade Brasileira de Computação. 2012.
- BELLONI, M. L. **Mídia-educação ou comunicação educacional? Campo novo de teoria e de prática**. In: \_\_\_\_\_. (Org.). A formação na sociedade do espetáculo. São Paulo : Loyola, 2002.
- BLATTMANN, U.; WEBER, C. **Dspace como repositório digital na organização**. Revista ACB: Biblioteconomia em Santa Catarina, Florianópolis, v.13, n.2, p.467-485, jul./dez., 2008. Disponível em: <<http://revista.acbsc.org.br/racb/article/view/593>>. Acessado em: Novembro, 2014.
- BOAGLIO, F. **Play Framework: Java para web sem Servlets e com diversão**. São Paulo: Casa do Código; 2013.
- CETIC. **TIC Educação 2012: Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nas escolas brasileiras**. NIC.br/CETIC.br, Jan. 2013. Disponível em: <<http://www.cetic.br/media/docs/publicacoes/2/tic-educacao-2012.pdf>>. Acessado em: Junho, 2014.
- CHAPPEL, D. (2008). **A Short Introduction to Cloud Platforms an Enterprise-Oriented View**. Chappell & Associates.
- COLLINS-SUSSMAN, B.; FITZPATRICK, B. W.; PILATO, C. M (2004). **Version Control with Subversion**. 1ª. ed. [S.l.]: O'Reilly Media. 304 p. ISBN 0-596-00448-6.
- CSABR (2012). **Adoção de Computação em Nuvem e suas Motivações**. Disponível em: <<https://chapters.cloudsecurityalliance.org/brazil/2012/08/17/white-paper-adocao-de-computacao-em-nuvem-e-suas-motivacoes/>>. Acessado em: Novembro, 2014.
- D'Antoni, S (2009). **Open Educational Resources: reviewing initiatives and issues**. Open Learning: The Journal of Open and Distance Learning, 24(1): 3-10.
- DEV MYSQL. **What is MySQL?** Disponível em: <<http://dev.mysql.com/doc/refman/4.1/en/what-is-mysql.html>>. Acessado em: Julho, 2014.
- Duarte, M. **Um algoritmo de disponibilidade em sistemas de backup distribuído seguro usando a plataforma peer-to-peer**. Master's thesis, Centro de Informática/UFPE. 2010.

Durão, F. et al. **Usto.re: A private cloud storage software system**. In Daniel, F., Dolog, P., and Li, Q., editors, *Web Engineering*, volume 7977 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 452–466. Springer Berlin Heidelberg. 2013.

FARIAS, M. **Protocolo de roteamento para redes wireless mesh**. Master's thesis, Faculdade de Informática/Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. 2008.

FASTCOM (2014). **Os benefícios da computação em nuvem para empresas**. Disponível em: <<http://www.pinceladasdawe.com.br/blog/2014/05/01/os-beneficios-da-computacao-em-nuvem-para-empresas/>>. Acessado em: Novembro, 2014.

FIELDING, T. **Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures**. 2000. 180 p. Tese (Doutorado). University of California, Irvine, 2000.

FREITAS, Neli Klix; RODRIGUES, Melissa Haag. (2008). **O livro didático ao longo do tempo: a forma do conteúdo**. DAPesquisa, Florianópolis, v. 1, n. 3, p. 1-8, ago. 2007/jul. 2008. Disponível em: <[http://www.ceart.udesc.br/revista\\_dapesquisa/volume3/numero1/plasticas/melissa-neli.pdf](http://www.ceart.udesc.br/revista_dapesquisa/volume3/numero1/plasticas/melissa-neli.pdf)>. Acessado em: Maio, 2014.

Garlan, D. and Shaw, M. **An introduction to software architecture**. Technical report, School of Computer Science Carnegie Mellon University Pittsburgh, Pittsburgh, PA, USA. 1994.

GIRAFFA, L. M. M. **Uma arquitetura de Tutor Utilizando Estados mentais**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre/RS, p. 177. 1999. Tese de Doutorado.

GOMES, A. S.; WANDERLEY, E. G. **Elicitando Requisitos em Projetos de Software Educativo**. IX Workshop de Informática na Escola (WIE) - XXIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC). Campinas: [s.n.]. 2003. p. 119-130.

HEISS, J. J. (2005). **Jxta technology brings the internet back to its origin**. Technical report, Oracle.

JACOBOSKI, R. I. (2012). **Uso do Moodle como Ferramenta de Apoio à Aprendizagem no Contexto da Tecnologia Digital**. Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação/UFRGS.

JUCÁ, S. C. S. **A Relevância dos Softwares Educativos na Educação Profissional**. Ciências e Cognição, v. 8, p. 22-28, Agosto 2006. ISSN 1806-5821.

KRUCHTEN, P. **The 4+1 view model of architecture**. *IEEE Softw.*, 12(6), 42–50. 1995.

LACERDA, R. D. A. **Proposta de um Modelo para Análise de Requisitos de Software Educativo**. Universidade de Brasília (UnB). Brasília/DF, p. 114. 2007. Dissertação de Mestrado.

Markle, B. (2013). **What is bootstrap?** Disponível em:

<<http://www.inmotionhosting.com/support/edu/joomla-3/using-bootstrap/what-is-bootstrap/>>. Acessado em: Julho, 2014.

Mell, P.; Grance, T. **The NIST definition of cloud computing**. Technical report, National Institute of Standardization. 2011.

MERIAT, Vitor. (2011). **Modelos de Serviço na Nuvem: IaaS, PaaS e SaaS**. Disponível em: <<http://vitormeriat.com.br/2011/07/08/modelos-de-servico-na-nuvem-iaas-paas-e-saas/>>. Acessado em: Julho, 2014.

MEZZARI, A. et al. **O uso do Moodle como reforço ao ensino presencial de parasitologia e micologia no curso de graduação em medicina**. Rev. bras. educ. med. vol.36 no.4 Rio de Janeiro Outubro/Dezembro. 2012

Ministério da Educação - MEC. **Programa Nacional de Tecnologia Educacional**. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/index.php?Itemid=462>>. Acessado em: Junho, 2014.

Ministério da Educação - MEC. **Guia dos Livros Didáticos**. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12389:guia-s-do-livro-didatico&catid=318:pnld&Itemid=1129](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12389:guia-s-do-livro-didatico&catid=318:pnld&Itemid=1129)>. Acessado em: Junho, 2014.

Ministério da Educação e Cultura - MEC. **Programa Nacional do Livro Didático**. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/index.php?Itemid=66&id=12391?option=com\\_contentview=article](http://portal.mec.gov.br/index.php?Itemid=66&id=12391?option=com_contentview=article)>. Acessado em: Maio, 2014.

Ministério da Educação – MEC. **Como é feita a distribuição dos livros do Programa Nacional do Livro Didático às escolas**. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=161&Itemid=230](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=161&Itemid=230)>. Acessado em: Maio, 2014.

Ministério da Educação – MEC. **Programa Nacional Biblioteca da Escola**. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12368&Itemid=575](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12368&Itemid=575)>. Acessado em: Maio, 2014.

Ministério da Educação – MEC. **Programa Nacional Biblioteca da Escola: Distribuição**. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/index.php?catid=195:seb-educacao-basica&id=12516:pnbe&option=com\\_content&view=article](http://portal.mec.gov.br/index.php?catid=195:seb-educacao-basica&id=12516:pnbe&option=com_content&view=article)>. Acessado em: Maio, 2014.

MURPHY, G. C.; KERSTEN, M.; FINDLATER, L. **How are Java software developers using the Eclipse IDE?** IEEE Software, 23, n. 4, Julho-Agosto 2006. 76-83.

OLIVEIRA, F. K.; OLIVEIRA, O. S. **Edmodo: Uma rede social educacional**. 4º Simpósio Hipertexto e Tecnologia na Educação, 1-16, 2012.

PORVIR. **Google Sala de aula já pode ser usado por escolas**. Disponível em: <<http://porvir.org/porfazer/google-sala-de-aula-ja-pode-ser-usado-por-escolas/20140814>>. Acessado em: Novembro, 2014.

PROMENINO. **MEC distribui 103 milhões de livros didáticos.** Disponível em: <<http://www.promenino.org.br/noticias/especiais/mec-distribui-103-milhoes-de-livros-didaticos>>. Acessado em: Maio, 2014.

ROSATTO, M. **Plataforma Edmodo no ensino da arte: dinamizando a aprendizagem colaborativa.** Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – CINTED/UFRGS, 2012.

SANTANA, Bianca; ROSSINI, Carolina; PRETTO, Nelson. **Recursos Educacionais Abertos: práticas colaborativas e políticas públicas.** Salvador; Edufba; Casa da Cultura Digital. 2012.

SANTOS, Andreia Inamorato. **Recursos Educacionais Abertos no Brasil: O Estado da arte, desafios e perspectivas para o desenvolvimento e inovação.** São Paulo; CETIC.br. 2013.

SILVEIRA, I. F. **Linguagem Java.** Info Wester, 2003. Disponível em: <<http://www.infowester.com/lingjava.php>>. Acessado em: Julho, 2014.

SMITH, MacKenzie et al. **DSpace: An Open Source Dynamic Digital Repository.** D-Lib Magazine, v. 9, n. 1, Jan. 2003. ISSN 1082-9873. Disponível em: <<http://www.dlib.org/dlib/january03/smith/01smith.html>>. Acessado em: Novembro, 2014.

STRAY, Chris. (1993). **Quia Nominor Leo: Vers une sociologie historique du manuel.** In: CHOPPIN, Alain (org.) Histoire de l'éducation. n° 58 (numéro spécial). Manuels scolaires, États et sociétés. XIXe-XXe siècles, Ed. INRP.

Taurion, C. **Cloud computing: computação em nuvem: transformando o mundo da tecnologia da informação.** Brasport, Rio de Janeiro. 2009.

Appcelerator. **Titanium Mobile Development Environment - TITANIUM.** Disponível em: <<http://www.appcelerator.com/titanium/>>. Acessado em: Julho, 2014.

UAB-CAPES. **O que é?** Disponível em: <[http://uab.capes.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6&Itemid=18/](http://uab.capes.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=6&Itemid=18/)>. Acessado em: Julho, 2014.

Ullah, S., Iqbal, M., and Khan, A. **A survey on issues in non-functional requirements elicitation.** In Computer Networks and Information Technology (ICCNIT), 2011 International Conference on, pages 333–340. 2011.

UNESCO/COL. **Guidelines for open educational resources (OER) in higher education.** Disponível em: <[http://www.col.org/PublicationDocuments/Guidelines\\_OER\\_HE.pdf](http://www.col.org/PublicationDocuments/Guidelines_OER_HE.pdf)>. Acessado em: Maio, 2014.

VALENTE, J. A. (org). **O Computador na Sociedade do Conhecimento.** Campinas, SP: UNICAMP/NIED, 1999.

VIANA, C. L. M.; MÁRDERO ARELLANO, M. A. **Repositórios institucionais baseados em DSpace e ePrints e sua viabilidade nas instituições acadêmicas**

**científicas.** Disponível em: <<http://eprints.rclis.org/8834/>>. Acessado em: Novembro, 2014.

WILEY, D.A. **Openness as Catalyst for an Educational Reformation.** EDUCAUSE, 45(4):14–20. 2010.

Zeng, W., Zhao, Y., and Ou, K. (2009). **Research on cloud storage architecture and key technologies.** Technology, Culture and Human, pages 4–8.

## APÊNDICE

### A.1 Visão de Caso de Uso

#### Aluno

[AL1]. Como aluno, eu gostaria de ter acesso às bibliotecas públicas de conteúdo educacional para pesquisa a partir de dispositivos móveis ou laboratórios da escola ou da minha casa.

[AL2]. Como aluno, eu gostaria de possuir uma área pessoal para guardar meus arquivos e compartilhá-los com colegas e professores.

[AL3]. Como aluno, eu gostaria de ter acesso ao conteúdo educacional adequado aos meus estudos atuais.

[AL4]. Como aluno, eu gostaria que a plataforma me recomendasse objetos educacionais relacionados aos meus estudos atuais.

[AL5]. Como aluno, eu gostaria de entrar em contato com outros alunos e professores que estejam tratando sobre o conteúdo o qual eu estou estudando neste momento.

[AL6]. Como aluno, eu gostaria de criar o meu próprio login e senha.

[AL7]. Como aluno, eu gostaria de poder editar as informações do meu perfil de usuário.

[AL8]. Como aluno, eu gostaria de ter acesso a um vídeo explicando como utilizar o sistema e uma avaliação do meu aprendizado com sugestões automáticas de melhorias.

#### Professor

[PR1]. Como professor, eu gostaria de poder acessar meus arquivos relacionados à escola a partir de um tablet ou notebook de qualquer lugar da escola ou da minha casa.

[PR2]. Como professor, eu gostaria de ver o conteúdo recomendado para as turmas que leciono.

[PR3]. Como professor, eu gostaria de acrescentar meus próprios objetos

educacionais ao conteúdo recomendado para os meus alunos.

[PR4]. Como professor, eu gostaria de ver o que outros professores têm utilizado de conteúdo relevante para turmas similares às minhas.

[PR5]. Como professor, eu gostaria de publicar o meu conteúdo para que outros professores possam utilizá-lo.

[PR6]. Como professor, eu gostaria de entrar em contato com outros professores que estejam trabalhando com turmas e conteúdos similares aos meus.

[PR7]. Como professor, eu gostaria de receber capacitação adequada de como utilizar estas tecnologias para melhorar minhas aulas.

[PR8]. Como professor, eu gostaria de criar o meu próprio login e senha.

[PR9]. Como professor, eu gostaria de poder editar as informações do meu perfil de usuário.

### **Administrador da Plataforma**

[AP1]. Como Administrador da Plataforma, eu gostaria de criar, modificar e apagar cadastros de usuários de todos os outros perfis, com a garantia de poder desfazer algum erro cometido.

[AP2]. Como Administrador da Plataforma, eu gostaria de ter acesso a todo e qualquer arquivo, e seus meta-dados, hospedado na plataforma.

### **Pedagogo**

[PG1]. Como pedagogo, eu gostaria de classificar de forma fácil os objetos educacionais a serem acrescentados à plataforma.

[PG2]. Como pedagogo, eu gostaria de classificar de forma fácil os objetos educacionais hospedados na plataforma.

[PG3]. Como pedagogo, eu gostaria de receber automaticamente todas as atualizações feitas nos repositórios autorizados de objetos educacionais.

[PG4]. Como pedagogo, eu gostaria de inserir objetos educacionais próprios da minha escola ou secretaria de educação.

### **Gestor de Tecnologia**

[GT1]. Como gestor de tecnologia da secretaria de educação, eu gostaria de cadastrar e validar facilmente todos os professores e alunos que desejem utilizar a

sua nuvem.

[GT2]. Como gestor de tecnologia da secretaria de educação, eu gostaria de poder visualizar o estado de saúde da plataforma.

### **Secretário de Educação**

[SE1]. Como Secretário de Educação, eu gostaria de ter relatórios sobre a utilização da plataforma.

[SE2]. Como Secretário de Educação, eu gostaria de saber em quantas e quais escolas a solução foi implantada.

[SE3]. Como Secretário de Educação, eu gostaria de saber quantos professores e alunos foram cadastrados.

[SE4]. Como Secretário de Educação, eu gostaria de saber quantos professores e alunos estão utilizando ativamente a plataforma.

[SE5]. Como Secretário de Educação, eu gostaria de saber se está sendo feito uso adequado da plataforma.

[SE6]. Como Secretário de Educação, eu gostaria de saber o que professores e alunos acham da plataforma e como melhorá-la.

[SE7]. Como Secretário de Educação, eu gostaria de saber se os acordos de nível de serviço estão sendo cumpridos.

[SE8]. Como Secretário de Educação, eu gostaria de saber se há escolas onde o sistema não está funcionando adequadamente, qual é o problema, por que está acontecendo e quando isso será solucionado.

[SE9]. Como Secretário de Educação, eu gostaria de avaliar periodicamente todos os professores e alunos sobre a implantação, capacitação e uso adequado da plataforma.

## A.2 Media Center Web (MCW)

**Meus Cursos.** Área onde o aluno pode ver conteúdos relacionados à turma cadastrada.

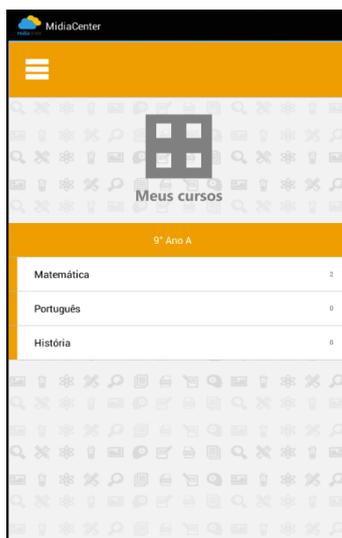


Figura 17 - Seção “Meus Cursos” da aplicação móvel.

**Minha Mochila.** Área destinada à visualização dos conteúdos sincronizados com o dispositivo, disponíveis off-line.

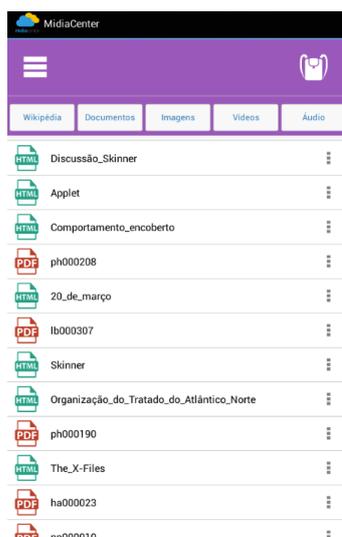


Figura 18 - Seção “Minha Mochila” da aplicação móvel.

**Biblioteca.** Área destinada a pesquisas em geral, utilizando todos os conteúdos disponíveis.



Figura 19 - Seção “Biblioteca” da aplicação móvel.

**Khan Academy.** Área especializada em visualização dos vídeos do Khan Academy, categorizada por áreas e cursos.



Figura 20 - Seção “Khan Academy” da aplicação móvel.

**Wikipedia.** Área destinada à pesquisa de conteúdos providos do Wikipédia.



Figura 21 - Seção “Wikipedia” da aplicação móvel.

**Perfil.** Área para visualização de informações pessoais.

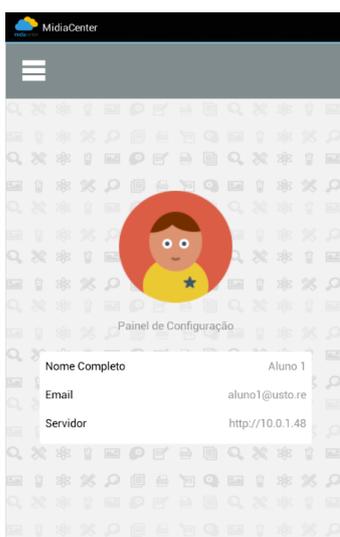


Figura 22 - Seção “Perfil” da aplicação móvel.