

Tiago Cinto

AMBIENTES VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM: PROPOSTAS DE  
EDITORAÇÃO E VISUALIZAÇÃO DE CONTEÚDO EDUCACIONAL  
PARA AULAS PRESENCIAIS E ONLINE

Campinas  
2014



Universidade Estadual de Campinas  
Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação

Tiago Cinto

AMBIENTES VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM: PROPOSTAS DE EDITORAÇÃO E VISUALIZAÇÃO  
DE CONTEÚDO EDUCACIONAL PARA AULAS PRESENCIAIS E *Online*

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica. Área de concentração: Telecomunicações e Telemática.

Orientador: Prof. Dr. Dalton Soares Arantes

Este exemplar corresponde à versão final da dissertação defendida pelo aluno, e orientada pelo Prof. Dr. Dalton Soares Arantes

---

Campinas  
2014

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura  
Rose Meire da Silva - CRB 8/5974

C493a Cinto, Tiago, 1990-  
Ambientes virtuais de aprendizagem : propostas de editoração e visualização de conteúdo educacional para aulas presenciais e online / Tiago Cinto. – Campinas, SP : [s.n.], 2014.

Orientador: Dalton Soares Arantes.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação.

1. Ambiente virtual de aprendizagem. 2. Ensino a distância. 3. Avatares. 4. Editoração. 5. Multimídia. I. Arantes, Dalton Soares, 1946-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

**Título em outro idioma:** Virtual learning environments : proposals for authoring and visualization of educational content

**Palavras-chave em inglês:**

Virtual learning environment

Distance learning

Avatars

Authoring

Multimedia

**Área de concentração:** Telecomunicações e Telemática

**Titulação:** Mestre em Engenharia Elétrica

**Banca examinadora:**

Dalton Soares Arantes [Orientador]

Cecilia Sosa Arias Peixoto

Yuzo Iano

**Data de defesa:** 11-06-2014


**Programa de Pós-Graduação:** Engenharia Elétrica

## COMISSÃO JULGADORA - TESE DE MESTRADO

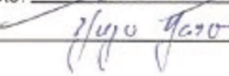
**Candidato:** Tiago Cinto

**Data da Defesa:** 11 de junho de 2014

**Título da Tese:** "Ambientes Virtuais de Aprendizagem: Propostas de Editoração e Visualização de Conteúdo Educacional para Aulas Presenciais e Online"

Prof. Dr. Dalton Soares Arantes (Presidente): 

Profa. Dra. Cecilia Sosa Arias Peixoto: 

Prof. Dr. Yuzo Iano: 



# Resumo

Acaloradas discussões envolvendo reformas no sistema educacional têm se tornado cada vez mais frequentes nos últimos anos. Isto se deve às dificuldades evidentes deste sistema em evoluir ao mesmo passo do desenvolvimento tecnológico. Uma vez que nos dias atuais as pessoas passam grande parte do tempo interagindo direta ou indiretamente com dispositivos tecnológicos, pode-se pensar em utilizar este envolvimento com fins educacionais. Por meio desta interação tem-se acesso fácil e barato a uma vasta quantidade de informação. Com todo este avanço e considerando que estudantes e professores atualmente já possuem acesso a estas tecnologias, pode-se pensar em metodologias que aprimorem o ensino focando-se nos fundamentos do conhecimento, ao invés da ênfase na simples memorização de conteúdos. Assim sendo, o objetivo deste trabalho é apresentar uma análise do contexto educacional atual e propor um sistema de criação de conteúdo interativo, bem como um professor virtual (*avatar*), na tentativa de tornar a experiência de aprendizagem mais rica e motivadora para os alunos. Resultados com avaliações sobre as ferramentas propostas demonstraram perspectivas muito boas para este tipo de interação como, por exemplo, aumento da motivação do aluno e boa retenção do conhecimento.

Palavras-chave: Ambiente Virtual de Aprendizagem. Ensino a Distância. Avatares. Editoração. Multimídia.





# Abstract

Heated debates involving reforms in the educational system are becoming more and more frequent in recent years. This is due to the increasingly evident shortcomings in the educational system and its difficulties to evolve at the same pace as technological development. Since nowadays people spend much of their time interacting directly or indirectly with technological devices, we can think of using this involvement with educational purposes. Through this interaction we have easy and inexpensive access to a vast amount of information. With all this progress and considering that students and teachers currently already have access to these technologies, we can think of methodologies to improve education by focusing on the foundations of knowledge, rather than the emphasis on the memorization of contents. Therefore, the aim of this work is to present an analysis of the current educational context and propose an interactive content authoring system as well as a virtual professor (avatar) in an attempt to make learning experience richer and more motivating to students. Results from tool evaluations showed good perspectives for this type of interaction, for instance, increased student motivation and good knowledge retention.

Key-words: Virtual Learning Environment. Distance Learning. Avatars. Authoring. Multimedia.



# Índice

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Problema de Pesquisa . . . . .	1
1.2	Motivação . . . . .	4
1.3	Objetivos do Trabalho . . . . .	5
1.4	Organização do Documento . . . . .	6
<b>2</b>	<b>Novas Mídias e Ensino: O Advento da Sala de Aula Invertida</b>	<b>7</b>
2.1	A Instrução por Pares nos Cursos de Física de Harvard . . . . .	7
2.2	Histórico da Sala de Aula Invertida . . . . .	8
2.3	Em que Consiste a Sala de Aula Invertida? . . . . .	9
2.4	Benefícios e Implicações do Modelo . . . . .	12
2.5	Considerações Finais . . . . .	13
<b>3</b>	<b>O Uso de <i>Avatares</i> na Interação com Computadores</b>	<b>15</b>
3.1	Considerações Finais . . . . .	17
<b>4</b>	<b>Ambientes Virtuais de Aprendizagem</b>	<b>19</b>
4.1	<i>edX</i> . . . . .	19
4.2	<i>Coursera</i> . . . . .	21
4.3	<i>Moodle</i> . . . . .	22
4.4	<i>Khan Academy</i> . . . . .	23
4.5	<i>Adessowiki</i> e <i>Teleduc</i> . . . . .	24
4.6	Considerações Finais . . . . .	25
<b>5</b>	<b>A Editoração de Aulas e Livros e a Criação de Conteúdos Interativos Educa- cionais</b>	<b>27</b>
5.1	Ambientes de Editoração de Conteúdo . . . . .	28
5.2	Considerações Finais . . . . .	32
<b>6</b>	<b>Avaliação de Novas Mídias Educacionais</b>	<b>33</b>
6.1	Abordagens Quantitativa, Qualitativa e Mista de Avaliação . . . . .	33
6.2	Avaliações em Ambientes Virtuais de Aprendizagem . . . . .	34

6.3	Avaliações em Objetos de Aprendizagem . . . . .	35
6.4	Abordagem de Avaliação Adotada . . . . .	37
6.5	Considerações Finais . . . . .	37
<b>7</b>	<b>Ambiente Virtual de Aprendizagem: o Editor de Aulas Virtuais</b>	<b>39</b>
7.1	Arquitetura do Ambiente . . . . .	39
7.1.1	<i>Player</i> Multimídia . . . . .	41
7.1.2	Codificador Multimídia . . . . .	42
7.1.3	Gerenciador de Processos . . . . .	42
7.1.4	Sistema TTS . . . . .	43
7.1.5	Interpretores de Projeto e de Idiomas . . . . .	43
7.1.6	Módulo de Criptografia . . . . .	44
7.1.7	Módulo de Idiomas . . . . .	44
7.2	Requisitos Funcionais da Ferramenta . . . . .	45
7.3	Interfaces de Usuário . . . . .	47
7.4	Requisitos Não-Funcionais da Ferramenta . . . . .	50
7.5	Projetos <i>VClass</i> . . . . .	52
7.5.1	A Linguagem de Marcação de Aulas Virtuais . . . . .	53
7.6	Considerações Finais . . . . .	58
<b>8</b>	<b>Ambiente Virtual de Aprendizagem: a Sala de Aula Virtual</b>	<b>59</b>
8.1	Requisitos Funcionais da Ferramenta . . . . .	59
8.2	Interfaces de Usuário . . . . .	61
8.3	<i>Avatares</i> Apresentadores de Conteúdo . . . . .	66
8.4	Fluxo de Execução da Sala de Aula Virtual . . . . .	67
8.5	Arquitetura do Ambiente . . . . .	69
8.6	Requisitos Não-Funcionais da Ferramenta . . . . .	70
8.7	Considerações Finais . . . . .	70
<b>9</b>	<b>Metodologia Utilizada</b>	<b>71</b>
9.1	Estudo de Caso I . . . . .	71
9.1.1	Estudo Piloto . . . . .	72
9.1.2	Estimação da Confiabilidade do Questionário Usando o Coeficiente Alfa de Cronbach . . . . .	73
9.2	Estudo de Caso II . . . . .	76
9.3	Considerações Finais . . . . .	77
<b>10</b>	<b>Resultados e Discussão</b>	<b>79</b>
10.1	Estudo de Caso I . . . . .	79
10.1.1	Instrumento de Coleta de Dados . . . . .	80
10.1.2	Amostra Populacional . . . . .	81
10.1.3	Análise Quantitativa dos Dados . . . . .	84
10.1.4	Análise Qualitativa dos Dados . . . . .	86
10.2	Estudo de Caso II . . . . .	93

10.2.1	Instrumento de Coleta de Dados . . . . .	93
10.2.2	Amostra Populacional . . . . .	95
10.2.3	Análise dos Dados . . . . .	96
10.2.4	Considerações Finais . . . . .	97
<b>11</b>	<b>Conclusões</b>	<b>99</b>
<b>12</b>	<b>Apêndice A: Questionário de Avaliação</b>	<b>103</b>
	<b>Bibliografia</b>	<b>104</b>



AOS MEUS PAIS, PAULO E KELLY.





# Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus, pela vida, pela sabedoria, pelo conhecimento e pelas conquistas que tem me agraciado.

Agradeço à toda minha família e amigos, por terem acreditado em mim. Em especial, à minha mãe, Kelly, por nunca ter medido esforços em me apoiar, principalmente nos momentos de dificuldade e incertezas do início do projeto. Ao meu pai, Paulo Sérgio, pelos exímios exemplos e suporte oferecido durante o período que estive ausente de casa.

Igualmente agradeço à minha namorada, Marina Calça, por ter me ensinado que as coincidências não encontram-se somente nos sobrenomes, estão nos gestos e atitudes. Em especial, pelas cobranças e palavras, muitas vezes ásperas, que me motivaram a vencer os obstáculos deste projeto. Obrigado por estar sempre ao meu lado nesses últimos anos, pelo amor, companheirismo e cumplicidade.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Dalton Soares Arantes, pelos ensinamentos, oportunidades e confiança em realizar este trabalho. Suas orientações, tanto profissionais, quanto pessoais, serão levadas para a vida toda. Faço destas minhas palavras para demonstrar tamanha gratidão e estima.

Igualmente agradeço à Profa. Dra. Cecilia Sosa Arias Peixoto, pelas sábias orientações que vêm me agraçando desde os tempos de Graduação, com os projetos de Iniciação Científica e Monografia, pelas oportunidades oferecidas e por valorosamente ter contribuído com este projeto.

Agradeço aos meus colegas do laboratório de trabalho, André Nascimento, Ariadne Arrais, Carlos Carrión, Cláudio Dias, Fábio Lumertz e Veruska Moreira, pelas conversas, descontrações, trocas de experiências e, por vezes, orientações fornecidas. Em especial, ao Harlei Miguel pela cooperação e contribuições com este projeto.

Igualmente agradeço aos Professores que tive o imenso prazer de conhecer durante as disciplinas que cursei nesses últimos 2 anos e meio, por terem positivamente contribuído com minha formação com seus ensinamentos. A cada nome, um agradecimento em especial: Obrigado Prof.

Dr. Yuzo Iano, Prof. Dr. José Mario De Martino, Prof. Dra. Cecilia Baranauskas, Prof. Dr. Luís Melloni e Prof. Dr. Ivan Ricarte.

Um agradecimento especial a todos os colegas que tive a oportunidade de conhecer nesses últimos anos. Em especial, ao Luiz Franco e Rodrigo Morbach pela convivência interpessoal, trocas de experiências e colóquios de barzinho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro para a realização deste projeto, bem como à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e Padtec S.A., pelo apoio material e financeiro ao ComLab.

E, por fim, mas não menos importante, agradeço a todos que colaboraram direta, ou indiretamente, com este trabalho, muito obrigado!

*“Plante seu jardim e decore sua alma, ao invés de esperar que alguém lhe traga flores. E você aprende que realmente pode suportar, que realmente é forte, e que pode ir muito mais longe depois de pensar que não se pode mais. E que realmente a vida tem valor e que você tem valor diante da vida!”*

William Shakespeare



# Lista de Figuras

4.1	Ambiente Virtual de Aprendizagem <i>edX</i> . . . . .	20
4.2	Ambiente Virtual de Aprendizagem <i>Coursera</i> . . . . .	22
4.3	Ambiente Virtual de Aprendizagem <i>Moodle</i> . . . . .	23
4.4	Ambiente Virtual de Aprendizagem <i>Khan Academy</i> . . . . .	24
5.1	Exemplo de Objeto de Aprendizagem Criado pelo <i>Xerte</i> [70]. . . . .	29
5.2	Exemplo de Livro Interativo [17]. . . . .	30
7.1	Arquitetura do Editor de Aulas. . . . .	40
7.2	<i>Player</i> Multimídia do Editor de Aulas. . . . .	41
7.3	Diagrama de Casos de Uso do Editor de Aulas. . . . .	47
7.4	Interface de Edição de Cenas. . . . .	48
7.5	Interface de Edição de <i>Quizzes</i> . . . . .	49
7.6	Interface de Edição de Questionários. . . . .	50
7.7	Interface de Edição de Materiais de Consulta. . . . .	51
7.8	Projeto <i>VClass</i> . . . . .	53
8.1	Diagrama de Casos de Uso da Sala de Aula Virtual. . . . .	60
8.2	<i>Head Up Display</i> da Sala de Aula Virtual. . . . .	62
8.3	Interface de Realização de Perguntas. . . . .	63
8.4	Interface de Seleção de Aulas. . . . .	64
8.5	Erro na Consistência de um Projeto de Aula. . . . .	65
8.6	Exibição de Aula no Ambiente. . . . .	65
8.7	Interface de Resolução do <i>Quiz</i> Interativo. . . . .	66
8.8	Diagrama de Máquina de Estados da Sala de Aula Virtual. . . . .	68
8.9	Configurações Gráficas da Sala de Aula de Virtual. . . . .	69
10.1	Gráfico dos Cursos dos Indivíduos da Amostra do Estudo de Caso I. . . . .	81
10.2	Gráfico da Faixa Etária dos Indivíduos da Amostra do Estudo de Caso I. . . . .	82
10.3	Gráfico do Nível Acadêmico dos Indivíduos da Amostra do Estudo de Caso I. . . . .	82

10.4	Gráfico do Sexo dos Indivíduos da Amostra do Estudo de Caso I. . . . .	83
10.5	Gráfico dos Resultados de Aprendizado. . . . .	85
10.6	Gráfico dos Resultados da Qualidade de Uso. . . . .	85
10.7	Gráfico dos Resultados da Motivação de Uso. . . . .	86
10.8	Gráfico do Nível Acadêmico dos Indivíduos da Amostra do Estudo de Caso II. .	95
10.9	Gráfico da Faixa Etária dos Indivíduos da Amostra do Estudo de Caso II. . . .	96
10.10	Gráfico do Percentual de Acertos dos Alunos nas Questões Propostas. . . . .	97

# Lista de Tabelas

9.1	Valores Críticos do Coeficiente e Intervalos de Confiança. . . . .	73
9.2	Parâmetros Estatísticos do Estudo Piloto. . . . .	73
10.1	Escala Likert de 5 Níveis. . . . .	80
10.2	Parâmetros Estatísticos do Estudo Consolidado. . . . .	84
10.3	Dados Gerais do Questionário Utilizado. . . . .	84
10.4	Escala de Pontuação dos Comentários. . . . .	87
10.5	Quadro de Respostas do Questionário. . . . .	95





# Lista de Siglas e Abreviaturas

3D	Três Dimensões
API	<i>Application Programming Interface</i>
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
URL	<i>Unified Resource Locator</i>
CDIO	<i>Conceive, Design, Implement and Operate</i>
CNI	Confederação Nacional da Indústria
EAD	Ensino a Distância
GPL	<i>General Public License</i>
GPU	<i>Graphical Processing Unity</i>
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
IC	Grau de Confiança
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IHC	Interface Homem-Computador
JiTT	<i>Just-in-Time Teaching</i>
LMS	<i>Learning Management System</i>
MOOC	<i>Massive Online Open Course</i>
MOODLE	<i>Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment</i>
PBL	<i>Problem Based-Learning</i>
PDF	<i>Portable Format Document</i>
PHP	<i>Hypertext Preprocessor</i>
ROI	<i>Return on Investment</i>
SAPI	<i>Speech Application Programming Interface</i>
STEM	<i>Science, Technology, Engineering, and Mathematics</i>
SCORM	<i>Sharable Content Object Reference Model</i>
TDIC	Tecnologia Digital de Informação e Comunicação
TTS	<i>Text-to-Speech</i>
VCML	<i>Virtual Class Markup Language</i>
VCTML	<i>Virtual Class Translation Markup Language</i>
VLE	<i>Virtual Learning Environment</i>
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>



# Introdução

## 1.1 Problema de Pesquisa

Nos últimos anos, o advento das novas tecnologias tem transformado a vida em sociedade. Todas as áreas vêm sendo progressivamente mudadas e aperfeiçoadas. A educação, como exceção, é um segmento que ainda resiste a utilizar grande parte do aparato tecnológico disponível. Como resultado, desinteresse e baixo desempenho estudantil estão sendo frequentemente associados aos processos enraizados do aprendizado tradicional. Isso tem despertado o interesse dos pesquisadores na busca por meios e processos na tentativa de uma reforma educacional baseada nas TDIC (Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação) [25].

A geração atual de estudantes está acostumada com ambientes dinâmicos que dificilmente são encontrados em salas de aulas tradicionais. Novos métodos de ensino que usam os avançados dispositivos tecnológicos são necessários atualmente, especialmente considerando uma reestruturação da prática tradicional do aprendizado. A nova geração de ensino, entretanto, implica em meios diferentes de reflexão sobre objetivos, métodos e ambientes, que pode abrir um novo leque de possibilidades para estudantes, educadores e instituições [12].

Os estudantes dos dias de hoje cresceram interagindo com computadores, *videogames* e outros recursos tecnológicos. Isso torna o paradigma de “aprender-fazendo” ainda mais importante atualmente, como complemento aos métodos tradicionais nas novas propostas de ensino de jovens. No trabalho de Papert [71] é sugerido que a melhor forma de aprender seria por meio da colocação em prática do conhecimento adquirido diante das necessidades do dia a dia, na construção de entidades públicas. Nesse caso, esse processo é dito ser de construção de conhecimento apoiando-se, para isso, em aspectos tangíveis, os quais resultam em produtos que podem ser discutidos, analisados, avaliados, externalizados e admirados pelo aprendiz.

De acordo com Calkins e Vogt [12], um sistema de ensino ideal sob a perspectiva dos estudantes deveria ser:

- Personalizado: isso é necessário para acomodar a grande variedade de perfis dos estudantes;

- Flexível: ambientes dinâmicos podem ser a chave para esse conceito;
- Interativo e motivador: os estudantes cresceram interagindo com computadores e ambientes dinâmicos, não se pode, portanto, continuar esperando atitudes passivas no aprendizado;
- Relevante: evitar conteúdo desnecessário, apresentar somente o que é necessário;
- Controlado por seus ritmos: boa parte dos estudantes preferem ter controle sobre o ritmo de seus estudos;
- Informado: os estudantes sempre desejam obter *feedback* rápido sobre seus progressos;
- Colaborativo: o trabalho em grupo parece obter resultados bastante satisfatórios. Como exemplo, pode-se citar a metodologia de *Peer Instruction*, que será discutida com maiores detalhes posteriormente, no Capítulo 2. Essa metodologia tem contribuído significativamente com a retenção em cursos de STEM.
- Responsivo e assistivo: mesmo que o conteúdo apresente certa complexidade, é necessário a acertividade com os estudantes;
- Desafiador mas alcançável: evitar complexidade demasiada, caso contrário, os alunos podem não conseguir atingir seus objetivos ou se tornarem desmotivados;
- Disponível: tecnologias em alta atualmente referem-se aos MOOCs (ver Capítulo 4), que são cursos *online* abertos oferecidos de maneira massiva. Atualmente, milhares de estudantes podem cursar cursos *online* a qualquer momento, de qualquer lugar do mundo.

Nos últimos anos, é crescente o desinteresse dos alunos do ensino médio por cursos nas áreas chamadas de STEM (*Science, Mathematics, Engineering, Technology*) por não as considerarem criativas ou inovadoras [55]. Para as mulheres, em particular, este processo é ainda mais acentuado. Este desinteresse vem sendo gerado, muitas vezes, pela concepção imprecisa do papel e responsabilidade dos profissionais que atuam nessas áreas por parte dos estudantes. Para eles, engenheiros, por exemplo, existem para consertar itens técnicos e não se envolvem diretamente com inovação. Isso ocorre por não associarem engenharia à tecnologia e inovação [96, 13].

As consequências deste cenário já começam a ser percebidas pela indústria. No Brasil, por exemplo, estima-se que haja atualmente uma carência de 150 mil engenheiros, segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI). No país, a proporção é de 6 engenheiros para cada mil habitantes economicamente ativos. Em países desenvolvidos, tais como Estados Unidos e Japão, essa proporção é de 25 profissionais para cada mil trabalhadores [66].

Não se pode, portanto, continuar esperando atitudes passivas nos estudos dos alunos da geração atual, por crescerem e terem sido educados em ambientes de interação ativa e constante com computadores, *videogames* e demais recursos tecnológicos.

Neste contexto, pesquisadores vêm propondo metodologias e ferramentas para contornar os problemas acima descritos, na tentativa de tornar o ensino mais atrativo às novas gerações. Marasco e Behjat [55], como exemplo, propuseram um *framework* multidisciplinar para ensino de Eletrônica e Eletricidade em cursos de Engenharia Elétrica, de forma integrada às disciplinas de inglês, física, estudos sociais e artes. Esse *framework* é baseado nas técnicas de CDIO (*Conceive, Design, Implement, Operate*) [18] e PBL (*Problem-Based Learning*) [37]. Outros autores sugerem o uso de WebLabs (laboratórios virtuais) e simuladores para tornar o ensino atrativo [2, 15, 14, 63]. Estes métodos, no entanto, necessitam: (i) salas de aulas equipadas acústica e visualmente; (ii) áudio e vídeo de alta qualidade; (iii) uso de computadores nas salas; (iv) proposição de desafios reais.

Atualmente, com a ajuda da *Internet*, milhares de estudantes podem cursar simultaneamente cursos *online* oferecidos nas mais diversas áreas de conhecimento. Universidades como Harvard, MIT e Stanford adotaram o paradigma de ensino a distância e têm obtido bons resultados com seus MOOCs, oferecidos por meio das plataformas Coursera<sup>1</sup> e edX<sup>2</sup>.

Em adição a “Educação a Distância” (EAD), o conceito de “Sala de Aula Invertida” parece ser um solução eficiente para tornar as aulas mais dinâmicas e atrativas [99, 57, 1, 36, 83]. A reversão nas salas de aula refere-se a uma alteração da estrutura pedagógica tradicional de exposição de conteúdos e sugestão de tarefas. Neste novo modelo, o estudantes são incentivados a estudarem sozinhos, lendo livros e artigos, assistindo vídeos e resolvendo atividades pontuais como tarefas de casa. As aulas são, portanto, redirecionadas para focarem em projetos, laboratórios e discussões. Neste contexto, tecnologias e novas mídias são ferramentas valiosas para a contribuição com o sucesso desse conceito. Em poucas palavras, o valor dessa inversão está na transformação das disciplinas em *workshops*, onde os alunos podem testar seus conhecimentos na aplicação de conceitos e interagir uns com os outros, ou seja, “estude em casa e pratique em sala de aula” [28].

A metodologia de “Instrução por Pares” (*Peer Instruction*) também vem sendo usada de maneira similar. Proposta pelo professor Eric Mazur, envolve os estudantes estudando livros e conteúdos multimídia em suas casas e participando de discussões em sala de aula, assistidos por seus professores. Inicialmente usada em cursos introdutórios de Física em Harvard, rapidamente se disseminou para outras disciplinas e instituições dada sua eficiência e flexibilidade frente aos métodos tradicionais de ensino baseados na exposição oral de conteúdo [21, 30, 76]. Watkins e Mazur [93], por exemplo, descobriram um aumento significativo da retenção dos estudantes de STEM que tiveram oportunidade de manter contato com essa técnica. Segundo eles, fornecer oportunidades aos estudantes de pensarem, responderem e ativamente interagirem nas salas de aulas pode contribuir significativamente para a retenção em cursos dessas áreas.

Em conjunto com as “Salas de Aula Invertidas”, a “Instrução por Pares” e as ferramentas de simulação, propostas de ensino baseado em *avatars* também tem sido publicadas nos últimos

---

<sup>1</sup>[www.coursera.org](http://www.coursera.org)

<sup>2</sup>[www.edx.org](http://www.edx.org)

anos [78, 34, 26, 91, 65].

Um dos principais problemas destas metodologias de ensino invertido é a falta de tempo ou de interesse dos estudantes em dedicarem algum período para estudarem [28]. Neste contexto, propõe-se, neste trabalho, um ambiente virtual de aprendizagem de apresentação de conteúdo usando *avatares*, para ser usado em conjunto com estas técnicas. Portanto, pode-se dizer que foram desenvolvidas duas plataformas: uma em que o professor trabalha a criação e edição de aulas virtuais e outra em que os estudantes assistem a essas aulas.

## 1.2 Motivação

Atualmente, há um intenso uso de várias tecnologias e ferramentas computacionais no dia a dia. A proposta é aproveitar toda essa tecnologia disponível no ambiente de ensino. A interação com essas novas tecnologias viabiliza o acesso a um número extraordinário de informações que antes eram inacessíveis à maioria dos instrutores e alunos.

Com todo esse avanço e considerando que grande parte dos alunos tem acesso a dispositivos tecnológicos, pode-se pensar em uma metodologia educativa que valorize o ensino baseado na conceituação do conhecimento, em contraposição à simples memorização.

No entanto, para aproveitar os benefícios da tecnologia, deve-se ter um ambiente de ensino que possibilite a aplicação efetiva dessas novas metodologias. Isso envolve a criação de ferramentas computacionais para aprimorar o ensino e estimular a interação constante do aluno com os professores, monitores, colegas de classe e com as próprias ferramentas utilizadas em sala de aula.

A fim de explorar todo o aparato tecnológico é necessário adaptar as salas de aula, de forma a permitir o melhor uso de todos os recursos disponíveis. Pode-se utilizar salas de aula com projetores de alta definição, sistemas de som de alta fidelidade, lousa digital, dispositivos de interação para cada aluno (*tablets*, *notebooks*, etc), acesso a rede de banda larga, dentre outros dispositivos que podem variar conforme a tecnologia adotada. Isso deve seguramente incentivar os alunos e instrutores a usarem a tecnologia como um meio muito eficiente de estudo.

Também é necessário estimular os professores a criar novas metodologias que utilizem todos os recursos tecnológicos que possam ser usados em sala de aula. Parece de fundamental importância a formação de equipes de profissionais, envolvendo professores experientes e iniciantes, monitores de diversos níveis (mestrado, doutorado e pós-doutorado), para o oferecimento de disciplinas teóricas com abordagem prática, utilizando ferramentas de simulação, visualização e de interação.

Atualmente, a enorme quantidade de informação disponível na *Internet* parece muito além de nossa capacidade de explorá-la com eficiência. Desde simples imagens às extensas enciclopédias gratuitas, o conteúdo é vasto e imensurável. Com um clique de um *mouse* somado a alguns termos de busca, uma imensidão de conteúdo é retornada. Neste contexto, fazer uso deste arsenal todo é de grande valia para os professores. Incentivar os alunos a buscar conteúdo na *Internet*,

além de ensinar técnicas de seleção e filtragem de conteúdos contribuem significativamente com o aprendizado e mostram aos aprendizes outro universo além dos livros didáticos e apostilas.

O incentivo ao desenvolvimento de projetos em equipes ou individuais, com apresentações em sala de aula, estimula os alunos a agirem ativa e efetivamente no contexto da disciplina. Desta forma, os aprendizes são convidados a buscar fontes de conteúdo extra-classe visando entender o problema, além de desenvolverem e trabalharem suas próprias soluções, o que os torna, de certa forma, “*experts*” no assunto em questão. A apresentação e os debates dos projetos familiarizam os alunos com situações pedagógicas reais, pois são levados a assumirem o papel de tutores frente à sala, mesmo que por um curto período de tempo.

Por outro lado, o estímulo ao aprendizado de línguas estrangeiras e dos métodos de redação técnica e científica expandem significativamente o horizonte da experiência do aluno. Isto aumenta sua auto-estima e acrescenta a seu universo toda a informação disponibilizada nesses outros idiomas, estimulando a produção de conteúdo e a familiarização com redação acadêmica.

## 1.3 Objetivos do Trabalho

O propósito deste trabalho baseia-se essencialmente na criação de aulas virtuais lecionadas por *avatares* na tentativa de criar uma abordagem motivadora aos alunos. Neste contexto, os professores atuam na criação de conteúdo, que será lecionado aos alunos por meio de *avatares* em ambientes de ensino 3D. Os ambientes propostos têm por objetivo complementarem o aprendizado tradicional com novas técnicas de ensino na tentativa de atender a demanda tecnológica criada pela geração atual de estudantes. Esses ambientes podem ainda ser recursos de grande valia em contextos de “Sala de Aula de Aula Invertida” ou de “Intrusão por Pares”, onde muitas vezes é notável a falta de interesse dos estudantes em dispenderem algum tempo para estudarem [28].

O trabalho foi feito em duas plataformas distintas: um Editor de Aulas Virtuais e uma Sala de Aula Virtual.

O Editor de Aulas Virtuais possui como objetivo apoiar os professores no processo de criação de aulas em um formato amigável e simplificado. A editoração de aulas é feita temporalmente, com auxílio de uma linha do tempo, semelhante ao que é adotado nos principais *softwares* de edição de vídeos. Uma grande gama de multimídia pode ser inserida nessas aulas, tais como vídeos, imagens, sons, documentos, URLs, etc., para enriquecer o conteúdo apresentado.

A Sala de Aula Virtual, por sua vez, tem por objetivo fornecer meios e subsídios para a execução das aulas modeladas no editor. Nessa plataforma, existem 2 *avatares* apresentadores, um do sexo masculino e outro, feminino. Em poucas palavras, esse ambiente é composto por lousas, telas de projeção, computadores, projetores, mesas e cadeiras, ou seja, elementos tipicamente encontrados em salas tradicionais. Ele simula uma sala de aula real, na qual o *avatar* pode interagir com os objetos ali presentes.

## 1.4 Organização do Documento

O presente trabalho está organizado como se segue.

O Capítulo 1 contém a Introdução desse documento, contendo tópicos relevantes ao desenvolvimento dessa pesquisa como, por exemplo, problema, motivação e objetivos.

O Capítulo 2 discorre a respeito do advento da metodologia de “Sala de Aula Invertida”, como as novas mídias e tecnologias podem efetivamente ser incorporadas ao ensino, além de um histórico de aplicação do conceito.

No Capítulo 3 são levantados os principais trabalhos envolvendo *avatares* dos últimos anos. Não somente são descritos trabalhos aplicados à educação, mas também à outras áreas, de forma a destacar a multidisciplinaridade destas ferramentas.

No Capítulo 4 são elicitados e descritos os principais Ambiente Virtuais de Aprendizagem (AVAs) em evidência nas agendas de pesquisa dos últimos anos. De sistemas gerenciadores de conteúdo às plataformas de oferecimento de cursos massivos, os benefícios e oportunidades de aplicação são discutidos, além de relatos de uso mal sucedido.

O Capítulo 5 tem por objetivo apresentar algumas abordagens interessantes de editoração de conteúdo educacional encontradas no desenvolver dessa pesquisa.

No Capítulo 6 são discutidos as formas mais eficazes de avaliação de tecnologias educacionais, além de fornecer e descrever parte dos instrumentos da metodologia de avaliação usada com as propostas deste trabalho.

O Capítulo 7 descreve extensamente a proposta de editoração de conteúdo deste trabalho, enfatizando seus principais tópicos, fornecendo detalhes de sua arquitetura e discutindo seus benefícios mais evidentes.

No Capítulo 8 é apresentada a proposta de sala de aula para exibir os conteúdos modelados no editor discutido no capítulo anterior.

O Capítulo 9 tem por objetivo descrever a metodologia de pesquisa empregada para validar as ferramentas propostas nesse trabalho, além fornecer justificativas para a realização de um estudo piloto para ajustar as estatísticas da população.

No Capítulo 10 são discutidos os principais resultados obtidos nas pesquisas de campo com as ferramentas propostas.

Por fim, o documento encerra-se com a Conclusão, dando fecho ao texto deste trabalho e sugerindo possíveis vertentes de trabalhos futuros.



# Novas Mídias e Ensino: O Advento da Sala de Aula Invertida

## 2.1 A Instrução por Pares nos Cursos de Física de Harvard

No final da década de 90, mais precisamente em 1997, o professor Eric Mazur, da Universidade de Harvard, desenvolveu a metodologia *Peer Instruction* (“Instrução por Pares”), que aborda um método de ensino interativo centrado nos alunos, a qual consiste em [59]:

1. Em sala de aula, o professor propõe questões baseadas nas respostas dos alunos às leituras pré-classe;
2. Os alunos refletem sobre as questões;
3. Os alunos chegam a um consenso;
4. O professor revisa as respostas dadas;
5. Os alunos discutem suas ideias e respostas com seus pares;
6. Os alunos novamente chegam a um consenso;
7. O professor novamente revisa as respostas dadas e decide onde é necessário mais explicação, antes de avançar para um novo conceito e o ciclo se repetir.

Esta técnica foi usada inicialmente em cursos introdutórios de Física da Universidade de Harvard e rapidamente se disseminou para outras disciplinas e instituições dada sua eficiência e flexibilidade frente aos tradicionais métodos de ensino [21, 30, 76]. Nos estudos de Watkins e Mazur [93] foi possível constatar um significativo aumento da retenção dos alunos de STEM em cursos introdutórios de Física que usavam a metodologia em comparação com os cursos tradicionais. Desta forma, os autores levantaram a hipótese de que o oferecimento de oportunidades

para os estudantes pensarem, responderem e interagirem ativamente em sala de aula pode contribuir significativamente para a retenção nos cursos nessas áreas. Além do mais, os significativos resultados apresentados pela técnica vem conduzindo sucedidas propostas de sua integração a outras metodologias de ensino [92] como, por exemplo, o JiTT (*Just-in-Time Teaching*), onde estudos e testes pré-classe são propostos de forma a servirem como eixos norteadores em sala de aula, suscitando discussões entre educadores e alunos [68].

Ainda em 97, em seus estudos, Eric Mazur também deu indícios de quais seriam os novos paradigmas de ensino dos dias atuais, transformados principalmente pela inserção de computadores e dispositivos tecnológicos no meio:

“[...] Acredito que estamos vendo o início do processo e o computador irá em breve se tornar uma parte integral da educação. Computadores não irão substituir os professores, mas irão certamente fornecer ferramentas dinâmicas para aperfeiçoar a qualidade da educação.” (Mazur [59], em uma tradução literal)

## 2.2 Histórico da Sala de Aula Invertida

A técnica de “Instrução por Pares” forneceu meios e subsídios para a criação do que posteriormente viria a ser chamado de “Sala de Aula Invertida” (*Flipped Classroom*), conceito usado designar uma mudança no paradigma tradicional de ensino. Outras definições para o termo são dadas por “Sala de Aula Reversa” (*Inverted Classroom*) ou mesmo “Instrução Reversa” (*Reverse Instruction*) [28, 45, 82, 99, 57, 1, 36, 83, 3].

Reverter uma sala de aula consiste em mudar o modelo pedagógico de ensino usual referente à exposição oral e às tarefas de casa. Nesse novo modelo, os estudantes são incentivados a assistir vídeos em casa antes do início das aulas, as quais são remanejadas para conter projetos, atividades ou mesmo discussões. Dessa forma, instrumentos tecnológicos e novas mídias tornam-se instrumentos valiosos para o sucesso do conceito. Em poucas palavras, o valor dessa inversão está na transformação das disciplinas em *workshops*, onde os alunos podem testar seus conhecimentos na aplicação dos conceitos e interagir uns com os outros em atividades práticas [28].

Em meados de 2000, Baker [3] apresentou o termo “Sala de Aula Invertida” pela primeira vez em seu “*The Classroom Flip: Using Web Course Management Tools to Become the Guide by the Side*”. O modelo proposto em seu trabalho propunha aos professores o uso de ferramentas *online* de ensino e gerenciamento de aulas para serem usados para delegar tarefas de casa aos alunos. Em classe, os professores teriam mais tempo para atividades de ensino interativo mais aprofundadas e apoio aos estudantes.

Ainda em 2000, Lage et al. [45] discutiram as implicações da inversão da sala de aula em um curso de Economia na Universidade de Miami, descrevendo como as novas características foram usadas para acomodar a diversidade de perfis de aprendizado entre os alunos.

Em 2006, Salman Khan deu início à *Khan Academy*, uma organização educacional sem fins lucrativos, sediada na Califórnia, nos Estados Unidos, cujo foco é o oferecimento de educação de qualidade e gratuita para qualquer pessoa. A organização conta com uma plataforma *online* de exposição de conteúdo rico baseado em vídeos e exercícios (Ver Seção 4.4).

Em 2007, Jeremy Strayer, em sua tese de doutorado, fez estudos dos métodos invertidos de ensino em comparação com os tradicionais. O autor lecionou algumas disciplinas em que gravou a si mesmo dando aula e ofereceu aos alunos a possibilidade de assisti-las em casa. Em sala de aula foram atribuídos projetos motivadores a eles, com a utilização de técnicas tradicionais de ensino aliadas às tecnologias interativas. O autor acreditava que a possibilidade dos alunos poderem pausar, retroceder e transitar livremente por entre os vídeos fosse torná-los mais aptos a aprender novos conceitos [82].

Em 2009, Zappe et al. [99] se propuseram a estudar as reações dos estudantes frente a essa nova metodologia de ensino. Embora não tenham sido mantidos grupos de controle e experimentais para o estudo, os autores puderam constatar uma reação bastante positiva dos alunos, com a forte opinião de que as técnicas reversas de ensino ajudavam a melhorar o entendimento dos conteúdos.

## 2.3 Em que Consiste a Sala de Aula Invertida?

De acordo com a organização Educause [28], em aulas tradicionais os alunos tentam entender o que está sendo dito, o que frequentemente os faz perder pontos importantes do discurso. Eles também não podem refletir sobre as exposições, muitas vezes por estarem tentando transcrever as palavras de seus professores. O uso de vídeo-aulas e outros recursos tecnológicos coloca-os sob o controle do fluxo de execução e apresentação dos conteúdos. É interessante também ressaltar a possibilidade da inclusão de pessoas com necessidades especiais com o uso de legendas. Ao delegar o tempo de instrução a estes recursos, o professor pode se preocupar com aspectos antes despercebidos das aulas como, por exemplo, as dificuldades dos alunos, a identificação de erros de raciocínio, etc.

Não há um modelo bem definido em se tratando de “Salas de Aulas Invertidas”; entretanto, pode-se atribuir uma inversão à todas as estruturas de ensino que contiverem conteúdos pré-classe sendo oferecidos aos alunos, para transformar as aulas no ambiente físico na execução de projetos práticos. Segundo Educause [28] e Zappe et al. [99], um modelo simples e tradicional de ser aplicado consiste nos alunos assistindo vídeo-aulas pré-classe de no máximo 20 minutos, seguidos por *quizzes* e atividades *online* para mensurar o quanto aprenderam, o que permite um *feedback* imediato dos resultados. Em sala de aula, os professores podem conduzir grupos de discussão ou transformá-las em laboratórios de atividades, de forma a suscitar a prática dos conteúdos aprendidos. Nesse caso, algumas ferramentas que podem ser muito úteis na apresentação de recursos audiovisuais *online* dizem respeito a:

- *YouTube* ([www.youtube.com](http://www.youtube.com)): site mantido pelo Google, onde é possível realizar o *broadcasting* de vídeos de forma gratuita;
- *TED-Ed* ([www.ed.ted.com](http://www.ed.ted.com)): plataforma onde é possível a criação e edição de vídeo-aulas para posterior publicação na *Web*;
- *Khan Academy* ([www.pt.khanacademy.org](http://www.pt.khanacademy.org)): site usado como referência na disponibilização de conteúdo educacional, em que as aulas são lecionadas usando uma mesa digitalizadora;
- *Vimeo* ([www.vimeo.com](http://www.vimeo.com)): site similar ao *YouTube*, onde a criação de canais para postagem de vídeos e posterior transmissão de conteúdo é possível;
- *MathTV* ([www.mathtv.com](http://www.mathtv.com)): repositório de materiais gratuitos para ensino de matemática, contendo vídeos, atividades, planilhas e apostilas;
- *e-Unicamp* ([www.ggte.unicamp.br/e-unicamp](http://www.ggte.unicamp.br/e-unicamp)): repositório de vídeos instrucionais gratuitos mantido pela Universidade Estadual de Campinas;
- *e-Aulas USP* ([www.eaulas.usp.br](http://www.eaulas.usp.br)): repositório mantido pela Universidade de São Paulo, pelo qual são oferecidos vídeos das disciplinas dessa instituição;
- *Unesp Aberta* ([www.unesp.br/unespaberta](http://www.unesp.br/unespaberta)): site mantido pela Universidade Estadual Paulista, pelo qual são disponibilizados os materiais e recursos pedagógicos desenvolvidos em suas disciplinas.

Para a aplicação de questionários e realização de atividades, as seguintes ferramentas podem ser úteis:

- *Google Docs* ([www.docs.google.com](http://www.docs.google.com)): mantida também pela empresa norte-americana Google, trata-se de uma suíte *online* completa de *softwares* voltados à produtividade com textos, planilhas e apresentações;
- *ThatQuiz* ([www.thatquiz.org](http://www.thatquiz.org)): repositório de testes matemáticos para todos os níveis de alunos;
- *Blackboard Quiz* ([www.blackboard.ku.edu](http://www.blackboard.ku.edu)): site gratuito para modelagem e aplicação de *quizzes* interativos.

Economides [27], ao fazer um levantamento do estado-da-arte das tecnologias educacionais usadas atualmente, insere a “Sala de Aula Reversa” como um dos principais itens:

- *Massive Online Open Courses* (MOOCs);
- “Salas de Aula Invertidas”;

- *Learning Management Systems* (LMS);
- *Broadcasting* de vídeos sob demanda (*YouTube*);
- Comunicação em tempo real pela *Web*;
- Advento de *gadgets* tecnológicos (*smartphones*, celulares, *tablets*, etc.);
- Popularização dos *links* de *Internet* de alta velocidade.

Há muitos mitos e realidades envolvendo o conceito de “Sala de Aula Invertida”. Segundo Bergmann et al. [7], inverter uma sala de aula não pode ser considerado:

- Sinônimo para vídeos *online*. Muitas pessoas ao ouvirem o termo pela primeira vez são remetidas a essa interpretação. A “Sala de Aula Invertida” corresponde à interação e às atividades instrucionais ricas;
- Substituir professores por vídeos;
- Cursos *online*;
- Alunos trabalhando de forma desestruturada;
- Alunos em frente ao computador o tempo todo;
- Alunos trabalhando de forma isolada.

Ainda segundo Bergmann et al. [7], bons exemplos de salas de aula que foram invertidas com sucesso correspondem a:

- Formas de aumentar a interação entre professores e alunos;
- Ambientes onde os alunos assumem papel ativo no aprendizado;
- Instrução direta, com aprendizado construtivista;
- Uma sala de aula onde os conteúdos são frequentemente arquivados para consulta;
- Um local onde os estudantes são incentivados a estudar por conta própria;
- Um local onde a educação é personalizada.

## 2.4 Benefícios e Implicações do Modelo

O uso de “Salas de Aula Invertidas” vem se tornando recorrente nos últimos anos, dados os benefícios notadamente comprovados [99, 57, 1, 36, 83]. Embora consideravelmente recente, à medida que o conceito torna-se popular, novas propostas de sua adaptação pelo uso dos novos recursos tecnológicos são criadas. Particularmente, com a emergência de novos *gadgets* tecnológicos (*smartphones*, *tablets*, *laptops*, etc.), o acesso a esse tipo de ensino torna-se ubíquo e pode, portanto, ser acessado de qualquer lugar. Convém enfatizar também a necessidade das universidades e instituições de se adaptarem para acomodarem esse novo formato de pedagogia [28].

Com relação à efetividade do modelo, vários autores vêm se propondo a estudá-la [99, 57, 1, 36, 83]. Mason et al. [57], por exemplo, se propuseram a analisar seus benefícios e, para isso, os autores executaram um experimento controlado entre duas turmas do curso de Sistemas de Controle, da Universidade de Seattle: uma experimental e outra de controle. O estudo tinha por objetivo verificar a efetividade da “Sala de Aula Invertida” nos seguintes aspectos: (i) cobertura de conteúdo; (ii) desempenho dos estudantes em provas e avaliações; (iii) percepção dos estudantes com o novo formato. Dentre os principais resultados descobertos, citam-se:

- Mais conteúdos puderam ser cobertos pelo professor;
- O desempenho dos estudantes foi melhor se comparado ao formato tradicional de aplicação de provas e exames ao fim do curso;
- Embora os estudantes tenham se mostrados receosos com o formato no início, foram capazes de se adaptar rapidamente a ele, de modo a considerá-lo satisfatório e efetivo.

Amresh et al. [1], por sua vez, aplicaram a metodologia para ensinar Programação em alguns cursos de Engenharia na Universidade do Arizona. Os autores tinham por objetivo equacionar as seguintes dúvidas: (i) verificar se a metodologia é efetiva; (ii) impacto da “Sala de Aula Invertida” sobre a eficácia dos estudantes; (iii) a opinião dos estudantes sobre a metodologia; (iv) que características da metodologia ajudam os alunos a aprender. Grupos de controle e experimental foram mantidos para este experimento. Resultados preliminares do estudo mostraram que a metodologia impacta positivamente as notas dos estudantes, bem como aumenta a eficácia com as habilidades de programação aprendidas. Apesar dos bons resultados obtidos, os autores não chegam a uma conclusão a respeito de quais aspectos de uma sala de aula tradicional representam maior relevância para serem invertidos.

Herold et al. [36] fizeram estudos da eficácia da inversão da sala de aula tomando como base a remodelação de uma disciplina tradicional de Engenharia de *Software*, oferecida pela Universidade de Ohio. Os autores inicialmente avaliaram o tempo médio empregado pelos estudantes com estudos fora da sala de aula, com a preocupação de não sobrecarregá-los com as atividades que eram propostas no decorrer do curso. A conclusão obtida foi de que o tempo empregado foi

praticamente o mesmo dos estudos propostos por metodologias tradicionais. Segundo eles, um dos objetivos das salas de aula invertidas é aumentar a qualidade e quantidade das discussões entre os estudantes dentro da sala de aula. Embora o estudo tenha demonstrado aumentos significativos com relação a quantidade nesse aspecto, não foi possível mensurar a qualidade das discussões.

Uma das preocupações do estudo de Herold et al. [36] era com relação à retenção dos alunos aos estudos extra-classe, em outras palavras, a possibilidade de os estudantes envolvidos não se empenharem em estudar antes das aulas em suas casas. A solução encontrada foi a proposição de *quizzes* semanais para cada conteúdo passado, que compuseram as notas finais dos alunos. Essa estratégia acabou por se mostrar uma excelente atitude motivadora. Os autores também investigaram o tempo médio de preparação dos conteúdos para essa modalidade de sala de aula e puderam constatar que houve redução do esforço empregado nessa preparação, que envolveu basicamente a busca por conteúdo audiovisual que pudesse ser aproveitado com os alunos.

O trabalho de Strayer [83] teve por objetivo analisar a cooperação, a inovação e a organização em “Salas de Aula Reversas”. Sendo assim, o autor conduziu experimentos controlados entre turmas que frequentaram um curso introdutório de Estatística em uma Universidade norte-americana. Os resultados obtidos indicaram que os alunos que experimentavam o novo modelo, ao final do semestre, estavam mais aptos aos trabalhos cooperativos. Muitos estudantes associavam também o modelo invertido de ensino à inovação, por poderem aplicar o que aprendiam em situações práticas. A estrutura de organização da sala de aula foi algo que deixou a desejar. Vários alunos reportaram ter tido bastante dificuldade para se adaptar à nova proposta de administração de conteúdos, muito embora tivessem sido sucedidos nessa tarefa.

Uma das principais críticas dos alunos ao ouvirem falar dessa metodologia pela primeira vez diz respeito à possibilidade de perda de comunicação facial com seus professores, o que pode fazê-los exitar em aceitar as características de aprender-fazendo propostas. Os estudantes podem também não dar o devido valor às atividades práticas propostas por estarem acostumados às tradicionais exposições em frente ao quadro negro. Em adição, faz-se necessário fornecer meios para que eles possam ser integrados digitalmente na “Sala de Aula Reversa”, pois pode haver certa defasagem tecnológica entre eles [28].

## 2.5 Considerações Finais

Embora simples e promissor, o paradigma da “Sala de Aula Reversa” pode, facilmente, ser mal interpretado. Isso devido ao projeto de uma boa aula reversa envolver uma preparação cuidadosa. Além do mais, a gravação das aulas exige grande dedicação e esforço, bem como as atividades precisam ser cuidadosamente integradas aos conteúdos ministrados. Em adição, o professor pode precisar aprender novas habilidades para por em prática as aulas, o que introduz uma curva de aprendizado para o modelo. Aulas bem estruturadas e preparadas contribuem para a motivação dos alunos [28]. Isso sem mencionar os custos com equipamentos de gravação e as

dificuldades de atualização e/ou alteração do conteúdo gravado. Neste contexto, são propostas nesse trabalhos duas ferramentas na tentativa de equacionar estes problemas: uma para a editoração de conteúdo educacional e outra para a visualização deste conteúdo, usando uma abordagem contendo *avatares* apresentadores.

Ao longo deste capítulo o advento da “Sala de Aula Invertida” foi descrito. Da “Instrução por Pares” aos modernos equipamentos de simulação, a metodologia reversa trabalha diretamente a abordagem construtivista de construção de conhecimento, em que os alunos assumem papel ativo no aprendizado e deixam de ser simples espectadores dos conteúdos. Casos de sucesso de “Salas de Aula Invertidas” precisam ser planejados com cautela, para que o contexto de aplicação não se torne sinônimo de alunos trabalhando descoordenadamente e sem organização. A autoria de materiais educacionais para essa modalidade de aula também exige cuidado e, portanto, faz-se necessária a criação de ferramentas especializadas de suporte a esse processo. Apesar das implicações do modelo que devem ser levadas em conta ao se aplicá-lo, seu uso reflete novos paradigmas para o ensino dos dias de hoje. Economides [27], por exemplo, sugere que o termo “Educação Colaborativa” deve ser usado em detrimento de “Educação a Distância”, considerado por ele, a tempos, ultrapassado. É interessante ressaltar que “Salas de Aula Reversas” não devem ser entendidas como formas de substituir o professor e o aprendizado tradicional por recursos tecnológicos, mas sim como meios de se apoiá-lo, tornando-o mais motivador aos alunos.



## O Uso de *Avatares* na Interação com Computadores

Atualmente, em virtude da popularização dos computadores de alto poder de processamento e renderização de componentes gráficos, os ambientes virtuais de ensino passaram a usufruir - mesmo que, muitas vezes, de forma experimental - de recursos gráficos em três dimensões na tentativa de tornar a experiência de aprendizado mais próxima a de uma sala de aula real, proporcionando ao aluno um contexto com o qual já está familiarizado.

Esses novos ambientes têm sugerido a incorporação de *avatares* tutores no ensino assistido por computadores dos últimos anos. De modo geral, pode-se afirmar que o uso desta abordagem traz grandes benefícios e aumenta o interesse dos estudantes pelo aprendizado [16, 50, 56].

A importância do uso de *avatares* é evidenciada por diversos autores, que sugerem uma receptividade maior da informação transmitida por estes personagens. De acordo com Escudero e Fuentes [29]:

“[...] Nos últimos anos os *avatares* surgiram como bons apresentadores de conteúdo. Parece que receber informação de *avatares* humanos nos faz mais receptivos a essa informação.” (Escudero e Fuentes [29], em uma tradução literal)

Em virtude de seus impactos benéficos, é objetivo dos pesquisadores buscar a criação de *avatares* para uma gama variada de aplicações. Pode-se tomar como exemplos iniciais a instrução de crianças autistas [44] e o uso no tratamento à delinquência juvenil [72]. Dada a multidisciplinaridade dessas aplicações, há também propostas de *avatares* para serem usados em ambientes de transcrição de textos para a linguagem de libras [26].

Para os autores do primeiro trabalho citado, o autismo é um distúrbio comunicativo que demanda intervenções em vários aspectos da vida do portador como, por exemplo, sua comunicação e habilidades de tomada de decisão. Neste contexto, o trabalho teve por objetivo estudar as principais necessidades que regem as intervenções aos autistas e propor um protótipo que criasse um cenário onde portadores desse distúrbio pudessem ser tratados. A plataforma

proposta suportava *avatares*, síntese de fala e conteúdo multimídia. O foco era na interação autista-educador, ou seja, o usuário era levado ao papel de um tutor que precisava interagir com portadores desta doença. Resultados apontaram grandes potenciais para este tipo de intervenção para o problema, bem como um ensino aprimorado para aqueles que usufruíram dela [44].

Para o caso referente ao tratamento à delinquência juvenil com *avatares*, de autoria de Paracha et al. [72], foi sugerido o uso de personagens virtuais que criavam um vínculo emocional com o aprendiz. Segundo os autores, o problema da delinquência juvenil é bastante comum no Paquistão e, por meio da pesquisa, eram mostrados caminhos alternativos aos jovens em um ambiente seguro, com o qual eles podiam se identificar.

Além das aplicações anteriormente tratadas, houve também trabalho que propusesse *avatares* de auxílio ao aprendizado *online* [34, 91, 78, 39]. Segundo Grujic e Kovacic [34], agentes virtuais são personagens capazes de entreter seu interlocutor em interações. Em seu trabalho foi proposto um tutor para ser usado em um sistema de ensino, chamado Victor. Integrado a um sistema de *e-learning*, ele era capaz de interagir empaticamente com quem o utilizava. Seu objetivo não era ensinar os alunos, mas demonstrar reações emocionais de acordo com a desempenho deles no decorrer da resolução das atividades.

Além da abordagem anteriormente comentada, outra proposta para o ensino *online* foi apresentada por Wang e Chen [91]. Assim como no primeiro trabalho, o foco deste tutor também não era ensinar diretamente os estudantes, mas sim ser integrado em ambientes de *e-learning* para acompanhar e reagir empaticamente às atitudes dos alunos. A abordagem utilizada na criação consistia na modelagem e animação dos modelos 3D do personagem, para posterior gravação das animações em vídeos que eram mostrados aos alunos, com base em um sistema de tomada de decisões. Resultados demonstraram concordância dos utilizadores com os sentimentos apresentados, assim como aumento significativo na qualidade das tarefas realizadas.

Chao et al. [16] também apresentaram um agente afetivo para ser usado no reconhecimento de emoções dos alunos e melhorar *feedback* fornecido a eles. O propósito do estudo era aumentar o interesse e motivação pelo aprendizado pelo provimento de um *feedback* direcionado a cada um de seus utilizadores. Avaliações de usabilidade realizadas indicaram um bom grau de satisfação com a ferramenta, bem como aumento na motivação com o aprendizado.

Proposta semelhante para o ensino *online* foi apresentada por Mao e Li [54], onde foi projetado um ambiente de aprendizagem que, em conjunto com um tutor, era capaz de reconhecer o estado afetivo dos estudantes por meio de expressões faciais, fala e texto, bem como se adaptar a ele.

Nos trabalhos de Hu e Zao [39] e de Sharma et al. [78] foram propostos ambientes virtuais 3D de aprendizagem onde os estudantes podiam se conectar e interagir remotamente uns com os outros e com seus professores com o intuito de assistir aulas, todos eles representados virtualmente por *avatares*.

O trabalho de autoria de Mohammed e Mohan [61], por sua vez, teve como abordagem a

proposição de um jogo de cunho educacional, criado para o ensino de habilidades de programação, fazendo menções às semióticas presentes na cultura de seus utilizadores. Estudos revelaram um ganho significativo na carga cognitiva dos estudantes submetidos a jogá-lo.

No entanto, nem todos os estudos realizados com *avatares* propuseram um ambiente de interação ou um personagem virtual de auxílio ao ensino. Alguns autores dedicaram seus trabalhos a avaliar os impactos da introdução destes agentes no aprendizado. Cita-se, como exemplo, o estudo de Mascitti et al. [56], em que o objetivo foi o de descrever os benefícios educacionais, culturais e pedagógicos do uso *avatares* no ensino. Foram feitas análises de alguns ambientes e, dentre os resultados obtidos, pode-se citar um aumento no engajamento dos estudantes durante a interação.

No que diz respeito às metodologias empregadas, agentes virtuais podem utilizar várias técnicas atualmente disponíveis. Na pesquisa de Leung et al. [49], por exemplo, foi apresentada uma série de ferramentas e processos para construir ambientes virtuais de aprendizagem contendo *avatares*, bem como um protótipo utilizando a abordagem proposta. O protótipo desenvolvido foi um *game show 3D* para o ensino. O comportamento dos *avatares* era modificado de acordo com as ações de cada usuário. Para cada participante que interagiu com o ambiente um perfil era criado para facilitar nas decisões tomadas.

Lin e Tsai [50], por sua vez, utilizaram ontologias para criar seu sistema, o qual era capaz de reconhecer o estado emocional dos usuários analisando as entradas textuais fornecidas para prover uma saída visual adequada. Resultados das avaliações mostraram uma opinião bastante positiva dos avaliadores que tiveram oportunidade de interagir com a ferramenta.

Feidakis et al. [31], pelo contrário, não se dispuseram a propor abordagens de construção, mas sim direcionaram seus estudos ao levantamento e análise das taxonomias para a construção de agentes virtuais. Segundo eles, o propósito de seu estudo foi oferecer uma visão crítica das taxonomias utilizadas e do provimento de *feedback* adequado.

A criação de ambientes virtuais incorporados de *avatares* pode se tornar uma tarefa dispendiosa, envolvendo o uso de complexas ferramentas de modelagem, animação e síntese de voz. Com o intuito de viabilizar essas propostas, muitos autores têm sugerido o uso de plataformas reaproveitáveis de criação de mundos virtuais como, por exemplo, o Second Life e o OpenSim [74, 84, 97, 98, 5].

### 3.1 Considerações Finais

Ao longo deste capítulo várias abordagens de *avatares* foram descritas, cada qual com suas características e aplicações bem-definidas. Em especial, nota-se uma evidente tendência em incluir o processo de reconhecimento de emoções e tomada de decisões usando Inteligência Artificial na construção destes personagens, com o objetivo de tornar o *feedback* gerado por eles cada vez mais direcionado a cada um dos utilizadores em particular. Para este trabalho, pode-se dizer que ambos os *avatares* previstos possuem comportamento mais simplificado, de

forma a atuarem principalmente na exposição do conteúdo modelado. Não é possível, portanto, interagir com eles, como se interagisse com um agente virtual inteligente; entretanto, evidencia-se a importância e a validade destas funcionalidades como possíveis trabalhos futuros para as ferramentas desenvolvidas.

# Ambientes Virtuais de Aprendizagem

Ambientes Virtuais de Aprendizagem, comumente abreviados para AVAs, são sistemas que simulam salas de aulas virtuais. AVAs são usualmente empregados no oferecimento de cursos nas modalidades a distância e semi-presencial.

Em geral, o acesso aos AVAs é feito por sistema de *login*, o que confere aos participantes papéis bem definidos no ambiente. O professor pode acompanhar o progresso dos alunos, criar atividades, corrigir trabalhos, estabelecer prazos, etc. Os alunos, por sua vez, podem acompanhar os cursos e interagir uns com os outros, bem como com seus professores.

Dentre as principais formas de interação presentes nesses ambientes podem-se citar os *chats*, *blogs*, *wikis* (enciclopédias) e fóruns de discussão, todas elas voltadas ao contexto educacional e à interação aluno-professor.

É comum encontrar os cursos sendo oferecidos individualmente, em salas de aulas virtuais distintas, com o controle sendo feito por código de acesso ou senha. Os conteúdos ficam disponíveis a qualquer momento para os alunos, contanto que os mesmos possuam as devidas credenciais de acesso.

Dentre os principais sistemas que usufruem das características acima descritas podem-se citar o *edX*, *Coursera*, *Moodle*, *Khan Academy*, *Teleduc* e *Adessowiki*. Nas próximas seções discorre-se a respeito de cada um deles, descrevendo quais são suas principais características e particularidades.

## 4.1 *edX*

O *edX* ([www.edx.org](http://www.edx.org)) é uma plataforma gratuita *online* de cursos fundada pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) em parceria com a Universidade de Harvard em Março de 2012. Estudantes de qualquer lugar do mundo podem se inscrever a qualquer momento e assistir qualquer um dos cursos disponíveis em sua base de dados. Certificados de conclusão das disciplinas podem ser emitidos, na grande maioria das vezes, sem custos. Dentre as principais instituições mundiais de ensino atualmente oferecendo cursos na plataforma podem-se citar,

além de suas criadoras, as Universidades de Berkeley, de Cornell, de Washington, de Toronto, de Hong Kong, de Boston e de Queensland [38].

A plataforma conta atualmente com um mecanismo de constante aperfeiçoamento de si mesma, baseado na análise da experiência de uso de seus usuários. São coletadas informações que são utilizadas para estudo e criação de melhorias no ensino *online* e presencial. Alguns dos fatores atualmente sendo estudados são a retenção do interesse dos estudantes pelos cursos, o aprendizado proporcionado e as taxas de conclusão das disciplinas. Resultados iniciais já apontam boas perspectivas para esse modelo novo de ensino [10, 60].

O uso do *edX* é usualmente associado ao conceito de “Sala de Aula Invertida”, em que o aluno assume um papel ativo no aprendizado e passa a buscar novas formas de obtenção de conteúdo.

Em geral, os cursos oferecidos na plataforma baseiam-se em vídeo-aulas, resolução de problemas interativos, laboratórios *online* e fóruns de discussão. Sua interface é rica em conteúdo, assim como pode-se ver na Figura 4.1. Ela assemelha-se muito ao paradigma proposto tradicionalmente em AVAs, onde repositórios das disciplinas são criados para fornecer aos alunos materiais de estudo. Os estudantes podem então estudar os conteúdos, interagir com outros usuários e professores, fazer exercícios e provas, consultar materiais de apoio, dentre outros. No *edX*, em especial, nota-se uma atenção especial à globalização do conteúdo, de forma que as vídeo-aulas em língua estrangeira são quase todas transcritas em um sistema de legendas para que todos possam assisti-las, mesmo não tendo conhecimento do idioma em que ela é oferecida.

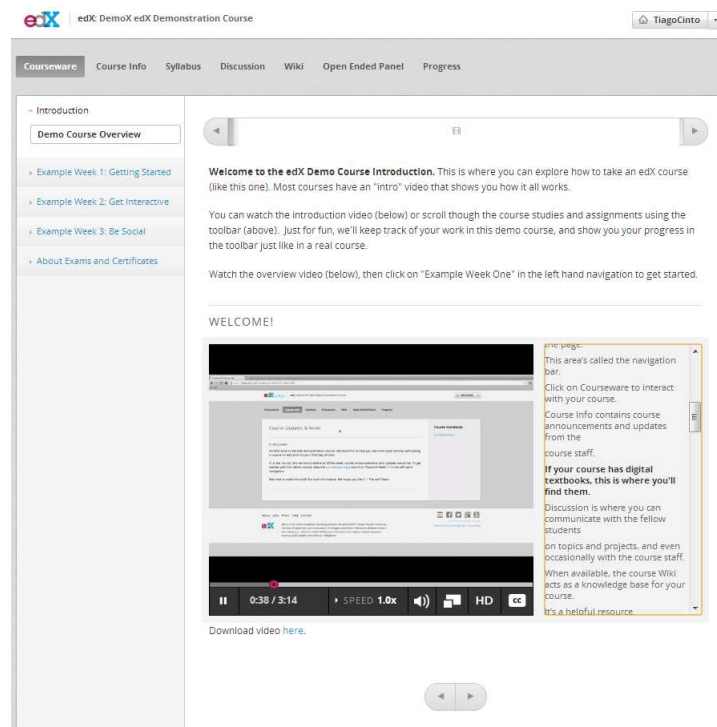


Figura 4.1: Ambiente Virtual de Aprendizagem *edX*.

Outro recurso interessante do *edX* é a possibilidade do acompanhamento do progresso das disciplinas que são cursadas, por meio de infográficos que são mostrados aos usuários sobre seus respectivos desempenhos. Ferramentas de enciclopédia, *wikis*, por exemplo, também podem ser criadas pelas instituições que oferecem os cursos para servir de material de apoio aos estudantes.

Trata-se de uma plataforma aberta de ensino licenciada sob a licença GNU Affero, que permite que qualquer um possa lançar seu próprio *edX*. Dada a flexibilidade e qualidade proporcionada pela plataforma, algumas empresas e instituições trabalham atualmente em ramificações de sua arquitetura como, por exemplo, o *OpenEdX* ([www.online.stanford.edu/openedx](http://www.online.stanford.edu/openedx)), vinculado à Universidade de Stanford, e o *Mooc.org* ([www.mooc.org](http://www.mooc.org)), de autoria do Google.

Apesar de sua história recente e com todas essas características, o *edX* parece caminhar para se tornar referência em modelos bem sucedidos de plataformas de ensino *online*.

Atualmente, algumas instituições brasileiras vêm se engajando nessa nova abordagem de distribuição de conteúdo, com a disponibilização de seus cursos no formato de vídeo-aulas como, por exemplo, a Universidade de São Paulo (USP) [89], a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) [88], a Universidade Estadual Paulista (UNESP) [87], a Universidade Federal Fluminense (UFF) [86] e a Fundação Getúlio Vargas (FGV) [32].

## 4.2 Coursera

O *Coursera* ([www.coursera.org](http://www.coursera.org)) nasceu como uma plataforma de oferecimento de cursos *online* abertos em massa (MOOCs, *Massive Online Open Courses*) em época similar ao *edX*, Abril de 2012. De maneira semelhante ao anterior, possui também grande apoio de renomadas instituições internacionais de ensino oferecendo cursos na plataforma de forma gratuita. Seus criadores, Andrew Ng e Daphne Koller, são professores da Universidade de Stanford [81].

Dentre as áreas de conhecimento que possuem cursos sendo ofertados podem-se citar a de Humanas, a Medicina, Biológicas, as Ciências Sociais, a Matemática e Negócios. O *Coursera* dispõe atualmente de mais de 500 cursos de pelo menos 100 instituições de ensino parceiras, dentre as quais citam-se como exemplo as Universidades de Princeton, de Yale, de Tokyo, de Pittsburgh, Stanford e Columbia [81].

Os cursos e seus materiais são oferecidos gratuitamente e cobra-se por itens complementares, tais como, certificados e diplomas, participação em programas de estágios e *trainee* de empresas e recrutadores, monitoria e patrocínio [81].

Em Janeiro de 2014, a plataforma contava com mais de 6 milhões de usuários registrados, uma base de alunos 5 vezes maior que a de seu principal concorrente, *edX* [81].

De maneira semelhante ao *edX*, os cursos oferecidos nessa plataforma também baseiam-se em fóruns de discussão, laboratórios *online*, vídeo-aulas e resolução de problemas interativos. Sua interface é rica em conteúdo, assim como pode-se ver na Figura 4.2, com a disponibilização dos mais variados recursos aos alunos, em outras palavras, a criação de repositórios de disciplinas e cursos é viabilizada aos professores e instituições. Grande parte das vídeo-aulas oferecidas em

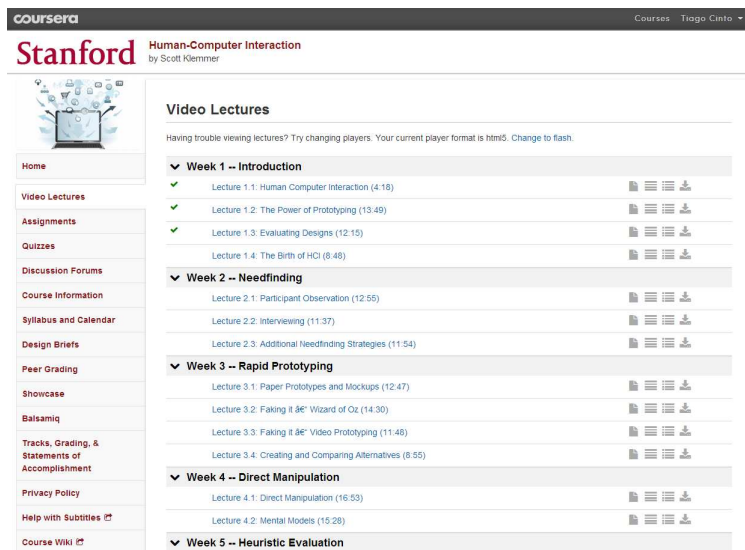


Figura 4.2: Ambiente Virtual de Aprendizagem *Coursera*.

língua estrangeira são transcritas em um sistema de legendas, viabilizando o extenso alcance desses cursos.

Embora promissores, estes ambientes de ensino nem sempre foram sinônimo de sucesso. Há casos de insucesso nos últimos anos envolvendo grandes instituições que adotaram abordagens semelhantes. O projeto *AllLearn* foi um consórcio formado entre a Universidade de Oxford, Stanford e Yale em meados de 2000 que se propôs a pesquisar as implicações desta abordagem de ensino *online* em massa. Uma plataforma semelhante ao *edX* e *Coursera* foi desenvolvida e colocada na rede, onde 110 cursos eram oferecidos a preços acessíveis. A plataforma acabou sucumbindo à baixa adesão dos alunos que não gostariam de pagar por cursos *online* e pela própria falta de interesse dos estudantes. O modelo de negócios adotado provou-se, à época, ineficaz [11]. Nos modelos de hoje em dia a abordagem passou a ser a “*not-for-profit*”, onde o conteúdo das aulas é disponibilizado gratuitamente e cobra-se por itens complementares como, por exemplo, certificados e diplomas.

### 4.3 Moodle

O *Moodle* ([www.moodle.org](http://www.moodle.org)), um acrônimo em inglês para *Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment* ou, em uma tradução literal, “Ambiente de Aprendizagem Modular Dinâmico Orientado a Objetos”, foi um dos pioneiros na época do surgimento dos AVAs. Foi concebido para auxiliar os educadores a criarem repositórios de disciplinas e cursos *online*, com ênfase no trabalho colaborativo e na interação entre os alunos [62].

Atualmente distribuído sobre a licença GNU/GPL (*General Public License*), o *Moodle* se tornou um dos sistemas de gerenciamento de aprendizado (LMS, *Learning Management System*) [94] mais utilizados mundialmente dada a sua facilidade de instalação e manutenção e sua



grande comunidade de suporte. Em Abril de 2014, o sistema contava com uma base de mais de 73 milhões de alunos, além de ser usado em 235 países distintos [62].

A abordagem pedagógica do ambiente inclui a educação construtivista, enfatizando o esforço do aluno no processo de aprendizado, e não somente dos professores.

Escrito em PHP, o *Moodle* permite ser expandido por meio do desenvolvimento de *plugins* de apoio, de forma a estender suas funcionalidades. Pode-se citar como exemplo a criação de um agente inteligente de conhecimento de sugestão de conteúdos segundo o perfil do aluno, baseado em lógica *fuzzy* [4].

Seu uso pode acontecer em diversos ambientes, dentre os quais, podem-se citar educacional, de treinamento, de negócios, além do de desenvolvimento. Recursos típicos do *Moodle* incluem: (i) fóruns de discussão; (ii) comunicadores instantâneos; (iii) *wikis*; (iv) *quizzes*; (v) repositórios de arquivos; (vi) controle de atividades.

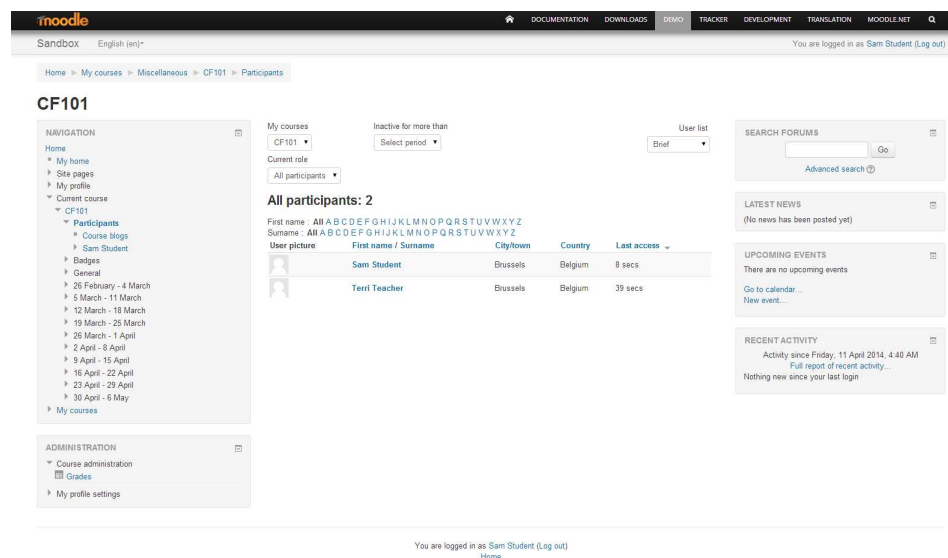


Figura 4.3: Ambiente Virtual de Aprendizagem *Moodle*.

Sua interface é semelhante aos AVAs mostrados anteriormente, *edX* e *Coursera*, assim como pode-se ver na Figura 4.3, embora, seu foco não tenha sido concebido para oferecer cursos em massa, uma vez que tem sido mais utilizado para fornecer apoio ao processo de aprendizado extra-classe de disciplinas presenciais.

## 4.4 *Khan Academy*

A *Khan Academy* ([www.khanacademy.org](http://www.khanacademy.org)) é um projeto fundado pelo educador Salman Khan em 2006 e desde então tem adquirido considerável notoriedade por sua evidente facilidade de acesso a conteúdo de qualidade a qualquer momento (Figura 4.4).

De maneira oposta aos outros AVAs, a *Khan Academy* não tem sido usada para o oferecimento de disciplinas e cursos *online*, mas sim como fonte de consulta à teoria especializada. Por

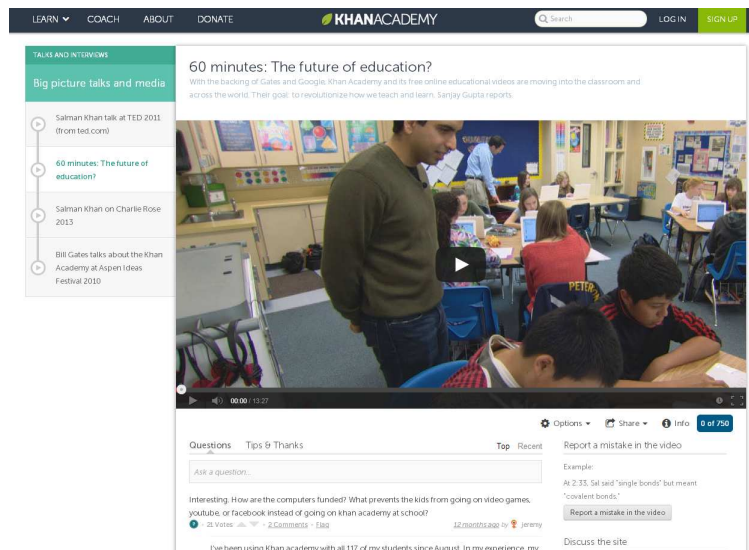


Figura 4.4: Ambiente Virtual de Aprendizagem *Khan Academy*.

meio dela tem-se acesso a vídeos e materiais de diversos assuntos, organizados e categorizados nas principais áreas de conhecimento.

O principais recursos oferecidos pela *Khan Academy* são:

- Biblioteca de conteúdo contendo milhares de vídeos em diversas áreas e tópicos;
- Mecanismo de aprendizado personalizado para sugestão de conteúdo;
- Exercícios com avaliação continuada.

Recentemente, a *Khan Academy* introduziu o conceito de gamificação [100] ao seu modelo de aprendizado, onde recompensas são distribuídas aos alunos que atingem algum objetivo ou meta dentro do sistema.

## 4.5 *Adessowiki e Teleduc*

A criação e desenvolvimento de AVAs tem ocupado lugar de evidência nas agendas de pesquisa nos últimos anos. Na Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, por exemplo, evidenciam-se, na presente seção, duas propostas bem sucedidas de ambientes, o *Teleduc* e o *Adessowiki*.

O *Adessowiki* [51] é uma iniciativa vinculada ao Departamento de Comunicações - DECOM, da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação - FEEC, da UNICAMP. Trata-se de um ambiente colaborativo para ensino de programação usando a linguagem Python. Em outras palavras, atende o desenvolvimento, documentação, ensino e o gerenciamento de versões de códigos. Foi proposto como uma enciclopédia rica em conteúdo, com o processamento sendo executado do lado do servidor. Os alunos, ao submeterem seus códigos, obtêm *feedback* visual

em poucos instantes dos resultados de suas soluções. A plataforma vem sendo utilizada com sucesso em vários cursos dado seu caráter multidisciplinar, dentre os quais, processamento de imagens [75] e escrita científica [53].

O *Teleduc* [23], por sua vez, é uma iniciativa movida pelo Instituto de Computação - IC, da UNICAMP. Possui como uma de suas principais características o fato de ter sido idealizado sob a perspectiva do usuário, ou seja, segundo seus autores, os alunos foram frequentemente ouvidos durante seu processo de desenvolvimento e aperfeiçoamento. O ambiente assemelha-se ao *Moodle*, possuindo grande parte dos recursos já descritos, além de suportar atividades de construção do conhecimento e aprendizagem colaborativa. O *Teleduc* suporta também possui módulos de avaliação formativa, ou seja, aquela em que considera a melhoria contínua do aprendizado oferecido ao aluno [23].

## 4.6 Considerações Finais

Ao longo deste capítulo foram apresentados os principais AVAs em evidência atualmente. Todos os seus recursos foram descritos, bem como suas principais características. Convém ressaltar a multidisciplinaridade de aplicação desses ambientes, não se limitando somente a um contexto ou disciplina. Do oferecimento de cursos abertos em larga escala, com o *edX* e o *Coursera*, à experiência de usuário, com o *Teleduc* e *Adessowiki*, estes ambientes enfatizam os novos rumos tomados pelas alternativas de ensino dos dias de hoje. Embora não estejam totalmente isentos de *trade-offs*, os AVAs podem seguramente ser usados para assistir o aprendizado tradicional intra-classe de maneira satisfatória, assim como mostrado em pesquisas recentes [10, 60].



# A Editoração de Aulas e Livros e a Criação de Conteúdos Interativos Educacionais

Atualmente, um dos principais recursos tecnológicos que tem tentado impulsionar uma transformação na educação é o AVA (Ambiente Virtual de Aprendizagem). O AVA é um *software* e/ou produto que possibilita o oferecimento de disciplinas na modalidade a distância ou semi-presencial. Dois AVAs recorrentes na Academia nos dias de hoje são o *Moodle* [62] e o *Teleduc* [23]. A crescente popularização destas tecnologias vem conduzindo propostas de seu contínuo aperfeiçoamento. Os ambientes *edX* [35] e *Coursera* [81], por exemplo, foram criados há pouco mais de 2 anos (datam do início de 2012) e já demonstram sinais de uma considerável aceitação. Agora, qualquer Universidade já pode oferecer cursos *online* utilizando recursos de vídeo-aulas, materiais de consulta, ambientes interativos, etc.

O paradigma dos AVAs apóia-se na construção de repositórios *online* de disciplinas criados para fornecer recursos de aula. Os estudantes podem estudar os conteúdos, interagir com outros usuários e professores, fazer exercícios e provas, consultar materiais de apoio, etc. Em alguns deles, em especial o *edX* e o *Coursera*, nota-se uma atenção especial à globalização do conteúdo, de forma que as vídeo-aulas em língua estrangeira são quase todas transcritas em um sistema de legendas para que todos possam assisti-las, mesmo não tendo conhecimento do idioma em que elas são oferecidas.

O conceito e a proposta de utilização de AVAs são consideravelmente interessantes. Resultados apontam perspectivas muito boas para estas tecnologias [10, 38, 60, 52]; entretanto, ressalta-se a necessidade da criação de conteúdos interativos de qualidade para serem disponibilizados por essas novas tecnologias. De nada adiantaria todo esse aparato tecnológico se os conteúdos disponibilizados fossem os tradicionais livros e materiais estáticos, muitas vezes desmotivadores sob a perspectiva dos estudantes.

De acordo com Villardi e Oliveira [90], dentre os princípios que devem nortear a criação de um material didático de qualidade encontram-se:

- Variedade: utilização das mais variadas técnicas de criação para diversificar os recursos

instrucionais;

- Realidade: criação do material com base na realidade do aluno;
- Estimulação: criação de materiais que despertem o interesse dos aprendizes e estimulem a inovação;
- Atividade: realização de atividades de “aprender-fazendo” entre os estudantes para desenvolver capacidades de observação, experimentação e crítica;
- Progressividade: organização do conteúdo transmitido em etapas, graduadas em níveis de dificuldade;
- Repetitividade: oferecimento da oportunidade de repetir os conteúdos gerados nas mais variadas situações;
- Individualização: atendimento da diversidade de características dos diversos perfis dos alunos;
- Compreensão: estimulação do raciocínio lógico e memorização crítica;
- Cooperação: favorecimento do trabalho colaborativo;
- Autoeducação: desenvolvimento da motivação epistêmica, autocrítica e atividade metacognitiva.

Neste contexto, a próxima seção irá discorrer a respeito de alguns ambientes de editoração de conteúdo instrucional em evidência atualmente, com a apresentação de suas principais características.

## 5.1 Ambientes de Editoração de Conteúdo

O Latex [47] é uma das propostas pioneiras para editoração de conteúdo. Proposto nos anos 90, seu foco é a criação e preparação de artigos, teses, monografias, livros e demais publicações de cunho acadêmico. Suas principais características compreendem:

1. Inserção de complexas e elegantes fórmulas matemáticas;
2. Geração automática de bibliografia e índices;
3. Controle sobre grandes documentos contendo seções, referências, tabelas e figuras;
4. Suporte multi-idioma aos textos;
5. Uso de fontes *PostScript*.

Mais recentemente, para atender as demandas geradas pelos novos paradigmas educacionais, foram criadas novas abordagens de autoria e apresentação de conteúdo educacional. Os materiais passaram a ganhar um pouco mais de interatividade e serem focados no reuso. Deste modo, um paradigma frequentemente usado compreende a criação de materiais educacionais para *Web* no formato de apresentações de *slides*. A seguir discorre-se a respeito de duas soluções que ilustram este cenário.

O *Xerte* [70] compreende uma suíte de ferramentas para a criação de conteúdo educacional interativo baseado na *Web*. Trata-se de um projeto *OpenSource* de autoria da Universidade de Nottingham. Usos recorrentes para o *Xerte* dizem respeito à criação de materiais de apoio ao aprendizado do aluno fora da sala de aula. Dentre suas principais características, destacam-se:

1. Inserção de atividades do tipo *quiz* multidisciplinares;
2. Visualização de imagens, áudios e vídeos;
3. Inserção de mapas do *GoogleMaps* e conteúdo do *YouTube*;
4. Dependente de plataforma (somente há versões para o ambiente Windows).

Um exemplo de objeto de aprendizagem gerado pelo *Xerte* é mostrado por meio da Figura 5.1, onde é possível ver o modelo de apresentação de conteúdos baseado em *slides* para *Web*.

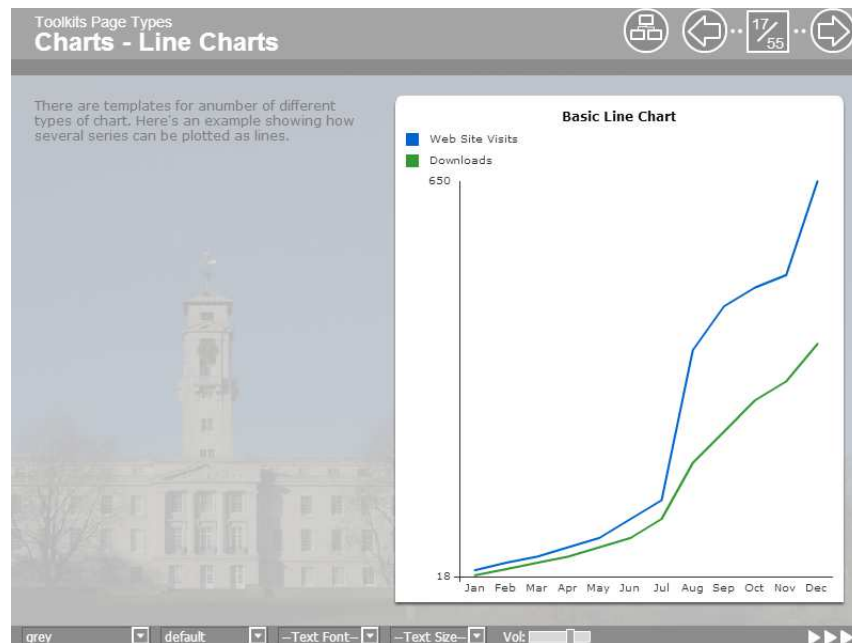


Figura 5.1: Exemplo de Objeto de Aprendizagem Criado pelo *Xerte* [70].

O *GLOMaker* [8] é uma ferramenta de editoração para a criação de recursos de aprendizado interativos. Caracteriza-se por ser de código aberto e gratuito para fins educacionais e é de autoria da Universidade Metropolitana de Londres. Dentre suas principais características, destacam-se:

1. Inserção de animações, imagens, áudios e vídeos nos objetos de aprendizagem;
2. Existência de guias pedagógicos e de uso da ferramenta;
3. Possibilidade do uso de *templates* na criação dos objetos de aprendizagem;
4. Independente de plataforma.

Além das abordagens descritas nos parágrafos anteriores de apresentações *slides* voltadas à *Web* acrescidas de conteúdo interativo, são propostas também ferramentas no contexto da criação de livros interativos, contendo uma gama variada de conteúdo multimídia [17]. Os documentos são criados no formato PDF (*Portable Format Document*), o que possibilita que sejam incorporados aos AVAs tradicionais sem muitos problemas, como materiais de consulta. Um exemplo de conteúdo multimídia - no caso, um vídeo - inserido a um livro interativo é mostrado por meio da Figura 5.2. Dentre as principais características deste editor de livros interativos podem-se citar:

1. Suporta a inserção de vídeos, com execução no próprio documento;
2. Suporta arquivos dos mais variados tipos que podem ser adicionados como anexos de consulta;
3. Bibliografia armazenada em arquivos descritores, havendo a possibilidade de reaproveitamento de citações entre diversos documentos;
4. Suporte à codificação UTF-8 e ISO-8859-1 para os textos;
5. Independente de plataforma;

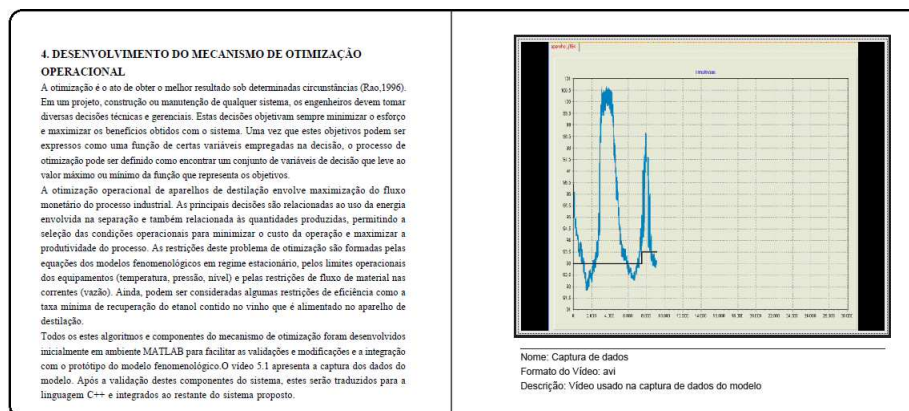


Figura 5.2: Exemplo de Livro Interativo [17].

Em se tratando de ambientes de autoria de conteúdo é comum descrever seu modelo de editoração por dois acrônimos, WYSIWYM e WYSIMYG [43]. WYSIWYM, do Inglês, é uma



abreviação para “*What You See is What You Mean*”, ou seja, em uma tradução literal, “*O Que Você vê é o que Você Quer Dizer*”. Isso significa que ao editar um documento, o autor deve se preocupar primariamente com as informações e o conteúdo em si e não com a formatação. Assim, uma linguagem de marcação de conteúdos é criada e utilizada para demarcar a formatação nos textos. Esta abordagem é semelhante à adotada pelo Latex [47] e por Cinto et al. [17].

O paradigma WYSIMYG, por sua vez, difere bastante do explicado anteriormente. Essa sigla, também do inglês, é um acrônimo para “*What You See is What You Get*”, em outras palavras, “*O Que Você vê é o que Você Tem*”. Exemplos de ferramentas que fazem uso deste paradigma são os editores de textos tradicionais, como o Microsoft Word, e os ambientes descritos anteriormente *Xerte* [70] e *GLOMaker* [8]. *Softwares* construídos sob este paradigma caracterizam-se por serem de uso mais simplificado; entretanto, dispende-se mais tempo ajustando-se a formatação do documento, energia que poderia ser melhor aproveitada na criação e escrita do conteúdo em si.

No trabalho de Khalili et al. [43] é proposta uma interessante abordagem de autoria de conteúdo, onde os modelos WYSIWYM e WYSIMYG são combinados de forma a ambos complementarem-se um ao outro. Resultados muito bons foram reportados pelos autores na avaliação da ferramenta desenvolvida usando o conceito proposto.

A crescente expansão dos ambientes de editoração de conteúdo tem conduzido propostas de sua integração a outras tecnologias e ferramentas de forma a aperfeiçoar sua experiência de uso. A WEAR [64], por exemplo, é uma ferramenta baseada em ambientes *Web* para construir sistemas inteligentes de apresentação de conteúdo, baseados no domínio de Exatas. De acordo com Nwana [69], sistemas inteligentes são capazes de gerar *feedbacks* personalizados aos usuários sem intervenções humanas. A ferramenta gera objetos de aprendizagem capazes de oferecer a resolução de problemas e o estudo de conceitos. É interessante ressaltar também a existência da manutenção de um perfil de uso usado pela WEAR para tomar decisões e se adaptar aos seus usuários, componente comum em ferramentas deste tipo.

No entanto, dada a grande quantidade de ambientes atualmente disponíveis de distribuição de conteúdo educacional, faz-se necessária a criação de modelos de padronização como, por exemplo, o SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*) [73]. Em outras palavras, estes modelos conferem as seguintes características aos objetos de aprendizagem:

- padronização: a padronização refere-se a criação de consistência na criação dos conteúdos educacionais;
- reutilização: permite que o objeto de aprendizagem possa ser reutilizado em diversos contextos como, por exemplo, várias disciplinas ou cursos;
- flexibilização: flexibilidade no processamento do conteúdo, tanto na distribuição, como na exibição;

- portabilidade: refere-se à habilidade de um objeto de aprendizagem ser facilmente portado para todas as plataformas que suportarem o modelo de padronização em questão.

O padrão SCORM carece, no entanto, de adaptações para suportar o uso das novas abordagens, assim como proposto pela WEAR [64]. Sendo assim, alguns autores vêm tentando propor modelos de padronização para a distribuição de sistemas tutores inteligentes. Escudero e Fuentes [29], por exemplo, propõem uma ferramenta de autoria de conteúdo para ser usada universalmente e possibilitar a compatibilidade entre vários sistemas inteligentes, o que permite reaproveitar o modelo de domínio dos cursos.

## 5.2 Considerações Finais

Ao longo deste capítulo algumas ferramentas de autoria de conteúdo foram descritas. Enfoque foi dado também às novas abordagens usando sistemas inteligentes de autoria. O crescente uso deste tipo de ferramenta fez necessária a criação de padronização. No contexto deste trabalho, optou-se por desenvolver a própria padronização de marcação de conteúdo devido aos padrões comentados não suportarem a abordagem de apresentação de conteúdo usando *avatars*.

## Avaliação de Novas Mídias Educacionais

Objetos de aprendizagem [41, 42, 40] são ferramentas computacionais interativas que auxiliam o aprendizado de conceitos, guiando o processo cognitivo dos estudantes. Eles permitem integrar uma grande diversidade de mídias e recursos. As apresentações de informação são feitas de maneira estruturada e organizada. É possível também desenvolver interações entre pessoas e objetos de conhecimento para atingir os objetivos desejados.

Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs) são componentes semelhantes, usualmente aplicados no oferecimento de disciplinas na modalidade a distância (*online*) ou semi-presencial [24, 46]. Recursos recorrentes nesses ambientes incluem clientes de *email*, bate-papo, fóruns de discussão e plataformas de gestão de recursos, acoplados para se gerir o processo cognitivo de acordo com as características que se desejam.

Devido as suas características e recursos, os AVAs são aplicados também no processo de apoio ao aprendizado extra-classe dos cursos, assistindo as atividades presenciais realizadas em sala de aula e permitindo expandir a interação educador-aluno para além do encontro face a face [24].

O crescente uso dessas ferramentas tem requerido esforços para sua avaliação que vão além do campo educacional. Isso tem levado ao emprego de técnicas e ferramentas de validação apoiadas no campo estatístico. Em geral, dá-se o nome de avaliação à aplicação sistemática de procedimentos para determinar a relevância, impacto e efetividade de determinadas atividades ou ferramentas [46].

### 6.1 Abordagens Quantitativa, Qualitativa e Mista de Avaliação

As avaliações diferem quanto às abordagens. Métodos quantitativos envolvem quantidades maiores de indivíduos que compõe a amostra, pois o resultado é projetado para refletir na população total. Um dos instrumentos de coleta de dados mais comuns é o questionário de satisfação. Ele é composto, geralmente, por afirmações claras, objetivas e sucintas a respeito do

objeto de pesquisa, em que os participantes devem demonstrar seu nível de concordância para cada uma das assertivas propostas. Um dos benefícios dessa abordagem trata da facilidade de se conseguir os dados [19].

Avaliações qualitativas, por sua vez, possuem um caráter mais exploratório, envolvendo indagações em que os participantes são levados a refletir sobre o conceito ou objeto de pesquisa em questão. Instrumentos recorrentes de coleta de dados para esse tipo de pesquisa incluem as entrevistas e os grupos de discussão. Para a análise dos dados, em geral, destaca-se as opiniões e comentários de maior relevância que ocorreram entre os participantes [19].

Por fim, existem os chamados métodos mistos de avaliação, onde características das abordagens descritas anteriormente são combinadas de maneira coerente [19]. Laguardia et al. [46] destacam as vantagens dessa combinação, com ambas as abordagens sendo integradas de forma a uma complementar a outra. Segundo eles, os métodos quantitativos podem ser usados para apoiar a argumentação qualitativa, ao mesmo tempo que a abordagem qualitativa pode fornecer meios para preparar os estudos quantitativos.

## 6.2 Avaliações em Ambientes Virtuais de Aprendizagem

De acordo com Rocha [23], cursos oferecidos em AVAs podem contemplar três tipos principais de avaliação:

- Presencial: realizada em sala de aula com a presença de um professor para garantir a legitimidade da avaliação;
- Virtual: realizada na modalidade *online*, por meio da aplicação de testes que são enviados ao professor após o término;
- Contínua: avaliação realizada sob os componentes que compõe os AVAs, ou seja, avaliam-se comentários postados, grupos de discussão, fóruns, etc.

Ainda segundo Rocha [23], avaliações presenciais fornecem subsídios somativos de análise, onde mensuram-se pontos principais do conteúdo e valida-se o progresso do aprendiz. Neste caso, avaliações virtuais, compostas por formulários e testes *online*, também são ditas serem somativas.

Técnicas formativas, em contraponto, compreendem métodos de avaliação contínuos, aplicados durante todo período de oferecimento da disciplina, no contexto da melhoria continuada das aprendizagens em curso. Pode-se atribuir o rótulo de formativo a todo método de avaliação que ajude o aluno a aprender e se desenvolver [23].

Benigno e Trentin [6], por exemplo, propõem a avaliação de cursos oferecidos em AVAs segundo ambos os paradigmas, somativo e qualitativo. Segundo eles, as avaliações destas ferramentas deveriam contemplar os seguintes itens:

- Participação dos alunos (quantidade de mensagens trocadas);
- Análise qualitativa das mensagens geradas pelos alunos em termos de seus conteúdos;
- Materiais de aprendizagem utilizados (por exemplo, livros, artigos, etc.);
- Ambiente de aprendizagem em termos de seus componentes;
- Características individuais dos alunos (competências, expectativas, experiências, etc.);
- Retorno sobre o investimento (ROI) sobre os cursos tradicionais;
- Tecnologias de comunicação em termos da facilidade de uso e efetividade na colaboração;
- Análise da comunicação produzida em termos da dinâmica de grupo gerada entre alunos e instrutores.

## 6.3 Avaliações em Objetos de Aprendizagem

De acordo com Laguardia et al. [46], a validação de objetos de aprendizagem pode se basear na investigação das condições de realização do aprendizado (estrutura), nos modos de interação dos alunos (processos) e no alcance das metas propostas (resultados).

Segundo Kay e Knaack [40, 41, 42], as primeiras abordagens de avaliação de objetos de aprendizagem focavam a acessibilidade, a adaptabilidade, a reusabilidade, a padronização e o uso efetivo dos metadados; hoje em dia, o foco passou a ser parâmetros referentes ao aprendizado como, por exemplo, a interação e o grau de construção de conhecimento.

Ainda de acordo com Kay e Knaack [40, 41, 42], atualmente, é comum encontrar objetos de aprendizagem sendo constantemente avaliados em processo de produção por especialistas no assunto, deixando de lado frequentemente a opinião do aluno. A falta de avaliadores experientes também pode complicar este tipo de avaliação.

Com o intuito de equacionar estes problemas, Kay e Knaack [40, 41, 42] elicitam algumas das métricas que emergiram nos últimos anos para a validação destas tecnologias. Grande parte delas contempla avaliações realizadas sob a ótica de três dimensões, a saber:

- Aprendizado;
- Motivação;
- Projeto instrucional ou qualidade.

Examinar a qualidade da interação é uma das formas indiretas de analisar o **aprendizado**. Isso devido às propostas construtivistas de “aprender-fazendo”, cada vez mais recorrentes nos últimos anos. Estas propostas apoiam a construção do conhecimento na interação ativa e constante do aluno com o ambiente durante o decorrer do aprendizado. Algumas das diretrizes desta

dimensão contemplam a inclusão de alguns níveis desejáveis de interação como, por exemplo, o clique do *mouse*, a navegação linear, a organização hierárquica, a interação com recursos de ajuda, a interatividade com atividades e a manipulação [42].

A **motivação** e o engajamento são fundamentais para o sucesso do objeto de aprendizagem pois indicam o nível de aceitação aferido por ele aos alunos e, portanto, precisam ser medidos [42].

A **qualidade** de um objeto de aprendizagem refere-se a sua **usabilidade** [42]. No contexto de sistemas tradicionais, usabilidade pode ser definida como uma propriedade, composta por diversos atributos, responsável por mensurar a qualidade de uma interface homem-computador (IHC). Estes atributos compreendem diferentes aspectos desta interface [67, 79]:

- Habilidade de aprendizado;
- Eficiência de uso;
- Habilidade de memorização;
- Taxa de erros;
- Satisfação.

Com relação à **habilidade de aprendizado**, uma interface não deve impor excessivas dificuldades ao seu aprendizado pelo usuário, ou seja, ela deve ser fácil de ser aprendida. Nielsen [67] o coloca como atributo fundamental e o descreve como sendo o mais fácil de ser medido entre todos os outros, objetivo alcançado apenas testando o tempo que usuários novatos do sistema levam para atingir certo grau de proficiência no uso da IHC.

**Eficiência de uso** corresponde ao nível de proficiência do usuário na interação com o sistema após o aprendizado inicial ter terminado. Nielsen [67] comenta que há sistemas que podem não levar à *expertise* e há outros que podem levar anos para se adquirir a proficiência desejada, ambas as situações devido à complexidade apresentada.

Com relação à **habilidade de memorização**, utilizadores casuais de um sistema - a grande maioria da comunidade usuária - devem poder usá-lo sem ter que aprendê-lo toda vez que o fizerem [67].

Em se tratando de **erros**, são anormalidades ocorridas na execução de alguma tarefa. O sistema deve ser tolerante a eles e auxiliar os usuários na sua recuperação.

Por fim, **satisfação** é o atributo que identifica o nível de satisfação do usuário ao interagir com o sistema, que, por via de regra, deve ser agradável. Nielsen [67] propõe o uso de questionários de coleta de opinião para mensurá-lo.

Mais especificamente, no contexto de objetos de aprendizagem, a usabilidade aborda sua organização e layout, o controle sobre suas ações, os recursos multimídia empregados, as instruções e ajuda fornecidas, *feedback* e o tema [40, 41, 42].

De acordo com Wentling et al. [95], a satisfação do usuário é um importante item para mensurar a efetividade do ensino proporcionado por um objeto de aprendizagem, uma vez que fornece subsídios aos envolvidos na organização e produção do material didático. Neste contexto, pode-se dizer que a satisfação do usuário e a usabilidade tem atraído interesse das avaliações de tecnologias educacionais devido à carga mental que é imposta aos alunos pelo sistema [40, 41, 42, 46]. Deste modo, convém ressaltar que a construção do conhecimento é muitas vezes associada às necessidades dos estudantes [46].

Na avaliação de objetos de aprendizagem é importante não somente coletar dados a respeito do aprendizado e processos, mas sim colher informações sobre os estudantes, para que se possa conhecer melhor a amostra alvo do estudo.

## 6.4 Abordagem de Avaliação Adotada

No trabalho de Kay e Knaack [42] é proposta uma escala métrica para mensurar a satisfação do aluno ao interagir com um objeto de aprendizagem. Esta, por sua vez, possui doze assertivas de resposta de múltipla escolha representando as três dimensões de avaliação discutidas anteriormente (aprendizado, qualidade e motivação), além de algumas questões abertas (ao todo, duas).

A tradução, e posterior adaptação, dos itens deste questionário foi feita com o intuito de ser aplicada a este trabalho. O questionário resultante desta adaptação pode ser visto com maiores detalhes no Capítulo 10, de Resultados, ou nos apêndices deste documento.

Para este trabalho, optou-se pelo enfoque sobre avaliações somativas de satisfação de uso, usando o questionário comentado anteriormente, além de avaliações pontuais de conceitos para medir a retenção do conhecimento proporcionada pelas aulas virtuais. Estes procedimentos são descritos com maiores detalhes nos Capítulos 9, de Metodologia, e 10, de Resultados.

A opção pela abordagem de questionário de Kay e Knaack [42] deve-se ao fato do instrumento ter sido extensivamente verificado quanto à validade e confiabilidade em grandes populações ( $N > 1000$ ) na pesquisa de seus autores e ter obtido bons resultados. Para garantir que as adaptações feitas para esse trabalho não tivessem influenciado a estrutura do instrumento, novos testes de confiabilidade foram executados, os quais acabaram obtendo resultados semelhantes aos originais, o que comprovou que a adaptação feita estava apta de ser utilizada. Estes testes são descritos com maiores detalhes no Capítulo 9, de Metodologia, deste documento.

## 6.5 Considerações Finais

Este capítulo discorreu a respeito dos principais conceitos contidos em avaliações de objetos e ambientes virtuais de aprendizagem. Estas avaliações são importantes para mensurar o grau de aceitação dos alunos pela tecnologia, além de aferir o nível de retenção do conhecimento transmitido pela ferramenta.

Diversas propostas de avaliação foram propostas nos últimos anos, muitas delas com objetivos distintos. Para este trabalho optou-se por aquela que mais se enquadrou nos objetivos de avaliação propostos, além de atender as restrições da pesquisa realizada.



# Ambiente Virtual de Aprendizagem: o Editor de Aulas Virtuais

O Editor de Aulas Virtuais foi idealizado de forma a apoiar e facilitar o trabalho dos professores na criação de conteúdos instrucionais, apresentados dentro da Sala de Aula Virtual. Por meio dele, o professor pode, por exemplo, modelar a linha temporal de cenas executadas pelos *avatares*, criar atividades interativas aos alunos, inserir materiais de consulta, etc.

A ferramenta estruturou seu desenvolvimento sobre a plataforma .NET da Microsoft, utilizando a linguagem C# de codificação. Além da flexibilidade proporcionada por esse *framework*, pode-se dizer que sua adoção ocorreu pelo fato da Sala de Aula Virtual ter sido codificada em *Unity*, plataforma também desenvolvida usando .NET. Não foram utilizados SGBDs (Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados) para a persistência dos dados, apenas notações de serialização de arquivos criadas usando XML (*Extensible Markup Language*). O editor fez uso também de um codificador multimídia (*ffmpeg2theora*), de forma a poder trabalhar com os principais formatos atualmente disponíveis no mercado de compactação de áudio e vídeo.

As próximas seções irão discorrer com maiores detalhes sobre a arquitetura da ferramenta, apresentando seus principais módulos e camadas.

## 7.1 Arquitetura do Ambiente

O ambiente de editoração de aulas possui arquitetura modular, ou seja, é composto por componentes (módulos) bem-definidos que respondem por funções distintas, organizados sob uma perspectiva MVC (*Model, View, Control*) [80]. A Figura 7.1 mostra quais são esses módulos e a relação que uns possuem com os outros. De acordo com ela, podem-se ver as seguintes camadas de aplicação, bem como seus principais módulos: (i) camada de interface de usuário; (ii) de controle; (iii) de serialização e persistência de dados:

- i. A camada de interface de usuário possui os componentes responsáveis pela comunicação

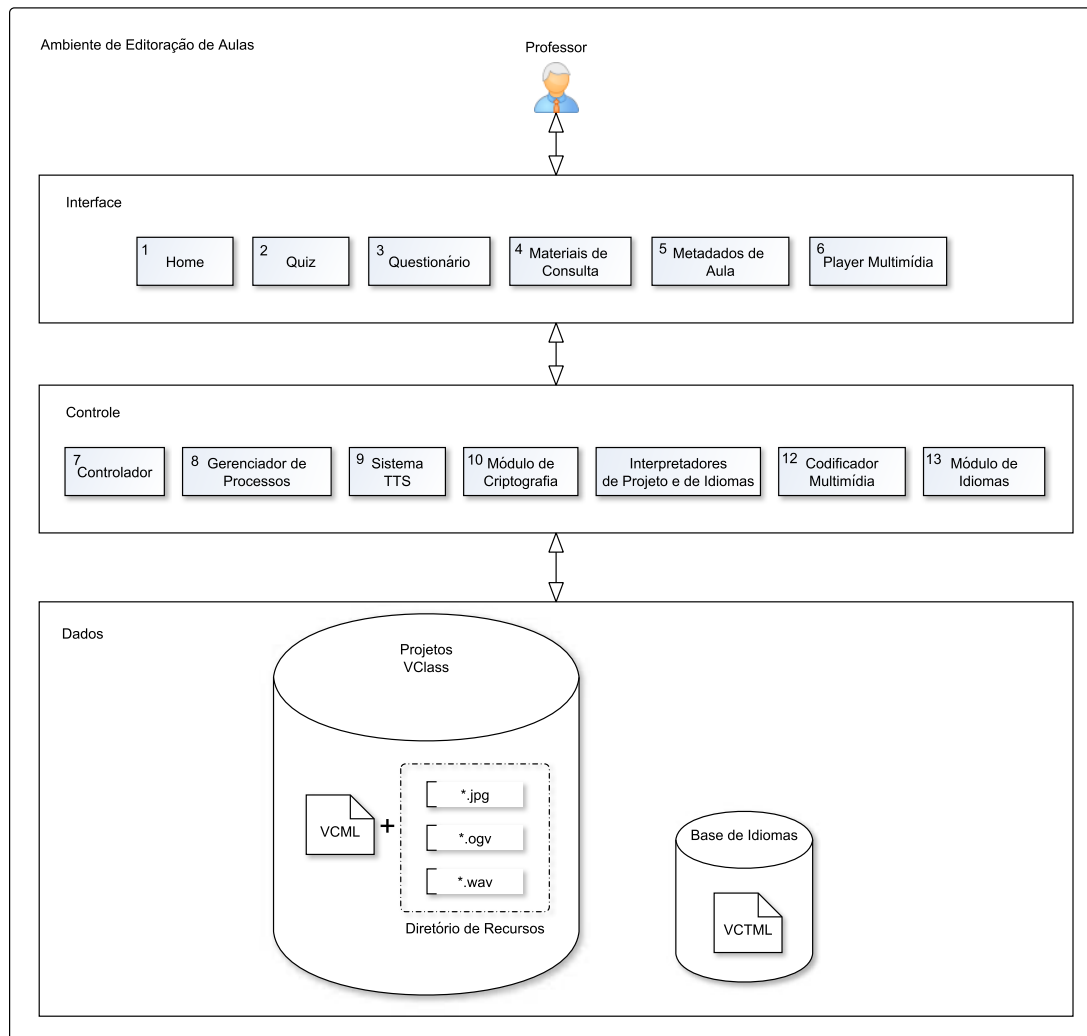


Figura 7.1: Arquitetura do Editor de Aulas.

com o usuário do ambiente, ou seja, são extensões da classe *WindowsForms* que implementam a interface gráfica da aplicação;

- ii. A camada de controle possui como módulos alguns componentes que respondem por funções específicas dentro do sistema com um todo. Pode-se delegar a eles, por exemplo, o controle de geração das aulas, a segurança, a otimização de processos, o sistema de síntese de voz e os interpretadores de linguagem;
- iii. Por fim, a camada de serialização e persistência de dados possui as estruturas criadas para este projeto como forma de auxílio e suporte à gravação e recuperação dos conteúdos produzidos.

As próximas seções discorrem com maiores detalhes a respeito de cada módulo desenvolvido.

### 7.1.1 *Player* Multimídia

O módulo referente ao *player* de conteúdo multimídia tem por objetivo fornecer apoio no processo de inserção de vídeos, áudios e imagens nas cenas (componente 6 da Figura 7.1). É utilizado para a visualização e pré-visualização destes conteúdos. Sua interface pode ser vista por meio da Figura 7.2.

Este módulo trabalha tanto com as imagens, como com os áudios e vídeos que são inseridos nas cenas. Deste modo, uma vez que o Editor de Aulas foi desenvolvido para trabalhar especificamente sobre a plataforma Windows, pode-se dizer que o mesmo fez uso da biblioteca gráfica de renderização e visualização criada pela própria Microsoft, o *DirectX*.

Convém ressaltar que o *player* multimídia funciona somente com os conteúdos que são inseridos como recursos às cenas, não sendo possível, portanto, pré-visualizar as cena em si. Para efetuar tal visualização é necessário fazer o uso da Sala de Aula Virtual.

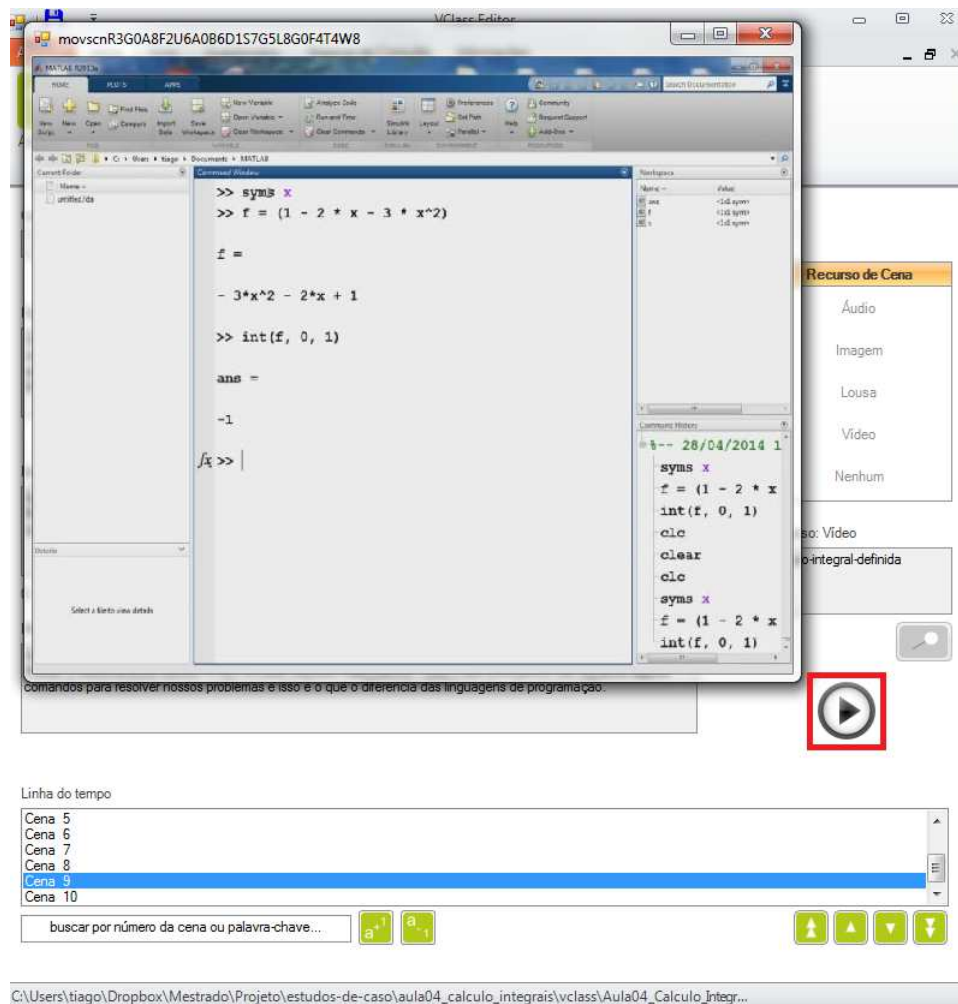


Figura 7.2: *Player* Multimídia do Editor de Aulas.

### 7.1.2 Codificador Multimídia

A possibilidade de inserção de áudios e vídeos nas cenas pressupõe o uso de codificadores/-decodificadores multimídia para o correto manuseio desses conteúdos no processo de editoração das aulas.

Devido às restrições dos formatos proprietários de áudio e vídeo mais comuns, a plataforma de desenvolvimento usada para a criação da Sala de Aula Virtual, *Unity*, não é capaz de decodificar conteúdo multimídia criado usando os codificadores desses formatos. Como resultado, não é possível reproduzir áudios armazenados no formato MP3 ou vídeos em AVI, por exemplo.

As restrições impostas pelo *Unity* levam os desenvolvedores desse ambiente a terem que trabalhar com formatos abertos de compactação multimídia para a correta reprodução desses conteúdos. Assim sendo, pode-se dizer que somente é possível a execução de áudios no formato OGG e vídeos em OGV. Em adição, o formato WAV também é suportado.

Os problemas acima descritos obrigariam os professores usuários do Editor de Aulas a terem que efetuar conversões manuais de formatos para que as aulas fossem exibidas corretamente. Isso tornaria o processo de criação das aulas dispendioso e oneroso, o que aumentaria a curva de aprendizado da ferramenta. Como solução, optou-se por desenvolver um módulo de codificação/decodificação multimídia para tratar automaticamente qualquer arquivo de áudio ou vídeo inserido em uma cena e convertê-lo para um formato apropriado a sua execução (componente 12 da Figura 7.1).

Deste modo, pode-se dizer que o Editor de Aulas aceita como formatos de vídeo de entrada AVI e MPG, os quais são convertidos para OGV. Para áudios, é possível usar arquivos MP3 e ter como resultado WAV. Esse processamento é feito com auxílio do *codec ffmpeg2theora*<sup>1</sup>, licenciado sob a licença GNU/GPL (*General Public License*), que permite uso irrestrito a suas funcionalidades.

Convém ressaltar que o processo dessas adaptações de conteúdo é feito de forma automática e transparente aos usuários, que não precisam se preocupar com ajustes de parâmetros tradicionais em tais conversões e outras implicações.

### 7.1.3 Gerenciador de Processos

Dada a necessidade das conversões entre formatos de multimídia descritas anteriormente, o processo de exportação de um projeto *VClass* (ver Seção 7.5) estava se mostrando demasiadamente oneroso dependendo da quantidade de vídeos inseridos pelo autor. Isso deve-se ao fato dessas conversões consumirem tempo de processamento e recursos consideráveis das máquinas.

Assim sendo, a solução encontrada foi a implementação de um gerenciador de processos para a ferramenta (componente 8 da Figura 7.1). Deste modo, ao exportar um projeto de aula, diversas *threads* (processos leves) são disparadas concomitantemente, uma para cada conversão

---

<sup>1</sup>[www.v2v.cc/j/ffmpeg2theora/](http://www.v2v.cc/j/ffmpeg2theora/)

de multimídia que precisa ser realizada. Esses processos são ditos leves pois, a nível de sistema operacional, são criados filhos do processo principal que trabalham de forma paralela.

O uso da API (*Application Programming Interface*) *System.ComponentModel.BackgroundWorker* do *framework* .NET, solução adotada nesse projeto, permite o disparo de *threads* em segundo plano (*background*) para não onerar o consumo de recursos da máquina. Desta forma, os projetos podem agora ser salvos sem que a aplicação deixe de responder até que o processamento total termine, uma vez que essa API permite o uso do mecanismo assíncrono de espera de término de processamento.

Antes da codificação do gerenciador de processos as conversões entre formatos eram enfileiradas e executadas uma a uma. Agora, o uso da solução proposta possibilita, além do processamento otimizado em paralelo, a liberação da máquina para trabalho com outros recursos.

### 7.1.4 Sistema TTS

A geração das vozes usadas pelos *avatares* é feita de forma automatizada, em um processo chamado *Text-to-Speech* (TTS) (síntese baseada em texto). Deste modo, fez-se necessário desenvolver um módulo de comunicação com um sistema TTS, necessário para este processamento (componente 9 da Figura 7.1).

A ferramenta faz uso atualmente da especificação de síntese SAPI 5 (*Speech Application Programming Interface*), da Microsoft, em conjunto com a API *System.Speech.Synthesis*. Devido às questões de compatibilidade, não há suporte às vozes que utilizem SAPI em sua versão 4. Portanto, pode-se dizer que o Editor de Aulas é compatível com qualquer voz que utilize a versão mais nova dessa especificação. Convém enfatizar, no entanto, que, em paralelo a esse projeto, foi conduzida, pelo aluno de mestrado Harlei Miguel de Arruda Leite, uma pesquisa na tentativa de identificar as melhores vozes para os *avatares* sob a perspectiva dos alunos [48].

### 7.1.5 Interpretadores de Projeto e de Idiomas

A saída do Editor de Aulas consiste em um arquivo XML e do conteúdo multimídia referente à aula (ver Seção 7.5). Foi desenvolvida uma especificação personalizada nessa linguagem extensível, de modo que as necessidades desse projeto pudessem ser atendidas. Neste contexto, fez-se necessário a implementação de um módulo contendo um interpretador (*parser*) para a linguagem criada, o qual trabalha com a serialização e deserialização dos objetos e representações dos elementos das aulas.

Em poucas palavras, serializar um objeto refere-se ao processo de persistir a representação de algum dado em memória volátil no disco de armazenamento permanente. A deserialização, por sua vez, refere-se ao processo contrário, ou seja, a leitura e interpretação dos dados persistidos. Tanto a serialização, como a deserialização, podem envolver fluxos binários de arquivos ou notações XML.

Deste modo, uma vez que o Editor de Aulas tenha sido desenvolvido sobre a plataforma .NET, o mesmo fez uso da API *System.Xml* para prover as funcionalidades do *parser* de documentos XML.

Há dois interpretadores XML atualmente disponíveis na ferramenta de edição de aulas, um para o trabalho com os arquivos de aula e outro para gerenciar os arquivos de idiomas, também denotados usando uma linguagem XML criada para esse propósito (componente 11 da Figura 7.1).

### 7.1.6 Módulo de Criptografia

A representação em disco de um arquivo XML qualquer consiste em um arquivo texto contendo toda a estrutura da linguagem, sob alguma forma de codificação de caracteres. Isso permite que qualquer pessoa possa abrir esses arquivos em qualquer editor de texto para alterar seus conteúdos a qualquer momento.

Com relação ao Editor de Aulas, essa flexibilidade de alteração não seria algo interessante, uma vez que há dados de aula que não deveriam ser alterados como, por exemplo, o prazo final de entrega das atividades. A alteração indiscriminada do arquivo de aula em editores de texto fora do ambiente pode levar também à inconsistências quanto à sintaxe da linguagem, o que geraria erros e comportamentos inesperados na Sala de Aula Virtual.

Deste modo, pode-se dizer que ao Editor de Aulas foi incorporado um módulo de criptografia criado com o propósito de proteger o conteúdo das aulas (componente 10 da Figura 7.1). Este componente faz uso do algoritmo de criptografia simétrica Rijndael, com uma chave de 32 caracteres, para 256 bits de segurança. É feito também o uso de um vetor de inicialização para minimizar a ocorrência de duplicações.

Algoritmos simétricos permitem criptografar e descriptografar um conteúdo qualquer usando apenas uma única chave pública, a qual deve ser de conhecimento de todos que irão abri-lo. Desta forma, pode-se dizer que tanto o Editor de Aulas, como a Sala de Aula Virtual, possuem acesso a ela.

Com a aplicação de criptografia aos documentos XML gerados pelo ambiente, não é possível o acesso externo por outros programas, somente por aqueles que conhecerem as chaves de acesso - no caso, os próprios ambientes autores do arquivos.

Assim sendo, a API *System.Security.Cryptography*, do *framework* .NET, foi utilizada para fornecer as recém-descritas funcionalidades de segurança ao sistema.

### 7.1.7 Módulo de Idiomas

O módulo de idiomas do Editor de Aulas foi idealizado de forma a possibilitar a tradução do sistema para qualquer linguagem, sem a necessidade de recompilá-lo ou mesmo fazer alterações em seu código-fonte (componente 13 da Figura 7.1). Desta forma, pode-se dizer que a tradução é feita por um arquivo descritor de idiomas, desacoplado da plataforma.

O módulo de idiomas dispõe também de um interpretador XML, usado para deserializar o arquivo descritor de linguagem, assim como comentado anteriormente.

Com relação ao arquivo de idiomas, pode-se dizer que fez uso da especificação XML para modelagem da linguagem de notação, a VCTML, *Virtual Class Translation Markup Language*, mostrada na Listagem 7.1.

Listagem 7.1: Estrutura de um Arquivo Descritor de Idiomas

```
1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
2 <language locale="pt-BR">
3   <dictionary>
4     <entry>
5       <id>g001</id>
6       <content>Novo</content>
7     </entry>
8   </dictionary>
9 </language>
```

Ainda segundo a Listagem 7.1, a tradução do ambiente baseia-se na definição de um escopo de dicionário, mostrado pela marcação *dictionary*, presente nas linhas 3 e 8. O atributo *locale*, da marcação *language*, presente na linha 2, por sua vez, permite definir o idioma da linguagem de um arquivo em questão. As entradas nesse dicionário são inseridas por meio da marcação *entry* (linhas 4 e 7) e correspondem aos termos individuais que são usados pelo sistema (marcação *content*, linha 6).

Com o acréscimo desse módulo ao ambiente, novas traduções podem ser facilmente adicionadas à ferramenta, uma vez que somente é necessário a tradução do arquivo XML contendo o dicionário, de forma que o ambiente independe de termos inseridos em seu código-fonte.

## 7.2 Requisitos Funcionais da Ferramenta

Os requisitos funcionais de um sistema compreendem declarações dos serviços que este deve fornecer, como deve se portar a determinadas entradas e o que fazer em situações particulares. Em alguns casos, requisitos funcionais também devem afirmar o que o sistema não deve fazer [80].

Neste contexto, o diagrama de casos de uso [77] da Figura 7.3 permite a representação das principais funcionalidades, fronteiras e atores do sistema. Deste modo, para o editor, o principal ator corresponde ao professor. Com relação às funcionalidades oferecidas a este ator, as seguintes *features* estão atualmente disponíveis:

- *Criar Aula*: refere-se à criação de projetos completos de aulas virtuais, contendo as cenas executadas pelos *avatares* e demais conteúdos interativos usados pelos alunos;

- *Exportar Script de Aula*: refere-se à funcionalidade que provê a exportação dos *scripts* das aulas, contendo metadados e dados de conteúdo, de uso específico do professor;
- *Personalizar Avatar*: compreende a escolha do *avatar* apresentador da aula. Basicamente, existem 2 *avatars* atualmente disponíveis na ferramenta de exibição das aulas, um homem e uma mulher;
- *Personalizar Voz*: compreende a escolha da voz usada pelo *avatar*. Em se tratando de sistemas de síntese de fala usados para gerar as vozes dos *avatars*, sintetizadores distintos podem ser instalados e integrados à ferramenta, contanto, que atendam aos requisitos de integração que serão descritos na Seção 7.4;
- *Modelar Quiz*: funcionalidade que estende o caso de uso “Criar Aula” e agrega as características de inserção e edição de *quizzes* interativos nas aulas;
- *Modelar Questionário*: pode-se dizer que trata-se também de uma funcionalidade extensora do caso de uso “Criar Aula”, permitindo a inserção de questionários aos conteúdos instrucionais modelados;
- *Inserir Materiais de Consulta*: a inserção de materiais de consulta nas aulas permite aos alunos acessarem maiores informações sobre os conteúdos apresentados, as quais podem compreender ilustrações, documentos, URLs, etc. Esta funcionalidade foi incluída como resposta à demanda gerada pelos próprios alunos nas avaliações da ferramenta;
- *Gerir Metadados*: permite ao professor inserir e editar dados descritores das aulas. Toma-se como exemplo, o prazo para entrega das atividades propostas. Atividades fora do prazo não são permitidas pela Sala de Aula Virtual. Outras informações descritoras compreendem o nome do autor da aula, sua afiliação, o *email* para envio das atividades e dúvidas, bem como o nome e a descrição da aula;
- *Modelar Cena*: a modelagem de cenas é o caso de uso principal incluído na funcionalidade de “Criação de Aulas”. Não é possível criar uma aula virtual sem ao menos inserir uma cena em sua composição. Cenas são descrições, organizadas temporalmente, das ações dos *avatars*, dos objetos com os quais interagem e das explicações que desenvolvem;
- *Inserir Conteúdo da Lousa*: esta funcionalidade estende o conteúdo do caso de uso de “Modelar Cenas”, permitindo inserir o conteúdo que o *avatar* escreve na lousa;
- *Inserir Áudio*: caso de uso também de extensão da modelagem de cenas, permitindo inserir áudios que são posteriormente apresentados pelos *avatars*;
- *Inserir Vídeo*: o uso da tela de projeção da Sala de Aula Virtual é viabilizado por meio dessa funcionalidade, que permite que vídeos sejam inseridos nas cenas;



- *Inserir Imagem*: assim como o caso de uso anterior, permite a inserção de imagens nas cenas, que são posteriormente projetadas no *datashow* da Sala de Aula Virtual. Pode ser usado também para a inserção de *slides* criados em diagramadores tradicionais destes conteúdos como, por exemplo, o *Microsoft Powerpoint*, ou mesmo o *OpenOffice Impress*.

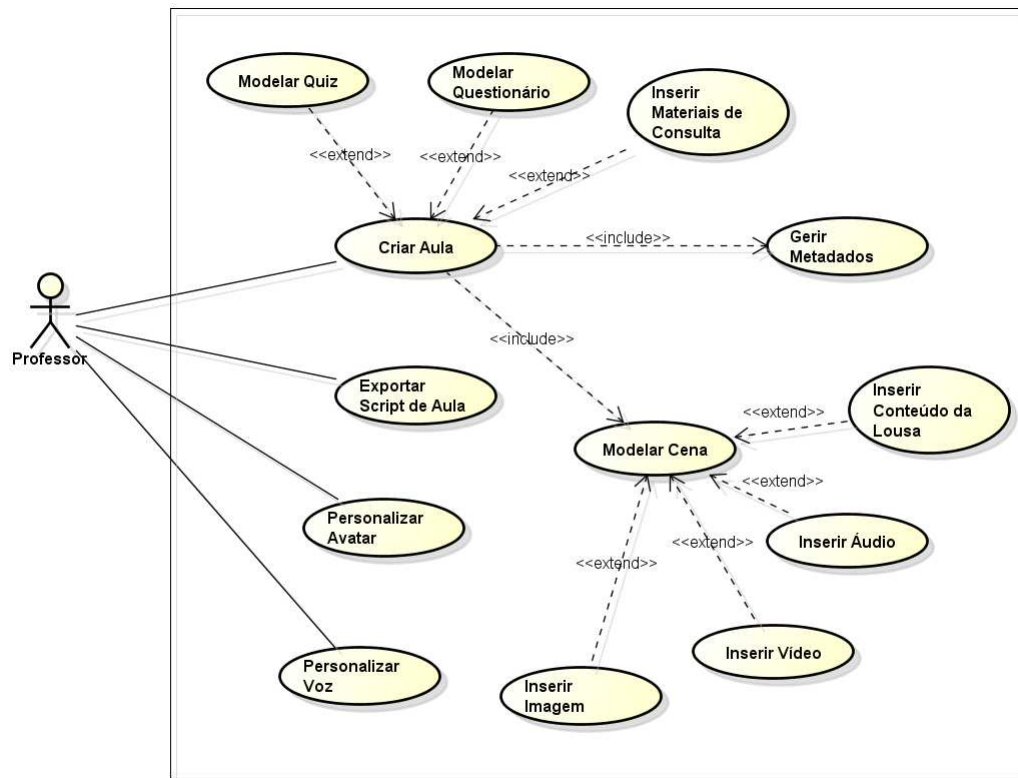


Figura 7.3: Diagrama de Casos de Uso do Editor de Aulas.

## 7.3 Interfaces de Usuário

A interface de usuário do ambiente estrutura-se no padrão *Ribbon*, criado pela Microsoft para sua linha de produtos, que baseia-se essencialmente na organização das principais opções presentes nas ferramentas em abas e barras de conteúdo semanticamente correlacionado. A principal interface de usuário do sistema é mostrada por meio da Figura 7.4 e tem por objetivo servir de apoio à modelagem das cenas dos *avatars*. Dentre os principais campos presentes encontram-se o de narração, de legenda, de inserção de conteúdo de projeção e um navegador de cenas. Ações tradicionais de gerenciamento de cenas (criar, editar, excluir, etc.) também estão disponíveis na parte superior da ferramenta, mais especificamente na barra de *Ribbon*.

Característica fundamental em uma IHC [67], a consistência de padrões entre as interfaces da ferramenta foi mantida, assim como pode-se ver na Figura 7.5, que corresponde à interface de modelagem de *quizzes* interativos aos alunos. Neste contexto, as opções correlacionadas

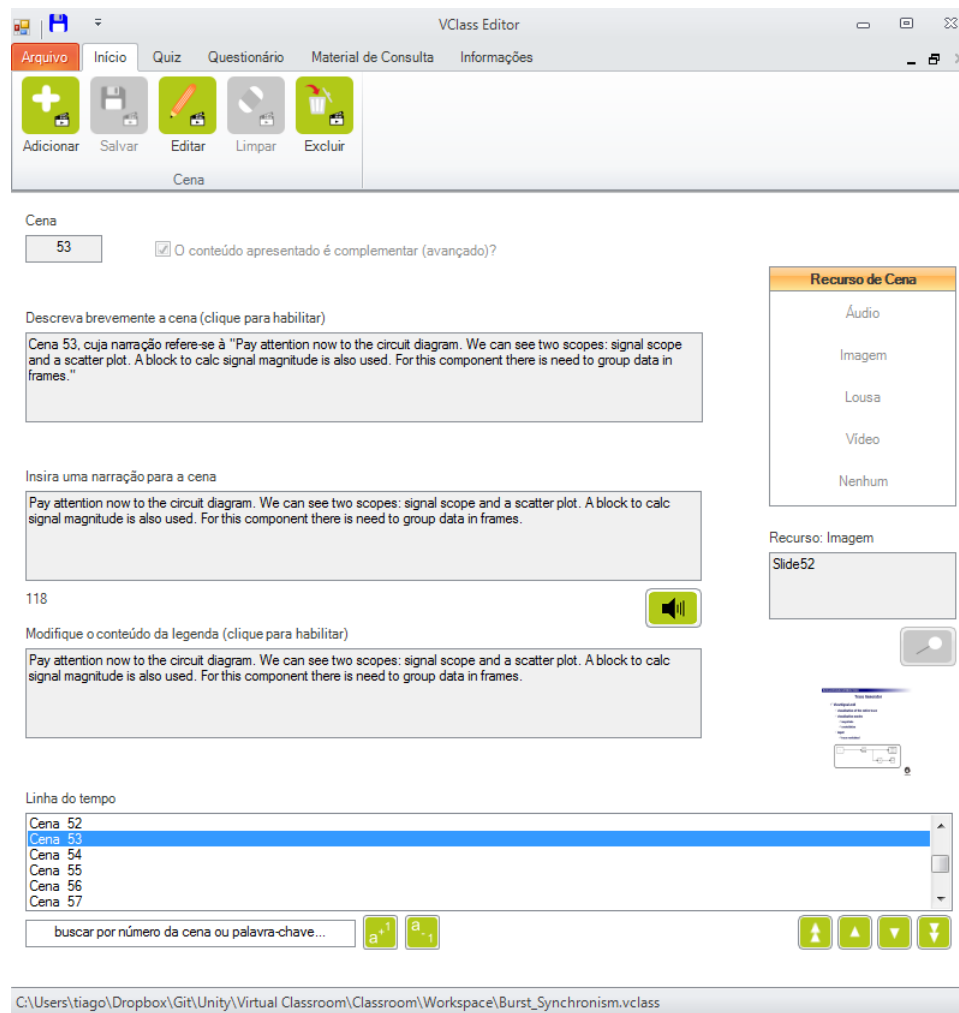


Figura 7.4: Interface de Edição de Cenas.

encontram-se dispostas em locais semelhantes, de forma a reduzir a carga cognitiva de aprendizado imposta aos utilizadores. A consistência entre as opções foi mantida não somente entre essas duas interfaces, mas também a todas as outras que serão mostradas nos próximos parágrafos.

Ainda segundo a Figura 7.5, pode-se notar a estrutura adotada para os *quizzes*, os quais são compostos por questões de múltipla escolha, de até 5 alternativas. Neste ponto, é interessante ressaltar que há a possibilidade da indicação da alternativa correta para cada questão individual, o que permite a correção autônoma do conteúdo do *quiz*, criação de relatório de desempenho do aluno e envio automático dos resultados aos professores, ações realizadas pela Sala de Aula Virtual. Os alunos recebem também um relatório simplificado indicando seu desempenho, logo após submeter as atividades. O *feedback* imediato às atividades é um dos itens essenciais dos novos paradigmas de aprendizado dos dias atuais [12].

A diferença essencial entre os dois tipos de atividades suportados pelo editor de aulas diz respeito ao formato das questões. Ao passo que nos *quizzes* são usadas perguntas no formato

Figura 7.5: Interface de Edição de *Quizzes*.

de múltipla escolha, nos questionários utiliza-se questões discursivas, ou seja, aquelas em que o aluno são incitados a discorrer sobre os tópicos propostos.

A correção das questões dos questionários é feita de maneira manual, pelo próprio professor, de maneira oposta ao que ocorre com os *quizzes*. A Sala de Aula Virtual encarrega-se de enviar um relatório ao professor indicando quais foram as respostas dos alunos, bem como quais foram as soluções propostas no momento da modelagem do questionário.

Tanto *quizzes*, como questionários, precisam ser entregues dentro dos prazos estipulados pelo professor, de modo que não são aceitas submissões de atividades fora do prazo. A interface de criação de questionários que acaba de ser descrita pode ser vista na Figura 7.6.

Além dos conteúdos de apoio ao aprendizado descritos anteriormente, criados no contexto de tornar a experiência de assistir as aulas mais ricas, os *quizzes* e os questionários, há também a possibilidade de inserção de materiais de consulta nos materiais instrucionais. Esses recursos compreendem mídias de qualquer natureza (por exemplo, documentos, vídeos em *streaming*, URLs, etc.) que são inseridas para servir de extensão ao conteúdo de cada aula. A necessidade

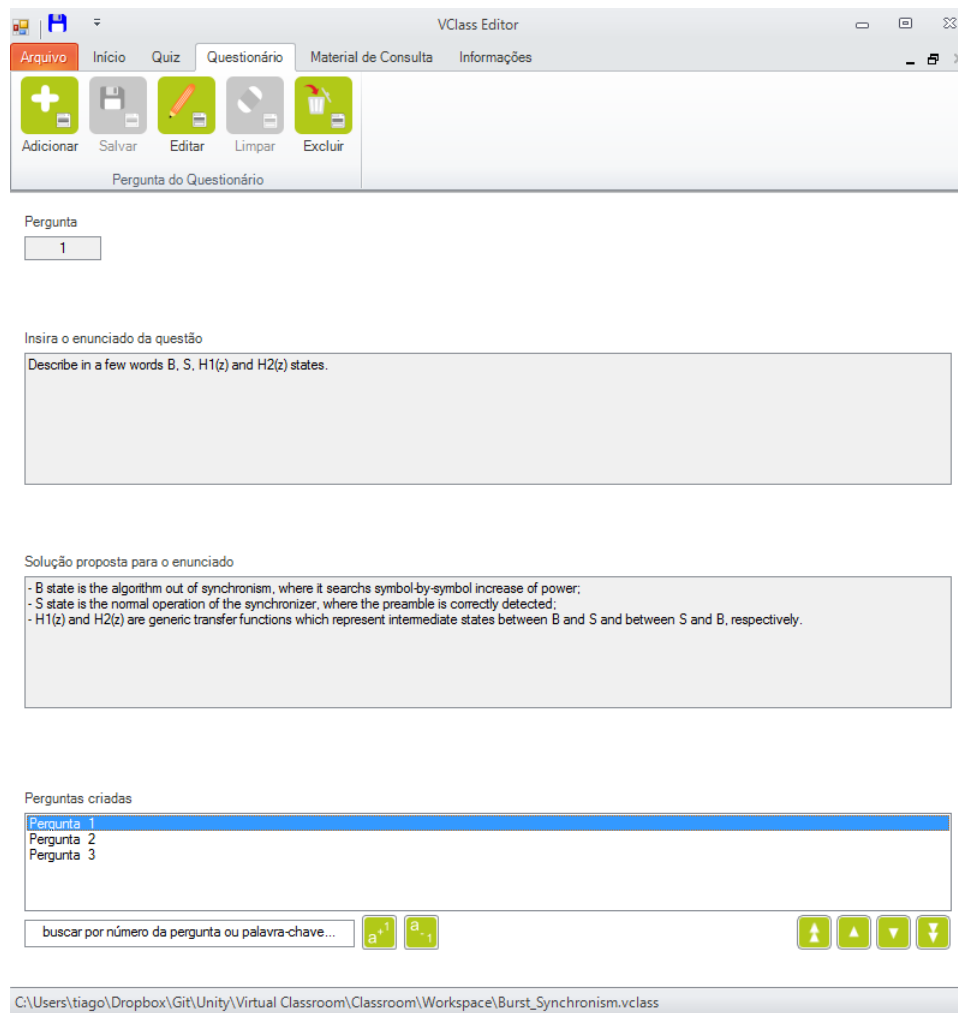


Figura 7.6: Interface de Edição de Questionários.

de inserção destes elementos surgiu nas avaliações realizadas sobre as ferramentas, onde um número considerável de alunos reportou o desejo de poder expandir os tópicos apresentados na ocasião pela consulta a materiais externos. Deste modo, a referida funcionalidade foi idealizada, e sua respectiva interface de gerenciamento pode ser vista por meio da Figura 7.7. Para este trabalho, as fontes dos materiais de consulta encontram-se sempre alocadas na rede, segundo uma URL, o que introduz o *trade-off* do aluno precisar estar conectado à *Internet* enquanto assiste a aula para poder tirar maior proveito da ferramenta.

## 7.4 Requisitos Não-Funcionais da Ferramenta

Requisitos não-funcionais compreendem as características de qualidade selecionadas para um determinado sistema. Elas incluem restrições de desempenho, do processo de desenvolvimento, de padrões, de banco de dados, de segurança, etc. Estes requisitos são geralmente associados ao sistema como um todo e não a algumas funcionalidades em particular [80]. Assim sendo, pode-se

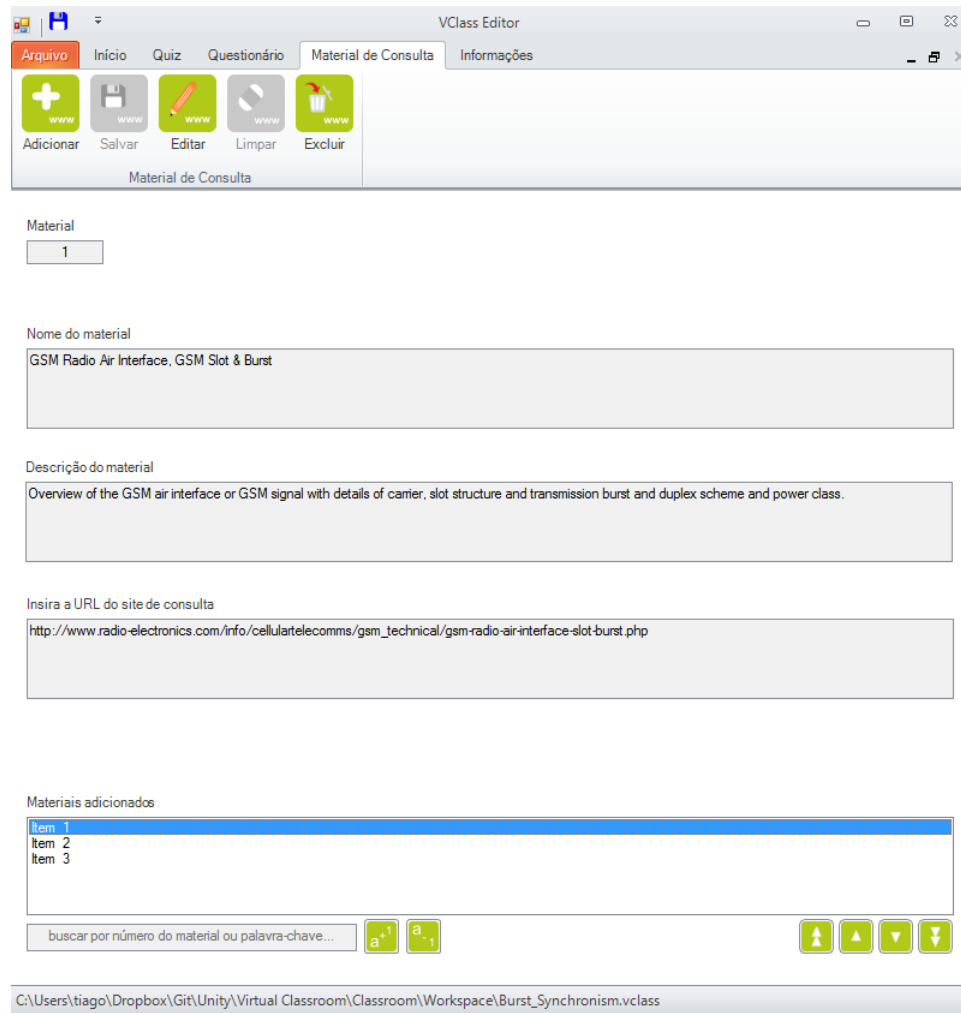


Figura 7.7: Interface de Edição de Materiais de Consulta.

dizer que as principais categorias de requisitos não-funcionais que nortearam o desenvolvimento desse ambiente foram:

- Usabilidade;
- Desempenho;
- Segurança;
- Integração;
- Internacionalização.

A **usabilidade** de um sistema refere-se primariamente à sua facilidade de uso, em especial, a satisfação de uso proporcionada por sua interface homem-computador. Trata-se de uma restrição composta por 5 atributos distintos: facilidade de uso, tolerância a erros, capacidade de memorização, habilidade de aprendizado e eficiência de uso [67, 79]. No contexto do projeto

de IHCs detentoras de tal característica, uma das formas propostas na literatura compreende o uso de *guidelines* de projetos de interfaces. *Guidelines* são regras, diretrizes, ou mesmo guias, empíricas que auxiliam *designers* na tomada de decisões envolvendo os diversos aspectos das interfaces (por exemplo, quais cores usar, quais tipos de ícones adotar, etc.). Segundo Shneiderman e Plaisant [79], um exemplo de *guideline* é dada por: “Projete interfaces compreensíveis, previsíveis e controláveis”. Assim sendo, pode-se dizer que o Editor de Aulas fez uso destas recomendações, extensamente disponíveis e acessíveis na literatura especializada.

Requisitos referentes ao **desempenho** agregam restrições de *performance* da aplicação. Por *performance* entende-se tratar, por exemplo, do tempo de resposta, do tempo total de um processamento em particular, dentre outros [80]. No contexto do Editor de Aulas, foram constatados problemas de desempenho na geração dos conteúdos instrucionais, em especial, devidos às conversões de formatos de arquivos multimídia. Estes problemas foram corrigidos com o uso de mecanismos multi-processos que foram implantados na ferramenta, os quais foram discutidos com maiores detalhes nas Seções anteriores.

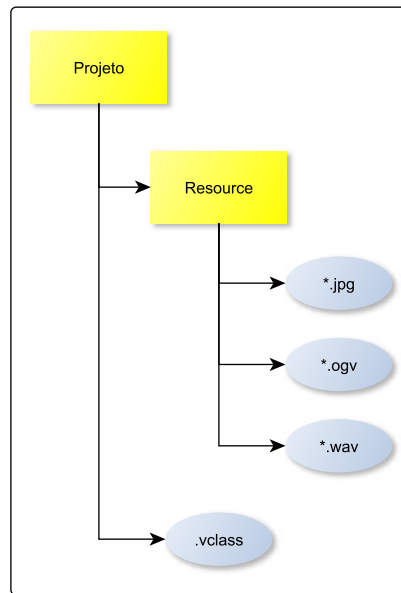
Requisitos de **segurança** envolvem aspectos de proteção dos dados gerados pela aplicação, ou mesmo do controle de acesso a ela [80]. Deste modo, pode-se dizer que a ferramenta de edição de aulas fez uso de robustos sistemas de criptografia para proteger os dados serializados de seus projetos, de forma a minimizar, ou mesmo impossibilitar, o acesso e modificação indevida de conteúdos. Por meio dos mecanismos implantados, a alteração de conteúdos somente é viabilizada dentro da plataforma, não sendo possível, portanto, a edição dos projetos em editores externos de texto.

Com relação à **integração**, trata as restrições de fronteira que a aplicação precisa implantar para poder fazer a comunicação com sistemas ou interfaces externas [80]. No caso do Editor de Aulas, a principal restrição de integração diz respeito à necessidade de sua comunicação com a API SAPI 5 de síntese de fala fornecida pela Microsoft em ambientes Windows. Isso deve-se ao fato do ambiente utilizar sistemas de síntese de voz a partir de texto para produzir as vozes dos *avatares* de maneira automatizada.

Por fim, requisitos de **internacionalização** de sistemas compreendem restrições referentes aos idiomas suportados, às convenções de formatos de dados e às configurações pessoais de usuário [80]. Para o caso do Editor de Aulas, optou-se por desenvolver um módulo de tradução, que desacoplasse a linguagem de seu código fonte, fazendo com que ele pudesse ser facilmente traduzido para qualquer idioma. Esse módulo faz uso de uma linguagem própria de marcação de idiomas, extendida da XML, e foi discutido com maiores detalhes anteriormente.

## 7.5 Projetos *VClass*

Projetos *VClass* são as estruturas de armazenamento das aulas virtuais geradas pelo ambiente de editoração de conteúdo. Pode-se dizer, portanto, que correspondem a uma hierarquia bem definida de organização dos arquivos e pastas que contêm os conteúdos dessas aulas.

Figura 7.8: Projeto *VClass*.

Pode-se considerar, como exemplo, a ilustração de um projeto disposta na Figura 7.8. Segundo ela, os projetos são armazenados em diretórios, os quais possuem um diretório aninhado chamado *Resource* e um arquivo *vclass*. O container *Resource* é o concentrador de recursos do projeto, ou seja, armazena os arquivos de voz, vídeos, imagens, áudios, etc. O arquivo de extensão *vclass*, por sua vez, trata-se do arquivo de descrição da aula virtual, que será descrito com maiores detalhes na próxima seção.

Ainda segundo o diagrama da Figura 7.8, pode-se observar alguns formatos de arquivos multimídia dispostos como, por exemplo, JPG, OGV e WAV. Em poucas palavras, são os formatos adotados pela ferramenta para gravação e visualização de conteúdo. Imagens são armazenadas em JPG, enquanto vídeos no formato aberto OGV. Os áudios e arquivos de voz são codificados para WAV.

Convém ressaltar que, para o correto funcionamento das plataformas trabalhadas nesse trabalho, essa hierarquia precisa ser mantida. Projetos *VClass* que não seguem essa padronização são impossibilitados de serem editados pelo Editor de Aulas, ou mesmo serem assistidos pelos alunos na Sala de Aula Virtual.

### 7.5.1 A Linguagem de Marcação de Aulas Virtuais

A *eXtensible Markup Language* (linguagem de marcação extensível), ou simplesmente XML [9], é uma recomendação criada pelo *World Wide Web Consortium* (W3C), consórcio internacional composto por empresas e organizações criado com intuito de desenvolver padrões para a criação e processamento de conteúdo distribuído na *Web*. O uso do XML permite a geração de linguagens de marcação personalizáveis para atender uma necessidade especial. Dessa forma,

pode-se dizer que a plataforma fez uso desta técnica para descrever sua linguagem de marcação de conteúdo, a VCML, *Virtual Class Markup Language* (Linguagem de Marcação de Aulas Virtuais).

Com relação ao formato de um documento escrito usando a VCML, pode-se dizer que deve ao menos possuir as marcações essenciais mostradas na Listagem 7.2. A linha 1 indica a declaração da versão XML utilizada, bem como a codificação de caracteres para o documento - no caso, UTF-8. Nas linhas 2 e 9 estão presentes as marcações de abertura e fechamento do documento (*vclass*), respectivamente. A seção denotada pela marcação *head*, presente nas linhas 3 e 5, respectivamente, descreve com detalhes metadados sobre as aulas criadas, os quais serão discutidos nos próximos parágrafos. Por fim, nas linhas 6 e 8 está presente a marcação de representação do corpo do documento gerado, *body*. O conteúdo presente nas cenas executadas pelos *avatares* (*slides*, atividades, multimídia, etc.) deve estar contido dentro de *body*, devidamente especificado por suas respectivas notações.

Listagem 7.2: Estrutura de um Documento Escrito em VCML

```

1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
2 <vclass>
3   <head>
4     ...
5   </head>
6   <body>
7     ...
8   </body>
9 </vclass>

```

A descrição dos metadados de aula é feita dentro do cabeçalho do documento VCML (*head*), assim como mostrado na Listagem 7.3. Para isso, a marcação *name* permite denotar o nome da aula criada (linha 4). A *description* permite atribuir uma descrição à aula (linha 5). Com o auxílio de *author-name* pode-se adicionar um autor ao conteúdo criado (linha 6). A marcação *author-email* refere-se ao email do autor criado anteriormente (linha 7). A *author-affiliation* vincula a aula criada a uma instituição de ensino, ou seja, permite incluir a afiliação do autor (linha 8). Por meio de *homework-deadline* atribui-se um prazo limite para a entrega das atividades propostas, definido pelo autor da aula (linha 9). Atividades fora do prazo não são aceitas pelo sistema. Por fim, *last-update* permite o controle da última alteração realizada sobre o conteúdo da aula (linha 10).

Listagem 7.3: Cabeçalho de Descrição dos Metadados.

```

1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
2 <vclass>
3   <head>
4     <name>Burst Synchronism</name>
5     <description>Aula experimental de demonstracao</description>

```



```
6    <author-name>Tiago</author-name>
7    <author-email>tcinto@decom.fee.unicamp.br</author-email>
8    <author-affiliation>DECOM, FEEC, UNICAMP</author-affiliation>
9    <homework-deadline>28/02/2014 23:55:00</homework-deadline>
10   <last-update>15/02/2014</last-update>
11 </head>
12 <body>...</body>
13 </vclass>
```

A segmentação e organização do conteúdo apresentado pelos *avatares* é feita por meio de cenas, sob o paradigma de linha-do-tempo, presente em editores de vídeos usuais. Assim sendo, há marcações e atributos específicos para representá-las, cada qual com suas características e particularidades bem definidas dentro da região de *body* do documento VCML, assim como mostrado na Listagem 7.4.

Para representar uma cena no corpo da aula virtual é necessário usar a marcação *vszene*, presente na linha 5. Essa marcação, por sua vez, suporta o uso dos atributos *id* e *complimentary*, para atribuir um número de identificação à ela e marcá-la como complementar, respectivamente. A marcação de cenas como complementares permite oferecer aprendizado personalizado ao aluno ou, em outras palavras, apresentar cenas contendo conteúdo complexo a um público específico. Dessa forma, alunos que não estão familiarizados com o conteúdo podem continuar acompanhando as aulas sem, no entanto, experimentar conteúdo que não se aplica a seus perfis. Dentro de *vszene* é possível atribuir metadados de descrição à cena por meio de *description* (linha 6), bem como *caption* permite atribuir uma legenda à ela (linha 7). A marcação *voice*, por sua vez, adiciona uma narração à cena (linha 8). Convém ressaltar que o voz da narração é automaticamente sintetizada em arquivos de áudio, não sendo necessário, portanto, intervenção do usuário para gerá-las. Após a geração dessas vozes, os atributos *src* e *length* são preenchidos com o intuito de marcar o nome do arquivo de voz recém-sintetizado e sua duração. Por fim, é possível adicionar conteúdo multimídia para ser apresentado pelos *avatares* segundo as seguintes marcações disponíveis:

- *movie*: permite adicionar um vídeo para ser projetado no *datashow* da Sala de Aula Virtual. O uso de *movie* contempla ainda os atributos *name*, *src* e *length* para, respectivamente marcar o nome do vídeo, o nome do arquivo multimídia e sua duração;
- *audio*: permite inserir um áudio para ser demonstrado no sistema de som da Sala de Aula Virtual. O uso dessa marcação suporta os mesmos atributos de *movie*, descritos anteriormente;
- *image*: permite importar uma imagem para ser projetada e explicada pelos *avatares* no projetor.

Listagem 7.4: Corpo do Documento VCML.

```

1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
2 <vclass>
3   <head>...</head>
4   <body>
5     <vscene id="95" complimentary="false">
6       <description>Cena de demonstracao do cenario 3 de uso...</description>
7       <caption>And finally, this is the third scenario...</caption>
8       <voice src="vcescnG6F0Y3D3B8N5T0X8C4T6F7F5.wav" length="18,02">And
          finally, this is the third scenario being executed...</voice>
9       <movie name="burst" src="movscnG6F0E0C4T6F7F5.ogv" length="22,0"/>
10    </vscene>
11  </body>
12 </vclass>

```

Com o intuito de tornar a experiência de uso com a plataforma de execução de aulas mais rica, são propostos vários tipos de conteúdo para o aluno interagir, dentre os quais podem-se citar os questionários, os *quizzes*, os materiais de consulta, etc.

Para denotar um questionário usando a VCML é necessário criar um escopo para questionários virtuais, com o auxílio da marcação *vquestionnaire*, assim como mostrado nas linhas 6 e 11, da Listagem 7.5. Para ambas as plataformas, um questionário é sempre composto por uma ou mais questões discursivas que são propostas aos alunos ao término de cada aula. Assim sendo, uma questão deve ser demarcada por meio da marcação *vquestionnaire-question* (linha 7). Essa marcação contempla ainda o atributo *id*, criado para gerar um identificador único para cada uma das questões. Aninhadas à *vquestionnaire-question*, devem ser usadas, respectivamente, as marcações *subject* e *response* para atribuir um enunciado e uma solução proposta para a questão.

Listagem 7.5: Notação VCML para Questionários.

```

1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
2 <vclass>
3   <head>...</head>
4   <body>
5     <vscene>...</vscene>
6     <vquestionnaire>
7       <vquestionnaire-question id="2">
8         <subject>Describe in a few words what is a burst...</subject>
9         <response>Burst is a block of contiguous symbols...</response>
10      </vquestionnaire-question>
11    </vquestionnaire>
12  </body>
13 </vclass>

```

*Quizzes* são atividades contendo respostas no formato de múltipla escolha também contempladas pelas plataformas. Nesse caso, a quantidade de alternativas propostas pode ir de 2 a 5, a critério do autor da aula. Usando a VCML, é possível denotar um *quiz* de maneira semelhante a um questionário, por meio da marcação de escopo *vquiz*, mostrada nas linhas 7 e 14, da Listagem 7.6. Questões são denotadas com auxílio da marcação *vquiz-question* e de seus atributos *id* e *answer-key* para atribuir, respectivamente, um identificador e uma solução para elas. Aninhado à *vquiz-question*, é necessário usar *subject* para especificar seu enunciado (linha 9). Com relação às alternativas disponíveis, são representadas por *choice-a*, *choice-b*, *choice-c* e *choice-d* (linhas 10, 11, 12 e 13)

Listagem 7.6: Notação VCML para *Quizzes*.

```

1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
2 <vclass>
3   <head>...</head>
4   <body>
5     <vscene>...</vscene>
6     <vquestionnaire>...</vquestionnaire>
7     <vquiz>
8       <vquiz-question id="1" answer-key="D">
9         <subject>Which of the following options is NOT a good characteristic of
          a synchronizer algorithm?</subject>
10        <choice-a>Fast detection of synchronism loss.</choice-a>
11        <choice-b>Fast initial acquisition of synchronism.</choice-b>
12        <choice-c>Rapid recovery of synchronization.</choice-c>
13        <choice-d>Complexity.</choice-d>
14      </vquiz-question>
15    </vquiz>
16  </body>
17</vclass>

```

A incorporação de materiais de consulta à ferramenta surgiu como necessidade apontada pelos alunos nas avaliações. Na ocasião, grande parte das opiniões coletadas diziam respeito à existência da possibilidade de se aprofundar sobre os temas apresentados, consultando *sites* e materiais de apoio. Assim sendo, a VCML foi expandida para apresentar essa funcionalidade, bem como a interface do editor também foi adaptada para atender essa demanda. Para especificar materiais de consulta é necessário definir seu respectivo escopo, com auxílio da marcação *vresource*, presente nas linhas 8 e 14, da Listagem 7.7. A criação de cada material é feita por meio do *vresource-item* (linha 9) e de seu atributo *id*, para atribuir um identificador a ele. Em adição, devem ser usadas as marcações *name* (linha 10), *description* (linha 11) e *src* (linha 12) para especificar, respectivamente, o nome, uma descrição para o material e sua fonte (onde está armazenado).

Listagem 7.7: Notação VCML para Materiais de Consulta.

```
1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
2 <vclass>
3   <head>...</head>
4   <body>
5     <vscene>...</vscene>
6     <vquestionnaire>...</vquestionnaire>
7     <vquiz>...</vquiz>
8     <vresource>
9       <vresource-item id="2">
10        <name>Digital Modulation in Communication Systems.</name>
11        <description>This application note introduces the concepts of digital
12          modulation.</description>
13        <src>http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/565-7160E.pdf</src>
14      </vresource-item>
15    </vresource>
16  </body>
17</vclass>
```

## 7.6 Considerações Finais

Ao longo deste capítulo, a especificação do sistema de editoração de aulas foi feita. Além desta descrição, foram também especificadas as linguagens de marcação de conteúdo desenvolvidas, a saber, a VCML e a VCTML. Todos os seus recursos foram descritos, bem como sua respectivas marcações e atributos. Para a criação das linguagens, a especificação XML foi adotada por se mostrar um formato flexível. Convém ressaltar que o trabalho diretamente sobre a linguagem VCML, assim como em qualquer outra linguagem XML, pode se tornar um trabalho dispendioso e, muitas vezes, inviável. Para isso, foi criado o Editor de Aulas, que torna a editoração de conteúdo um processo transparente e facilitado ao professor. Com seu uso, não é necessário conhecer a linguagem para criar conteúdo, somente aprender a usar a ferramenta.

# Ambiente Virtual de Aprendizagem: a Sala de Aula Virtual

A Sala de Aula Virtual foi idealizada de forma a apoiar os alunos no processo de visualização dos conteúdos criados pelo Editor de Aulas. Trata-se de uma representação virtual de uma sala de aula física, uma vez que possui grande parte de seus principais itens como, por exemplo, lousas, projetores, computadores, telas de projeção, mesas, cadeiras, etc. Em outras palavras, refere-se ao cenário com o qual o *avatar* interage para apresentar as aulas.

A ferramenta fez uso da plataforma .NET de desenvolvimento, utilizando a linguagem C# de codificação, da Microsoft. Como ambiente de desenvolvimento integrado (IDE), fez uso do *MonoDevelop*, suíte de compiladores gratuitos criada como alternativa ao *Visual Studio*. A linguagem C# adotada foi, na verdade, uma versão ligeiramente adaptada para a programação na modalidade *script*. Esse paradigma de desenvolvimento é usado em grande parte dos ambientes de programação de modelos 3D atualmente disponíveis no mercado. Para o ambiente de exibição de aulas utilizou-se também a plataforma *Unity* como *engine* de renderização e processamento gráfico.

Devido às características das APIs e *frameworks* adotados para o desenvolvimento das ferramentas deste trabalho, pode-se dizer que ambas restringem-se ao sistema operacional Windows e, portanto, são considerados mono-plataformas, de uso exclusivo em computadores pessoais PCs.

A Sala de Aula Virtual fez uso também de *softwares* de modelagem e animação gráfica para trabalhar com os modelos 3D dos objetos e dos *avatars*, dentre os quais, podem-se citar o *Autodesk Maya*, o *Autodesk MotionBuilder* e o *Blender*.

## 8.1 Requisitos Funcionais da Ferramenta

O levantamento dos requisitos descritos nesta seção foi realizado com auxílio dos orientadores e colaboradores desse projeto, além dos resultados obtidos com as avaliações da ferramenta com

alunos. Deste modo, os requisitos funcionais da Sala de Aula Virtual são mostrados no diagrama de casos de uso presente na Figura 8.1, sob a perspectiva dos alunos, do sistema e das principais funcionalidades fornecidas a eles:

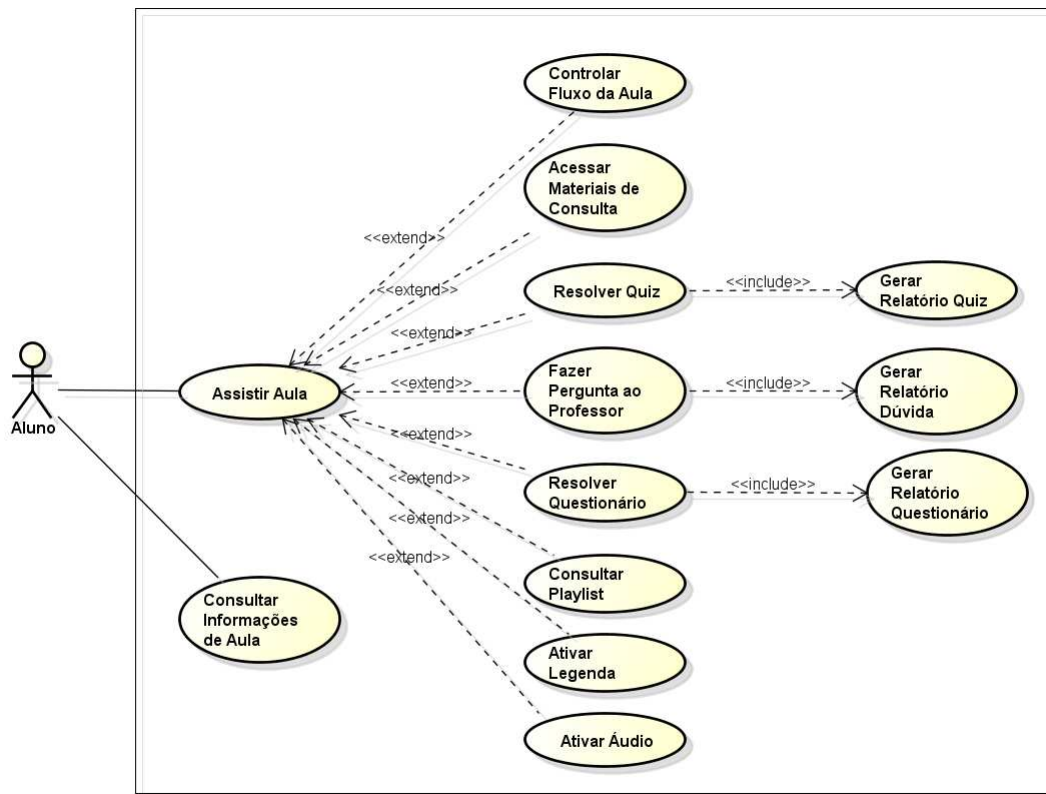


Figura 8.1: Diagrama de Casos de Uso da Sala de Aula Virtual.

- *Assistir Aula*: funcionalidade principal do ambiente, compreendendo a seleção e exibição dos conteúdos criados no Editor de Aulas e distribuídos pelos professores aos alunos;
- *Consultar Informações de Aula*: possibilita ao aluno consultar e visualizar as informações da aula que deseja assistir. Estas informações compreendem dados de autoria (nome, afiliação e email do autor), última atualização de conteúdo, prazo para submissão das atividades propostas, nome da aula e descrição do material;
- *Controlar Fluxo da Aula*: funcionalidade que compreende as ferramentas de controle do fluxo de execução das aulas, ou seja, por meio delas é possível avançar/retroceder cenas, pausar a exibição do conteúdo ou mesmo ir para uma cena específica desejada;
- *Acessar Materiais de Consulta*: a necessidade de inclusão de materiais extras para consulta surgiu em uma demanda gerada pelos alunos nas avaliações da ferramenta. Deste modo, os dois ambientes foram modificados para suportar esta característica;

- *Resolver Quiz*: permite ao aluno resolver as atividades propostas na modalidade *quiz* pelos professores;
- *Fazer Pergunta ao Professor*: a qualquer momento durante a exibição do conteúdo apresentado pelo *avatar* é possível pausar o fluxo da aula e enviar uma dúvida ao email do professor;
- *Resolver Questionário*: funcionalidade que permite aos alunos resolverem as atividades propostas como questionários pelos professores;
- *Consultar Playlist*: a consulta e navegação sobre a *playlist* das aulas permite o acesso simples e rápido às cenas específicas desejadas. Os metadados de descrição das cenas são usados nessa etapa para descrevê-las detalhadamente;
- *Ativar Legenda*: as legendas são previstas por ambos os ambientes para auxiliar o entendimento da pronúncia das vozes geradas, ou mesmo por questões de tradução do conteúdo criado. Deste modo, o aluno pode ativar ou desativar sua exibição para obter melhor aproveitamento da região visível do conteúdo apresentado;
- *Ativar Áudio*: a funcionalidade de deixar mudo o som do ambiente foi desenvolvida e está disponível ao aluno, de forma a permitir a interrupção imediata de qualquer efeito sonoro gerado;
- *Gerar Relatório Quiz*: Ao resolver uma atividade qualquer no ambiente um relatório é gerado e encaminhado ao professor. Para o caso dos *quizzes*, os relatórios compreendem, além das respostas dos alunos, a solução sugerida pelo autor e a correção das atividades;
- *Gerar Relatório Dúvida*: O relatório de dúvida é gerado sempre que a funcionalidade de “Pergunte ao Professor” é acessada. A dúvida é enviada diretamente ao email do autor da aula;
- *Gerar Relatório Questionário*: de maneira semelhante ao que ocorre com a resolução dos *quizzes*, ao responder um questionário, um relatório também é gerado. Esse relatório, no entanto, não compreende a correção das atividades, uma vez que possui somente a solução proposta pelo aluno, além da resposta sugerida pelo professor no momento da criação da aula.

## 8.2 Interfaces de Usuário

Em ambientes 3D de interação é comum utilizar o conceito de HUD (*Head Up Display*) para a interação. Este conceito refere-se a uma interface gráfica que fica presente na tela durante todo o tempo com que se interage com a aplicação. Para a Sala de Aula Virtual foi modelado um

HUD que permitisse ao aluno interagir com as principais possibilidades previstas pelas aulas, assim como mostrado na Figura 8.2.

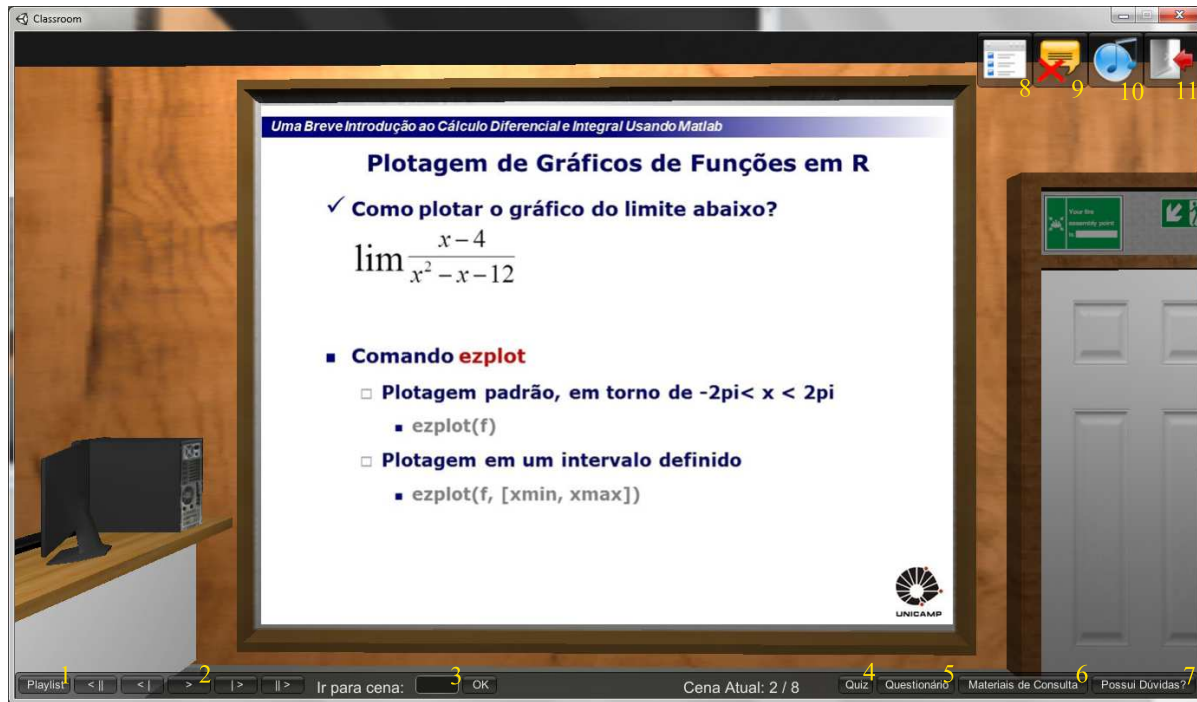


Figura 8.2: *Head Up Display* da Sala de Aula Virtual.

De acordo com a ilustração do HUD da Figura 8.2, pode-se ver também alguns indicadores numéricos para algumas regiões distintas de acesso às opções como, por exemplo:

1. Opção de acesso à *playlist* das aulas, que contém informações sobre as cenas modeladas;
2. Área de controle do fluxo das cenas. Por meio dela pode-se, por exemplo, avançar, retroceder, avançar até o última, retroceder à primeira e pausar a execução delas;
3. Opção que permite o acesso rápido a uma cena específica da *playlist* da aula;
4. Opção de acesso ao *quiz* proposto pelo professor. É interessante ressaltar que a existência de um *quiz* não é obrigatória, ou seja, pode ou não estar presente, ficando a critério do professor decidir modelá-lo;
5. Opção de acesso ao questionário de aula;
6. Opção de acesso aos materiais de consulta previstos. Estes materiais podem envolver documentos externos contidos em URLs, que são inseridos às aulas para enriquecer a interação dos alunos que desejam receber maiores informações sobre os tópicos abordados;
7. Opção que dá acesso à interface de realização de perguntas ao professor. Ao acessá-la, todo o fluxo de execução da aula é interrompido para que a dúvida possa ser descrita.



Após transmiti-la, a execução das cenas é retomada. Esta interface é mostrada por meio da Figura 8.3;

8. Simples opção que possibilita o retorno ao menu inicial do ambiente, composto basicamente pela interface de seleção de aulas;
9. A funcionalidade de exibição de legendas foi prevista na ferramenta para auxiliar o entendimento das vozes e pode ser ativada por meio dessa opção;
10. A interrupção imediata de qualquer som gerado pelo ambiente pode se feita acessando essa opção;
11. Por fim, o simples acesso à opção 11 encerra a exibição da aula, bem como a execução do ambiente.

Por meio da Figura 8.2 é possível também presenciar o momento em que um conteúdo multimídia - no caso, um *slide* - é projetado sobre a tela de projeção da sala de aula. Pode-se constatar que o *avatar* não faz parte dessa interação. Essa estratégia procura reduzir a carga de elementos visuais mostrados ao mesmo tempo para o aluno, em outras palavras, para que não exista distração com a explicação, somente o conteúdo relevante é mostrado. Portanto, escuta-se somente a voz do *avatar* nas projeções de imagens, vídeos e áudios.

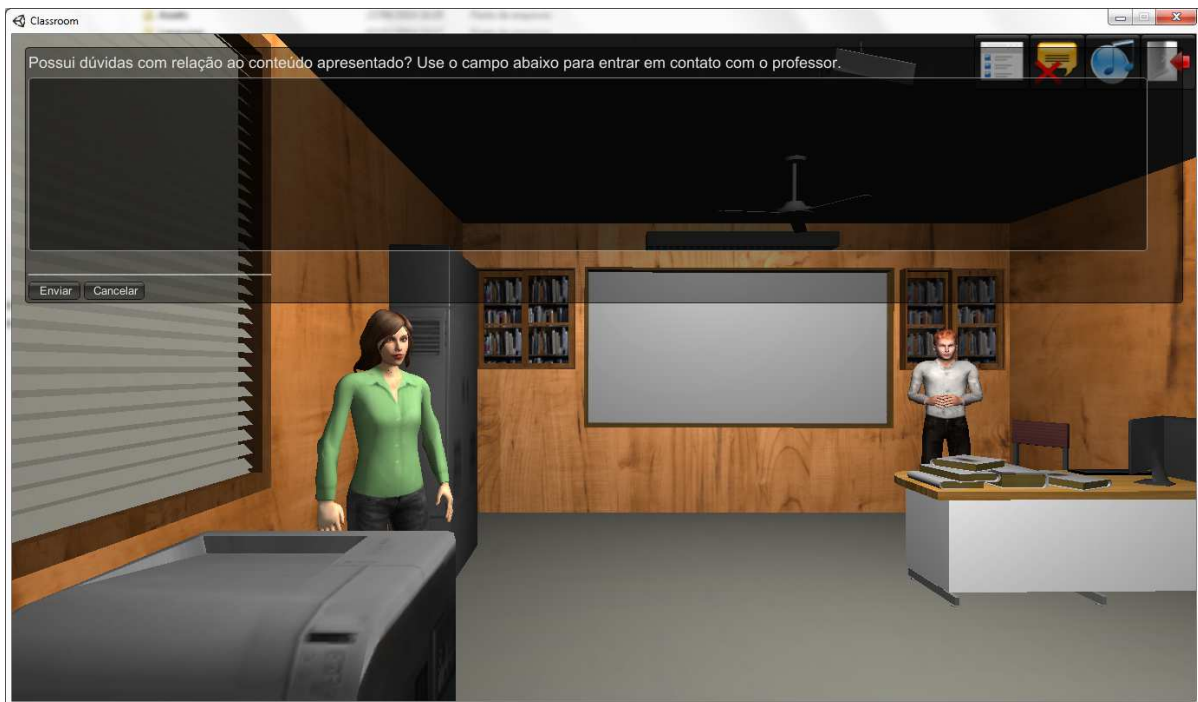


Figura 8.3: Interface de Realização de Perguntas.

A interface de seleção de aulas é apresentada pela Figura 8.4. O conteúdo deste componente é populado com informações dos projetos de aula contidas na pasta *Workspace* do ambiente.

Projetos fora desse diretório não são exibidos corretamente e não podem, portanto, serem assistidos pelos alunos. Essa estratégia facilita a distribuição das aulas pelos professores a seus estudantes, pela concentração dos conteúdos em um único local, não havendo necessidade de efetuar importações ou ajustes sobre os dados.



Figura 8.4: Interface de Seleção de Aulas.

Na interface presente na Figura 8.4 estão presentes alguns campos de preenchimento obrigatório para os alunos antes da execução das aulas (por exemplo, nome, RA e *email*). Isso é necessário para fins de geração de relatórios de atividades, uma vez que esses campos não constituem um sistema de credenciais de acesso propriamente dito. Ainda de acordo com esta interface, pode-se notar uma opção para exibir/omitir cenas contendo conteúdos considerados complementares. A marcação de um conteúdo como complementar é feita sob critério dos professores no momento da modelagem das cenas. Esta funcionalidade foi implementada para atender uma demanda gerada durante as avaliações, em que os alunos pediam que conteúdos que não atendessem sua carga cognitiva não fossem mostrados. Desta forma, é possível acomodar uma diversidade maior de perfis de estudantes.

Ao iniciar o ambiente é feito um *check up* dos recursos necessários a seu funcionamento, além de validações da consistência dos projetos de aula contidos no diretório *Workspace*. No caso de existirem ocorrências indesejadas, o ambiente impossibilita sua execução e notifica ao usuário o problema ocorrido, assim como mostrado na Figura 8.5.

A Figura 8.6 ilustra a apresentação de uma cena sendo feita pelo *avatar* do sexo feminino. Esta apresentação é feita pela gesticulação desenvolvida para os personagens, que será descrita com maiores detalhes nas próximas seções. Na ilustração é possível também constatar o recurso



Figura 8.5: Erro na Consistência de um Projeto de Aula.



Figura 8.6: Exibição de Aula no Ambiente.

de legendas ativo, sincronizado ao áudio da narração, além do *avatar* que não participa da cena esperando ao lado da impressora, o do sexo masculino. Para esse caso, não há uso efetivo da lousa do ambiente. Os demais itens de cenário (por exemplo, livros, computadores, mesas, etc.) também estão presentes; entretanto, não constituem elementos interativos para o *avatar*.

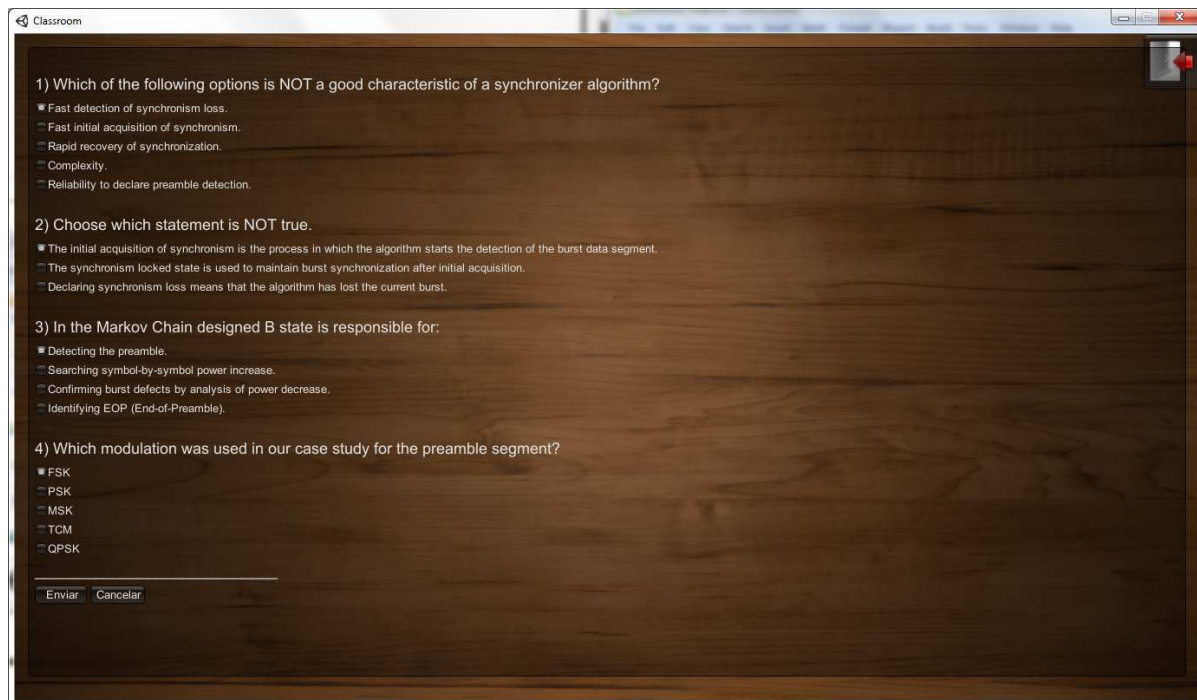


Figura 8.7: Interface de Resolução do *Quiz* Interativo.

Com relação às interfaces de resolução de *quizzes*, de questionários, ou mesmo de consulta aos materiais complementares, pode-se dizer que foram projetadas para oferecerem consistência de padrões, de maneira a assemelharem-se umas as outras e reduzirem a carga cognitiva sobre os alunos [67]. Deste modo, todas elas podem ser ilustradas por meio da Figura 8.7, onde é feita a resolução de um *quiz*. Pode-se notar, por exemplo, o uso de um bom contraste entre a cor das letras e do fundo, além da presença de cores que não prejudicam ou cansam a visão do usuário. Estão presentes também somente informações essenciais, ou seja, os enunciados das questões, suas respectivas alternativas de resposta, um botão para submeter a resolução da atividade e uma opção para cancelar e retornar ao menu inicial de seleção de aulas.

Para interagir com a ferramenta teclado, não há restrições ou opções delegadas a alguma tecla em especial. Este dispositivo foi contemplado para auxiliar no processo de inserção de dados de alunos, de questionários, de dúvidas, etc. O *mouse*, por sua vez, serve para acessar as opções presentes no HUD do ambiente, de forma que não foram previstos menus de contexto ou opções ocultas similares.

### 8.3 *Avatares* Apresentadores de Conteúdo

Por meio da Figura 8.4 pode-se ver os *avatares* modelados como apresentadores de conteúdo, um personagem do sexo masculino e o outro, feminino. Para a animação dos modelos 3D destes personagens foram feitas capturas de movimentos humanos usando o *Kinect*, da Microsoft. Estes movimentos puderam então ser segmentados e populados em uma base de gestos, que serviu de

apoio à criação das animações de explicações de conceitos.

Ambos os *avatares* foram projetados como forma de validação à proposta de modelagem de conteúdo educacional criada pelo Editor de Aulas. Deste modo, os mesmos foram desenvolvidos contendo somente recursos essenciais a seu funcionamento. Deste modo, algumas questões de implementações não foram consideradas. Em outras palavras, foram trabalhados os movimentos de gesticulação ao explicar um conceito, de respiração dos modelos e o de caminhar pelo cenário. A movimentação facial e labial dos *avatares* ao falar acabou não sendo implementada devido ao curto espaço de tempo para a execução desta pesquisa. Portanto, pode-se dizer que priorizou-se a finalização de ambas as ferramentas a tempo de conclusão deste projeto. No entanto, enfatiza-se a implementação destas características como trabalhos futuros de grande valor ao ambiente.

## 8.4 Fluxo de Execução da Sala de Aula Virtual

A Figura 8.8 exibe um diagrama de máquina de estados da ferramenta contendo o fluxo de execução da sala de aula após entrar no ambiente. A ferramenta inicia com a escolha das *Configurações Gráficas da GPU*, seguido pela *Seleção do Idioma* e dos *Créditos de Introdução ao Ambiente*, respectivamente, em um processo linear. O resultado desses estados refere-se ao *Menu Principal de Seleção de Aulas*. Neste ponto, o aluno pode iniciar a exibição do conteúdo desejado ou obter maiores *Informações sobre a Aula*. Durante a *Exibição da Aula* é possível desviar o fluxo para fazer *Perguntas ao Professor*, pausar, avançar ou retroceder cenas pelo *Ajuste no Fluxo de Exibição*, ou mesmo interagir com os recursos interativos propostos como, por exemplo, o *Quiz*, o *Questionário* e os *Materiais de Consulta*. O aluno pode também, a qualquer momento, interromper a execução da Sala de Aula Virtual e fechar o ambiente.

No que diz respeito aos estados representados no diagrama da ilustração anterior, os mesmos são elicitados e discutidos mais detalhadamente abaixo:

- *Configurações Gráficas da GPU*: esse estado permite que o aluno configure a forma como será feita a renderização do ambiente em sua placa gráfica (GPU), com a possibilidade de alteração da resolução de exibição e da qualidade das texturas dos modelos 3D, assim como mostrado na Figura 8.9;
- *Seleção de Idioma*: a etapa de seleção do idioma permite que a linguagem do ambiente possa ser trocada logo no início da interação. Tanto o Editor de Aulas, como a Sala de Aula Virtual, fazem uso do módulo de tradução e da linguagem de especificação de idiomas descrita nos capítulos anteriores;
- *Créditos de Introdução ao Ambiente*: os créditos iniciais mostram informações sobre os autores da ferramenta e de suas afiliações. É possível pular esse estado apertando qualquer tecla do teclado;



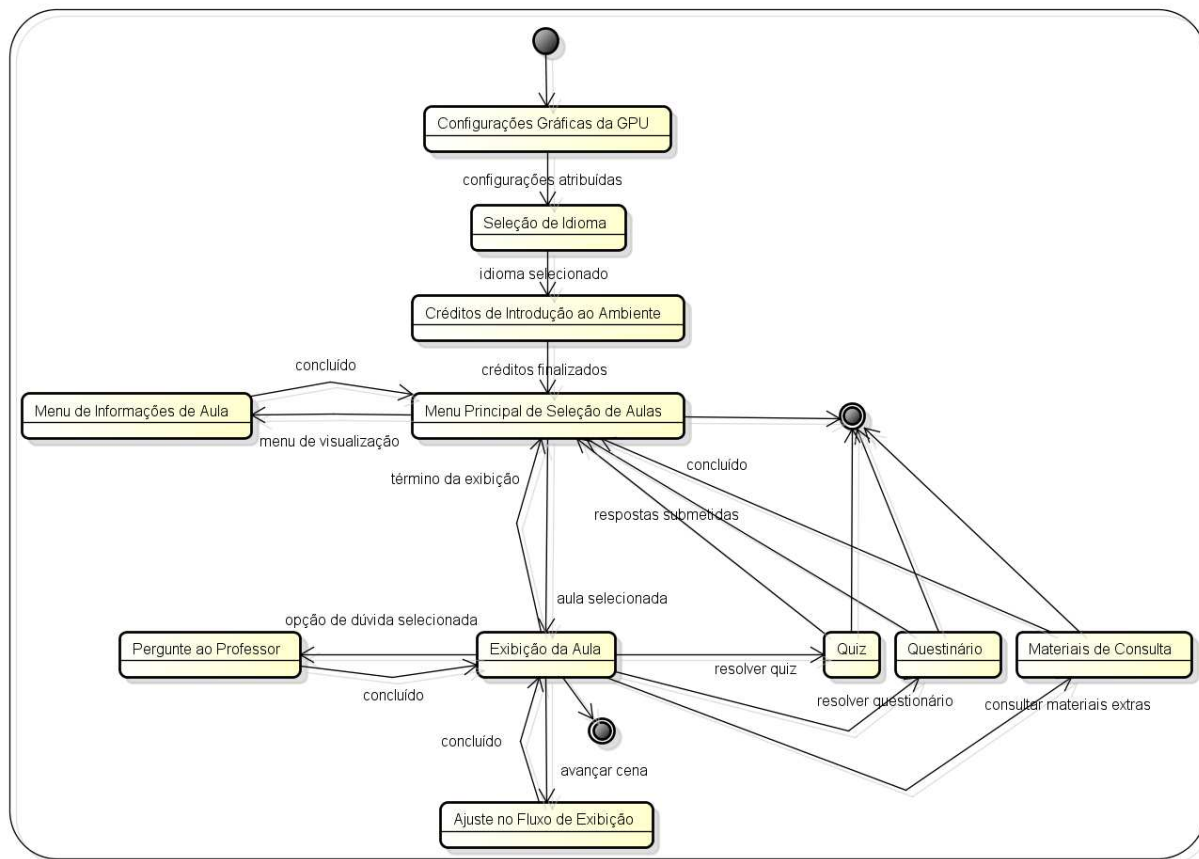


Figura 8.8: Diagrama de Máquina de Estados da Sala de Aula Virtual.

- *Menu Principal de Seleção de Aulas*: etapa de seleção das aulas disponíveis no ambiente. Todos os projetos *VClass* de aula precisam ser colocados dentro do diretório *Workspace* da Sala de Aula. Para poder proceder às aulas é necessário também preencher as informações de aluno (nome, RA e email). Estas informações são utilizadas para fins informativos, quando há a criação dos relatórios de atividades. Não há atualmente previsto um controle sobre o acesso que é feito sobre a plataforma;
- *Informações de Aula*: estado correspondente à interface de consulta de informações de aula, com dados de autoria, de prazos de submissão de atividades, dentre outros;
- *Pergunte ao Professor*: ao interromper o fluxo da aula acessando a interface de Pergunte ao Professor, o aluno pode fazer perguntas e enviá-las diretamente ao email do autor da aula;
- *Exibição da Aula*: corresponde ao estado principal do ambiente, o qual consiste no aluno assistindo a apresentação do *avatar*;
- *Ajuste no Fluxo de Exibição*: as ações de controle sobre as cenas (por exemplo, pausar, avançar ou retroceder) são disparadas e resultam na execução deste estado, que consiste na busca e posicionamento da *timeline* na posição correta;

- *Quiz*: ao selecionar a opção de resolver o *quiz* de uma aula, a interação do aluno passa a ser controlada por esse estado;
- *Questionário*: estado referente ao aluno respondendo os questionários propostos pelas aulas;
- *Materiais de Consulta*: estado de controle da consulta do aluno aos materiais didáticos extras propostos pelo professor.

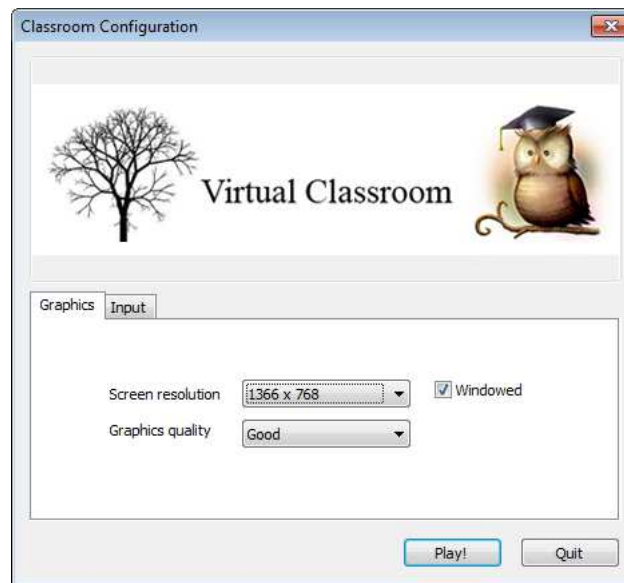


Figura 8.9: Configurações Gráficas da Sala de Aula de Virtual.

## 8.5 Arquitetura do Ambiente

Devido às tecnologias adotadas para a implementação de ambos os ambientes terem sido similares (*framework* de desenvolvimento, linguagem de codificação, plataforma de execução, etc.), o projeto da Sala de Aula Virtual pode ser feito sobre a arquitetura modular em camadas do Editor de Aulas, de forma a poder reutilizar seus principais componentes. Assim sendo, módulos comuns aos dois puderam ser reaproveitados, com algumas poucas modificações como, por exemplo:

- **Módulo de Idiomas**: o componente de tradução permite o rápido ajuste da interface da sala de aula para qualquer idioma desejado, bastando apenas traduzir o arquivo XML descritor de línguas. A estrutura deste arquivo é a mesma descrita em capítulos anteriores, a VCTML;

- Módulo de Segurança: de maneira oposta ao que ocorre com o Editor de Aulas, o Módulo de Segurança, nesse caso, trabalha somente a descriptografia dos dados cifrados dos projetos de aula;
- Interpretadores XML: interpretadores XML são também necessários para o ambiente de exibição de aulas devido a forma com que o editor de conteúdos serializa e persiste seus dados.

## 8.6 Requisitos Não-Funcionais da Ferramenta

Ambos os ambientes foram especificados e desenvolvidos com base em princípios não-funcionais similares. Deste modo, grande parte das restrições puderam ser herdadas do Editor de Aulas para serem reaproveitadas, com a devidas adaptações para o novo projeto. Estes requisitos foram especificados com auxílio das orientações deste projeto e das respostas dos alunos às avaliações realizadas. Assim, os requisitos de usabilidade, segurança e internacionalização foram condensados para esta nova ferramenta.

Em adição, o resultado das avaliações com alunos suscitou a criação de uma quarta categoria de requisito não-funcional para a Sala de Aula Virtual, a responsividade, que especifica que a ferramenta deve poder ser adaptada automaticamente, e sem a interferência externa, a qualquer resolução de tela que lhe é imposta, assim como será detalhado no Capítulo 10, de Resultados.

## 8.7 Considerações Finais

Ao longo deste capítulo a especificação do sistema de exibição de aulas foi feita. Além dele, foram também descritos os *avatares* modelados para servirem de apresentadores de conteúdo. Como pode-se notar no decorrer deste texto, a plataforma foi desenvolvida como prova de conceito ao modelo de editoração de aulas proposto no capítulo anterior. Deste modo, pode-se dizer que, mesmo o ambiente tendo carecido de alguns recursos, assim como ilustrado no decorrer deste texto, o mesmo apresentou resultados bons resultados nas avaliações de satisfação de uso com alunos, que serão mostradas no Capítulo 10, de Resultados.



## Metodologia Utilizada

O presente capítulo tem por objetivo descrever os estudos de caso que foram realizados para aferir a efetividade da abordagem de ensino proposta nessa pesquisa. Sendo assim, pode-se dizer que, ao todo, foram realizados 2 estudos com técnicas e objetivos distintos, que serão descritos mais detalhadamente nos parágrafos a seguir.

### 9.1 Estudo de Caso I

Os locais escolhidos para a realização do primeiro estudo de caso sobre os ambientes foram a Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação - FEEC, da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, e o Centro Universitário Salesiano de São Paulo - UNISAL, também situado em Campinas - SP.

A pesquisa foi realizada durante o mês de Novembro de 2013, onde 73 indivíduos ( $N = 73$ ) foram submetidos à interagir com aulas apresentadas pelo ambiente e responderam um questionário de coleta de opinião.

Desses indivíduos, 72 eram alunos de graduação ( $N = 65$ ) e pós-graduação ( $N = 7$ ) e havia um professor ( $N = 1$ ). Quanto ao sexo dos participantes, haviam indivíduos do sexo masculino ( $N = 66$ ), feminino ( $N = 6$ ) e alguns que optaram por não se identificar ( $N = 1$ ).

A natureza da pesquisa adotada foi a mista. Neste contexto, a coleta dos dados ocorreu por meio de um questionário contemplando 18 itens do tipo Likert [19], a qual se baseia em uma escala de alguns níveis de concordância ou discordância de uma assertiva, e 3 itens abertos.

A análise da confiabilidade do questionário foi realizada segundo os princípios do coeficiente alfa de Cronbach, o que acabou mostrando que o questionário era aplicável ao estudo. Parte desse instrumento já havia sido validado em estudos anteriores e apresentado bons resultados [41, 42, 40].

Para a análise dos dados quantitativos coletados, optou-se por estudos concernentes à estatística descritiva paramétrica (análise da média, desvio-padrão, etc.). Para os dados qualitativos, usou-se abordagem de categorização e pontuação dos comentários, para possibilitar sua repre-

sentação e visualização nos formatos gráficos usuais [42]. A realização de um estudo piloto para ajuste do desvio-padrão da amostra foi também contemplada.

Todas as seções de avaliação foram conduzidas em grupo, com a projeção da aula dada em projetor multimídia para uma sala de alunos. Os propósitos do estudo foram fornecidos e as principais funcionalidades e recursos dos ambientes foram explicados. Após o término das projeções, solicitou-se aos participantes que respondessem o questionário impresso disponibilizado. Foi feito também o uso de caixas de som acústicas para melhorar a qualidade sonora, dada a quantidade de participantes presente em cada classe.

A próxima seção discorre a respeito da execução de um estudo piloto realizado para obter uma estimativa confiável do tamanho da amostra populacional.

### 9.1.1 Estudo Piloto

O trabalho com toda a população em um estudo científico é, muitas vezes, impraticável. Neste contexto, pode-se escolher trabalhar com amostra de representatividade dessa população, ou seja, um subconjunto de indivíduos dela.

A definição do tamanho da amostra populacional é um problema de extrema importância, principalmente por 2 motivos:

- amostras demasiadamente pequenas tendem à levar a resultados imprecisos, o que inviabiliza a extração de resultados confiáveis;
- amostras demasiadamente grandes tendem à levar ao desperdício de recursos e tempo empregado na pesquisa.

É possível obter uma estimativa confiável da quantidade de indivíduos necessários para a amostra populacional de uma população de tamanho desconhecido pela Equação 9.1,

$$n = \left( \sigma \frac{Z_{\alpha/2}}{E} \right)^2 \quad (9.1)$$

Onde,

$n$  é o número de indivíduos na amostra;

$Z_{\alpha/2}$  é o valor crítico para o grau de confiança (IC) desejado na pesquisa;

$\sigma$  é o desvio-padrão populacional da variável analisada;

$E$  é a taxa de erro desejada para a pesquisa.

Para uma primeira abordagem de cálculo do tamanho da amostra o valor do desvio-padrão geralmente não é conhecido - no caso, esta pesquisa. Para estes casos, muitos autores sugerem a realização de um estudo piloto com o maior número possível de participantes. Após a realização desse tipo de estudo, o desvio-padrão pode então ser extraído e analisado, para que a estimativa do tamanho da amostra possa ser realizada.

Para o cálculo dessa estimativa populacional considera-se ainda o valor de  $Z_{\alpha/2}$ , que corresponde ao grau de confiança desejado para a pesquisa. Estes valores são tabelados e amplamente difundidos na literatura estatística [85], assim como disposto na Tabela 9.1.

Grau de Confiança	$\alpha$	Valor Crítico $Z_{\alpha/2}$
90%	0,10	1,645
95%	0,05	1,96
99%	0,01	2,575

Tabela 9.1: Valores Críticos do Coeficiente e Intervalos de Confiança.

Para este trabalho optou-se por realizar o estudo piloto descrito anteriormente com o maior número possível de participantes. Assim sendo, foram escolhidos inicialmente 47 alunos de cursos de graduação e pós-graduação. Os parâmetros estatísticos deste estudo podem ser vistos na Tabela 9.2.

Parâmetro	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9	i10	i11	i12
Me	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mo	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
$\mu$	3,68	4,00	3,82	3,85	3,78	4,11	4,11	4,15	4,15	4,06	3,85	3,87
$\sigma^2$	0,52	0,26	0,53	0,47	0,30	0,31	0,44	0,47	0,47	0,36	0,60	0,37
$\sigma$	0,72	0,51	0,73	0,69	0,54	0,56	0,66	0,69	0,69	0,60	0,77	0,61

Tabela 9.2: Parâmetros Estatísticos do Estudo Piloto.

Com base nesses dados, pode-se dizer que os desvios-padrão são equivalentes, tomando-se a média como referência de análise, por volta de 4 para todos os itens.

Para essa pesquisa considerou-se sempre o pior caso como base de cálculo para o tamanho da amostra populacional. Assim sendo, normalizando-se o desvio-padrão de todos os itens resultaria em um valor por volta de 0,2. Assim, para IC = 90% o tamanho da amostra seria de 44, para IC = 95% seriam necessárias 62 pessoas e para IC = 99%, 106 pessoas. Para todos os intervalos de confiança considera-se o erro da pesquisa em 5%. Assim sendo, optou-se por trabalhar com 95% de confiança para a pesquisa, uma vez que para amostra final da população foi obtido um total de 73 participantes.

### 9.1.2 Estimação da Confiabilidade do Questionário Usando o Coeficiente Alfa de Cronbach

A coleta de dados foi feita por meio de um questionário contendo questões abertas, dissertativas, e fechadas, de múltipla escolha. Para a validação da confiabilidade do questionário o estimador alfa de Cronbach foi usado [20, 33, 58, 22].

Em se tratando de questionários de coleta de opinião usados em pesquisas científicas, dois parâmetros são geralmente mensurados: a validade e a confiabilidade.

A validade de um questionário aborda a verificação da corretude da escala de medida adotada, ou seja, se ela realmente mede de maneira correta aquilo para qual foi criada para medir, enquanto a confiabilidade tem por objetivo medir o grau de isenção de erros aleatórios dessa escala. Um dos coeficientes mais famosos para estimar a confiabilidade em questionários é o alfa de Cronbach [33].

Esse estimador foi proposto por Lee J. Cronbach em 1951 [20] e desde então tem sido um dos métodos mais interessantes e confiáveis para medir a confiabilidade de um questionário. Ele refere-se à correlação entre as respostas coletadas e é calculado a partir da variância dos itens individuais e da variância da soma destes, assim como mostrado na Equação 9.2,

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sigma_t^2} \right) \quad (9.2)$$

Onde,

$k$  é o número de itens do questionário;

$\sigma_i^2$  é a variância de cada item;

$\sigma_t^2$  é a variância total do questionário, obtida pela soma de todas as variâncias.

Segundo a literatura especializada, a utilização do alfa de Cronbach deve contemplar os seguintes pressupostos [22, 58]:

- Divisão do questionário em dimensões para as questões que tratam de um mesmo tema;
- Aplicação do questionário a uma amostra significativa e heterogênea;
- Validação da escala de medidas quanto à efetividade de sua medição.

Os valores do coeficiente alfa são calculados para  $\{\alpha \in \mathbb{R} \mid -\infty < \alpha \leq 1 \wedge \alpha \neq 0\}$ ; entretanto, consideram-se medidas válidas somente aquelas contidas entre  $(0, 1)$ . Medidas abaixo de 0 são ditas imprecisas e portanto não devem ser consideradas [22, 33]. Não há um consenso na literatura para os níveis de aceitação no intervalo de cálculo do coeficiente; entretanto, é comum encontrar autores propondo os seguintes valores [22]:

- Inaceitável:  $\alpha < 0.5$ ;
- Pobre:  $0.5 < \alpha < 0.6$ ;
- Questionável:  $0.6 < \alpha < 0.7$ ;
- Aceitável:  $0.7 < \alpha < 0.8$ ;
- Bom:  $0.8 < \alpha < 0.9$ ;

- Excelente:  $\alpha > 0.9$ .

Segundo Freitas e Rodrigues [33], alguns fatores que usualmente influenciam a confiabilidade dos questionários são dados por:

- Número de itens: questionários muito longos, ou seja, com demasiada quantidade de itens para serem respondidos, tendem a se tornar cansativos, o que pode acarretar em respostas impulsivas, relapsas, ou mesmo ausência de respostas, pelo desinteresse ocasionado;
- Tempo de aplicação do questionário: o questionário, caso demore muito tempo para ser respondido, também pode acarretar os problemas descritos anteriormente;
- Amostra de avaliadores: a amostra populacional deve ser bastante heterogênea, considerando que a homogeneidade de perfil dos participantes pode levar à baixa variância entre os itens. Por exemplo, amostras compostas majoritariamente por especialistas no assunto pesquisado tendem a concentrar as respostas em algumas alternativas específicas.

Deste modo, pode-se dizer que o questionário adotado caracterizou-se essencialmente por sua simplicidade, por possuir por volta de 12 itens claros, objetivos e sucintos, assim como descrito nos capítulos anteriores. Nas avaliações não foram constatados casos de abstenção total de respostas entre os participantes, o que reforça essa hipótese. É interessante também ressaltar que a amostra populacional foi consideravelmente heterogênea, composta por alunos de graduação e pós-graduação de 4 cursos distintos.

É comum ocorrerem casos contendo respostas em branco envolvendo alguma questão do formulário. Para isso, os seguintes procedimentos podem ser usados [33, 22]:

- Remoção do avaliador da amostra, desconsiderando os outros itens respondidos por ele;
- Substituição das respostas em branco por zero;
- Substituição das respostas faltantes por um valor aleatório da escala utilizada no questionário;
- Substituição do valor em branco pela média obtida no mesmo item pelos outros respondentes.

Para este trabalho, a estratégia adotada na ocorrência de respostas em branco foi a substituição do valor pela média obtida pelos outros respondentes. Isso no caso do participante ter mais de 50% dos itens do questionário respondidos; caso contrário, o respondente foi descartado. A substituição pela média contribui positivamente para o cálculo do alfa, pois não altera a variância de cada item e contribui de maneira proporcional para a variância total do questionário [33, 22].

Assim como descrito anteriormente, a escala de Likert de 5 níveis foi adotada para coletar opiniões. Nesse caso, a análise dos dados de uma escala alfanumérica como essa inviabiliza o cálculo do coeficiente alfa. Portanto, a estratégia proposta na literatura - e também adotada nesse trabalho - trata a atribuição de valores numéricos às opções de resposta, a saber [22]:

- Alternativas “Concordo plenamente” recebem valor 5;
- Alternativas “Concordo” recebem valor 4;
- Alternativas “Indiferente” recebem valor 3;
- Alternativas “Discordo” recebem valor 2;
- Alternativas “Discordo totalmente” recebem valor 1.

Com relação aos valores de alfa obtidos para os itens do questionário utilizado nesse trabalho, pode-se dizer que as medições foram sempre acima de 0.70, o que classifica a confiabilidade do questionário como boa. Uma análise mais aprofundada deste coeficiente aplicada ao instrumento de medição adotado é mostrada no Capítulo 10, de Resultados, deste documento.

## 9.2 Estudo de Caso II

Os locais escolhidos para a realização da pesquisa deste estudo foram os mesmos que haviam sido escolhidos anteriormente, a Faculdade de Engenharia Elétrica da UNICAMP e o Centro Universitário Salesiano de Ensino.

A pesquisa foi realizada durante o mês de Maio de 2014, onde 33 indivíduos ( $N = 33$ ) foram submetidos à interagir com aulas apresentadas pelos *avatares* e responderam a um pequeno questionário para avaliar a retenção do conhecimento transmitido.

Desses indivíduos, 31 eram alunos de algum curso de graduação, 1 já havia concluído o bacharelado e 1 estava regularmente matriculado em um curso de pós-graduação.

A natureza da pesquisa adotada foi a quantitativa. Neste contexto, a coleta dos dados ocorreu por meio de um questionário contemplando 5 itens de múltipla escolha para aferir o conhecimento retido referente ao conteúdo que havia sido transmitido pelos *avatares*.

De maneira oposta ao ocorrido com o primeiro estudo de caso, onde a aula havia sido projetada em um projetor para uma sala de alunos, agora, cada aluno teve a oportunidade de assistir individualmente os conteúdos.

Para este estudo de caso não foi contemplada a realização de um estudo piloto, devido às restrições de tempo e cronograma do projeto.

Este segundo estudo de caso é descrito com maiores detalhes no Capítulo 10 deste documento, onde constam informações a respeito do instrumento de coleta de dados utilizado, bem como a análise dos dados obtidos.

## 9.3 Considerações Finais

Ao longo deste capítulo as metodologias de pesquisa adotadas nesse trabalho puderam ser descritas. Pode-se conhecer também características dos dois estudos de caso realizado, cada qual projetado para um objetivo distinto. Ao passo que o primeiro teve por objetivo aferir a satisfação de uso proporcionada pela Sala de Aula Virtual, o segundo focou mensurar o grau de retenção de conhecimento proporcionado pelas aulas virtuais.





## Resultados e Discussão

Para a avaliação da abordagem de apresentação de conteúdo proposta nesse trabalho, dois estudos de caso foram modelados: um para mensurar a satisfação de uso proporcionada e outro para avaliar o grau de retenção de conhecimento, em outras palavras, procurou-se verificar se os alunos que eram submetidos a interagir com a ferramenta aprendiam efetivamente o conteúdo apresentado. A seguir discorre-se a respeito de cada um desses estudos.

### 10.1 Estudo de Caso I

Para o primeiro estudo de caso foi modelada uma aula virtual para ser apresentada aos alunos. Devido às características da amostra (a grande maioria dos participantes estava matriculada em algum curso de Engenharia), optou-se por criar um conteúdo introdutório demonstrando o uso do ambiente Matlab aplicado ao Cálculo Diferencial e Integral. Esta aula utilizou uma abordagem com ênfase prática, ou seja, optou-se por mostrar como resolver problemas de Cálculo usando a ferramenta, ao invés de ensinar os conceitos teóricos propriamente ditos. Deste modo, os alunos deveriam possuir algum conhecimento prévio dessa disciplina, o que acabou não sendo um problema uma vez que grande parte já havia cursado ela. Os conteúdos cobertos por essa aula foram:

- Noções introdutórias de trabalho com o ambiente;
- Como efetuar o cálculo de limites;
- Como derivar usando o Matlab;
- Integrais indefinidas e definidas em um intervalo;
- Introdução à plotagem gráfica de limites no ambiente.

Assim, a aula foi consideravelmente enriquecida de conteúdo, modelada usando grande parte das funcionalidades desenvolvidas. Estiveram presentes vídeos de demonstração de uso do Matlab, *slides*, exposições de conteúdo, inserções de material de consulta e atividades propostas.

Atenção especial foi dispendida ao sistema TTS no momento da geração da aula, de forma a minimizar os problemas de pronúncia usualmente presentes no processo de geração de voz a partir de texto como, por exemplo, frases muito longas, nomes próprios, siglas e abreviaturas, etc. Esta aula possuía em média 12 minutos.

### 10.1.1 Instrumento de Coleta de Dados

O questionário de coleta de opiniões deste estudo foi baseado na proposta de Kay e Knaack [42], assim como discutido nos capítulos anteriores. Foi feita uma tradução e posterior adaptação da proposta original. Deste modo, as questões fechadas, de múltipla escolha, podem ser vistas abaixo, organizadas sob a ótica das três dimensões originalmente propostas por seus autores:

#### Aprendizado

1. O ambiente me ajudou a aprender.
2. Os recursos de *feedback* oferecidos (email, por ex.) podem ser úteis no aprendizado.
3. Os recursos gráficos e animações me ajudaram a aprender.
4. O ambiente me ajudou a aprender um novo conceito.
5. De maneira geral, o ambiente me ajudou a aprender.

#### Qualidade

6. Os recursos de ajuda fornecidos podem ser úteis no aprendizado.
7. As instruções do ambiente aparentam ser fáceis de seguir.
8. O ambiente aparenta ser de fácil uso.
9. O ambiente aparenta ser bem organizado.

#### Motivação

10. Eu gostei do tema geral apresentado.
11. Considero o ambiente de aprendizagem motivador.
12. Eu gostaria de usar o ambiente novamente.

A escala de coleta de opiniões adotada pelo questionário é a Likert de cinco níveis [19], assim como mostrado na Tabela 10.1:

Discordo completamente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo plenamente
1	2	3	4	5

Tabela 10.1: Escala Likert de 5 Níveis.

Com relação às questões abertas do questionário, tinham por objetivo coletar informações, respectivamente, sobre o que o aluno mais tinha gostado durante a interação, o que ele menos tinha gostado e, por fim, o que mudaria no ambiente se pudesse.

### 10.1.2 Amostra Populacional

O total de respondentes do questionário foi de 73, o que satisfaz os critérios de delimitação da amostra, assim como descrito anteriormente, no Capítulo 9.

Com relação ao curso destes participantes, houve considerável despolarização de seus perfis: 36% cursavam Bacharelado em Engenharia Mecânica ( $N = 26$ ); 28% cursavam Tecnologia em Automação Industrial ( $N = 20$ ); 27% estavam matriculados no curso de Engenharia de Computação ( $N = 19$ ); 8% estavam cursando Mestrado em Engenharia Elétrica ( $N = 7$ ); por fim, 1% dos respondentes estavam envolvidos com o curso de Administração ( $N = 1$ ). O gráfico contido na Figura 10.1 mostra essas relações.

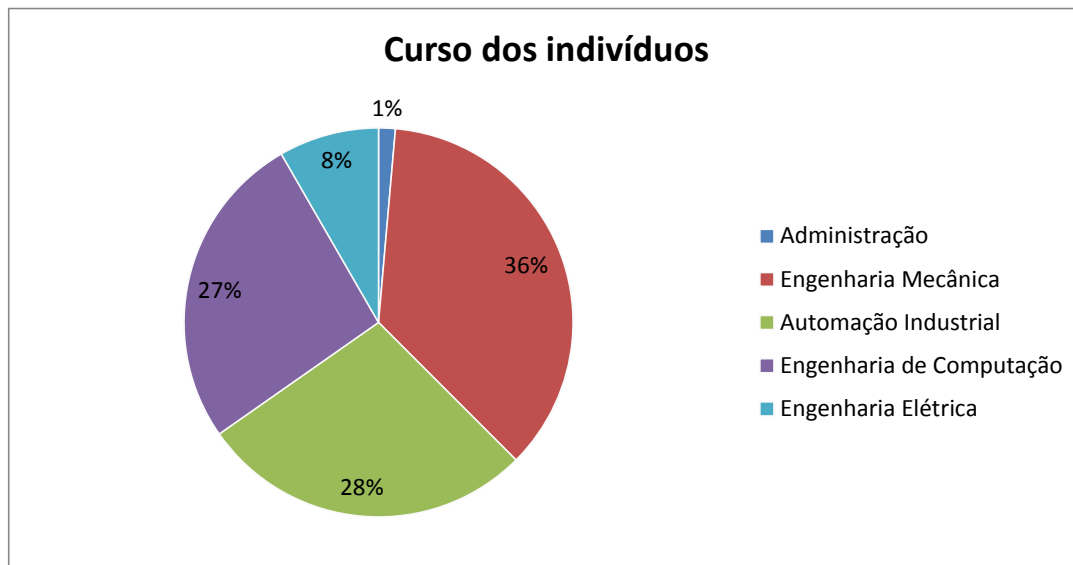


Figura 10.1: Gráfico dos Cursos dos Indivíduos da Amostra do Estudo de Caso I.

De maneira oposta ao ocorrido com o curso dos indivíduos, suas faixas etárias concentravam-se primariamente em dois intervalos, assim como mostrado pela Figura 10.2: 34% dos respondentes declararam possuir entre 21 e 25 anos ( $N = 22$ ); 28% apontaram no questionário uma idade entre 15 e 20 anos ( $N = 18$ ); 14% possuíam entre 26 e 30 anos ( $N = 9$ ); 11% apontaram uma faixa etária de 36 a 40 anos ( $N = 7$ ); 7% se declararam estar na faixa entre 31 e 35 ( $N = 5$ ); Por fim, 6% dos participantes possuíam mais de 40 anos ( $N = 4$ ). Portanto, pode-se dizer que a população era composta principalmente por jovens entre 15 a 25 anos (62%) (Figura 10.2);

Com relação ao nível acadêmico dos indivíduos pesquisados, houve grande concentração de alunos matriculados em cursos de graduação (89%,  $N = 65$ ). Os demais 10% ( $N = 7$ ) e 1 % ( $N = 1$ ) cursavam pós-graduação ou eram professores, assim como mostrado na Figura 10.3.

De maneira semelhante ao ocorrido com o nível acadêmico dos participantes da amostra, houve também notável polarização entre o sexo dos indivíduos, uma vez que, entre eles, haviam mais homens (92%,  $N = 66$ ) do que mulheres (8%,  $N = 6$ ), assim como ilustrado pela Figura 10.4.

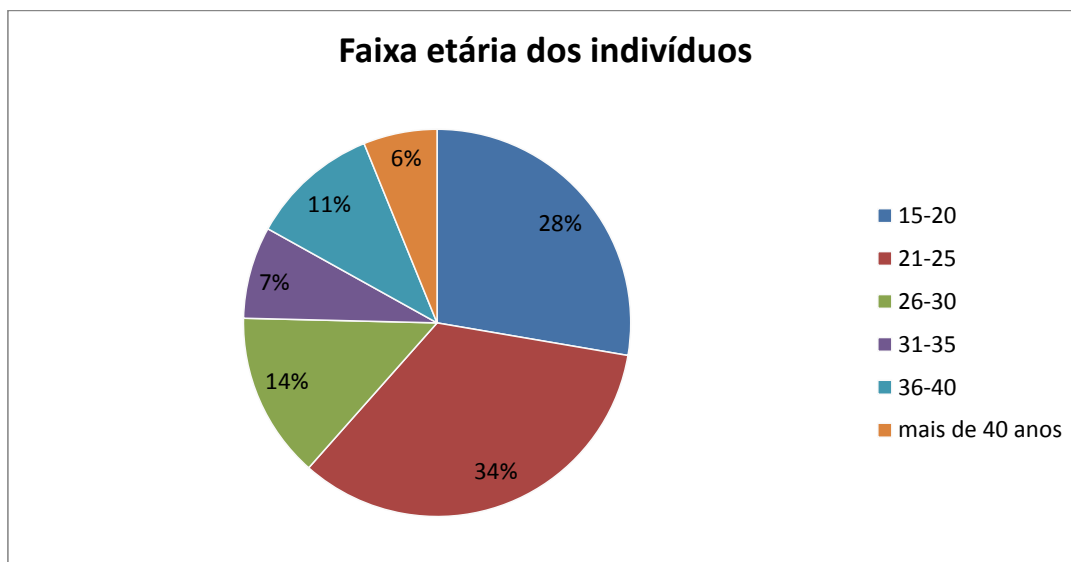


Figura 10.2: Gráfico da Faixa Etária dos Indivíduos da Amostra do Estudo de Caso I.

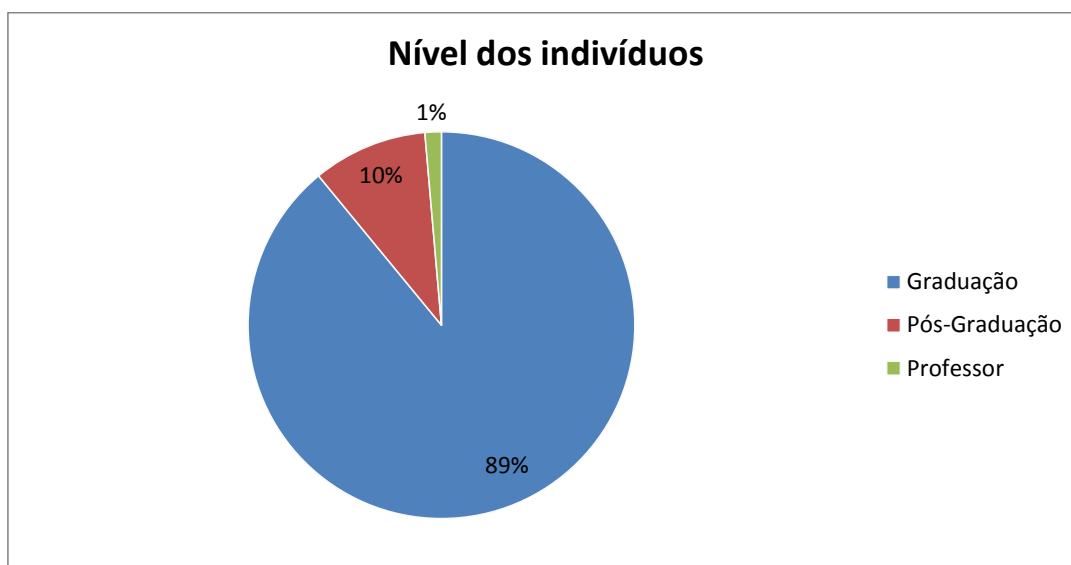


Figura 10.3: Gráfico do Nível Acadêmico dos Indivíduos da Amostra do Estudo de Caso I.

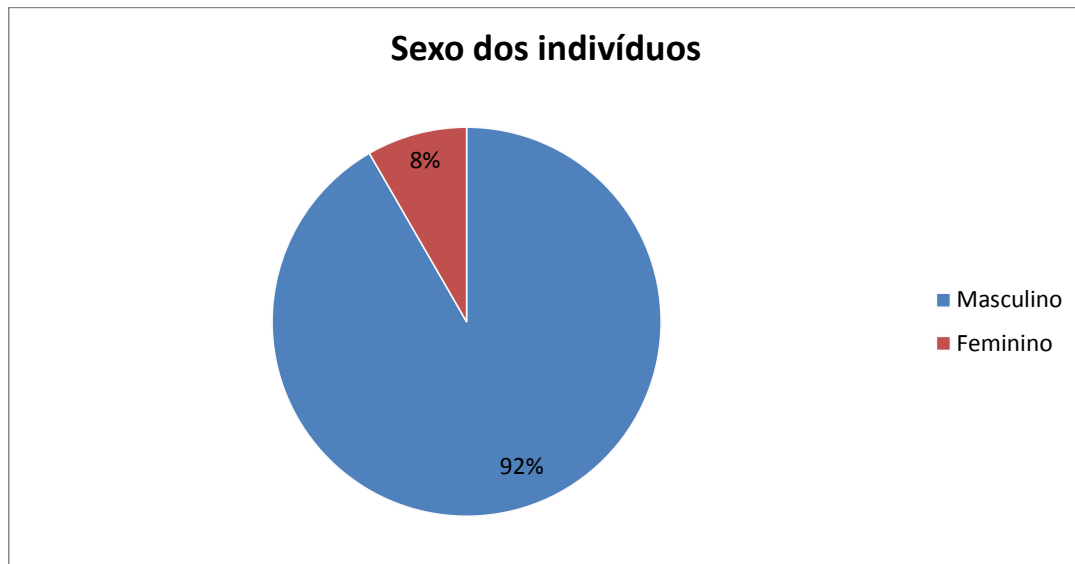


Figura 10.4: Gráfico do Sexo dos Indivíduos da Amostra do Estudo de Caso I.

### 10.1.3 Análise Quantitativa dos Dados

De acordo com os parâmetros estatísticos dos resultados, mostrados na Tabela 10.2, a média foi similar para todos os itens do questionário, de maneira semelhante ao desvio-padrão. Os parâmetros de moda e mediana foram exatamente idênticos para esse estudo.

Parâmetro	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9	i10	i11	i12
Me	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mo	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
$\mu$	3,70	4,04	3,82	3,78	3,80	4,12	4	4,14	4,15	4,05	3,84	3,87
$\sigma$	0,52	0,26	0,53	0,47	0,30	0,31	0,44	0,47	0,47	0,36	0,60	0,37
$\sigma^2$	0,48	0,28	0,48	0,47	0,34	0,30	0,58	0,56	0,46	0,41	0,49	0,30

Tabela 10.2: Parâmetros Estatísticos do Estudo Consolidado.

Os dados da análise do coeficiente alfa de Cronbach [20], presentes na Tabela 10.3, confirmaram que o questionário manteve-se confiável para ser usado neste estudo após as adaptações, uma vez que todas as dimensões do instrumento obtiveram valores maiores que 0,70 para o coeficiente.

Escala	Items	Faixa de Valores	Confiabilidade
LOES-S	12	12 - 60	0,82
Aprendizado	5	5 - 25	0,78
Qualidade	4	4 - 20	0,73
Motivação	3	3 - 15	0,77

Tabela 10.3: Dados Gerais do Questionário Utilizado.

Bons resultados referentes ao aprendizado foram obtidos pela plataforma, de acordo com a opinião dos estudantes, assim como mostrado no gráfico da Figura 10.5. Embora a maioria deles tenha concordado de que foi possível aprender assistindo os conceitos apresentados pelos *avatares*, um número considerável de pessoas relatou ser indiferente a esse aspecto. No item 4, por exemplo, mais de 30% dos alunos não concordaram, nem discordaram da afirmação. Nestes casos, é interessante ressaltar a necessidade de estudos para medir o quanto foi de fato aprendido pelos espectadores das aulas. Uma vez que esse estudo tenha se baseado principalmente em aspectos somativos de satisfação de uso, é de grande valia executar estudos para avaliar o grau de retenção de conhecimento oferecido pela ferramenta. Assim, pode-se dizer que a realização deste estudo foi contemplada e será discutida posteriormente neste capítulo.

Os itens referentes à qualidade do ambiente foram aqueles que obtiveram os melhores resultados, assim como mostrado no gráfico da Figura 10.6. Todos obtiveram mais de 80% das opiniões favoráveis dos participantes. Embora chamados de qualidade, os itens dessa dimensão de análise referem-se essencialmente aos recursos de ajuda e a facilidade de uso proporcionada pela ferramenta. Esses resultados refletem a conformidade com os requisitos de usabilidade e funcionalidade.

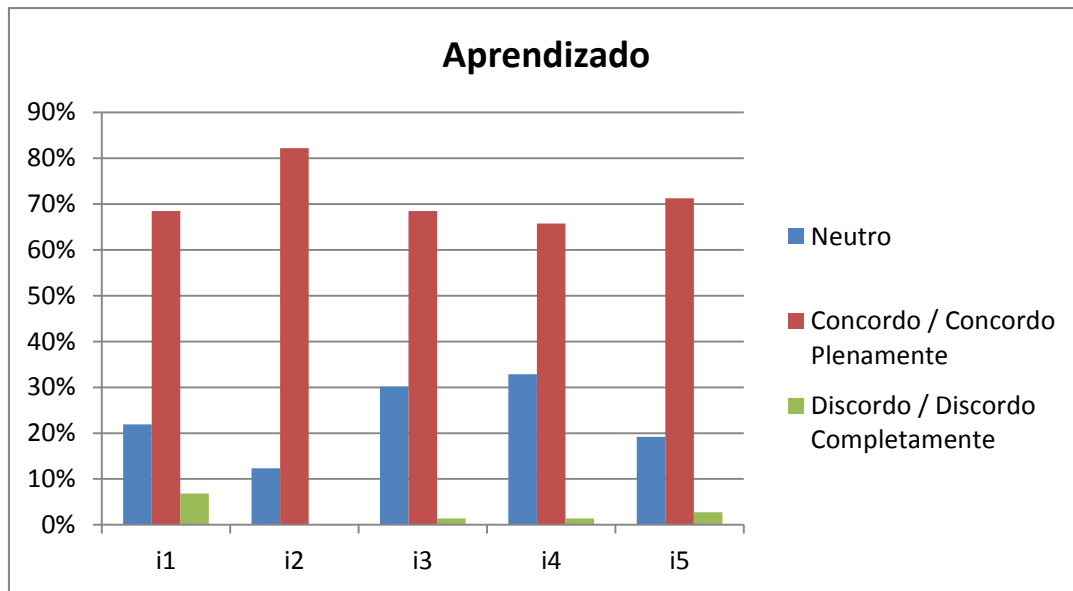


Figura 10.5: Gráfico dos Resultados de Aprendizado.

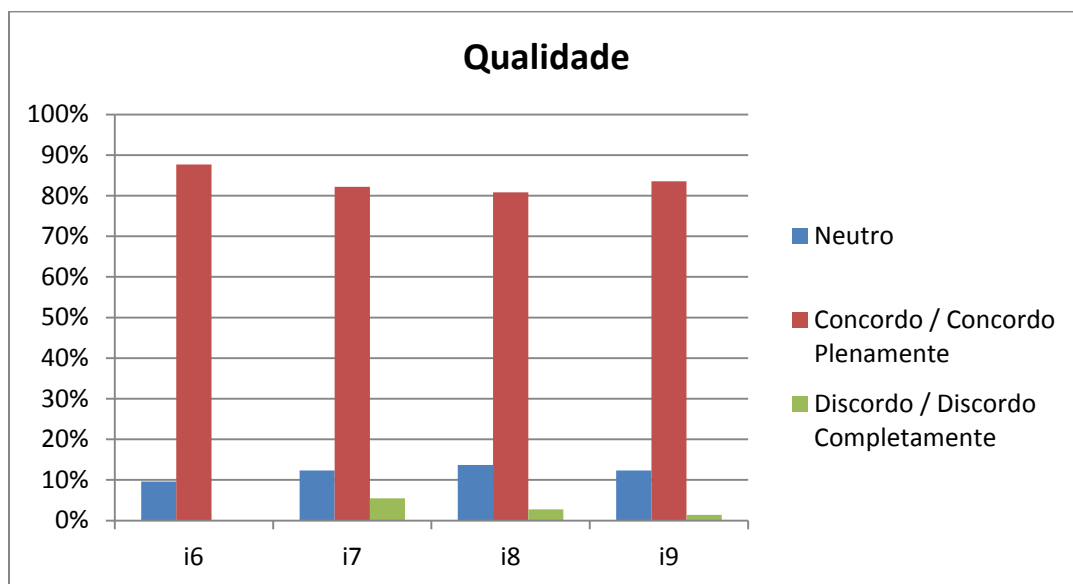


Figura 10.6: Gráfico dos Resultados da Qualidade de Uso.

Os resultados da dimensão de motivação do questionário, presentes na Figura 10.7, mostram que os alunos se sentiram motivados quando puderam assistir as aulas apresentadas pelos *avatares*. Por volta de 80% deles gostaram do tema apresentado, centrado em uma introdução ao curso de Cálculo usando Matlab. Mais de 70% dos estudantes consideraram o ambiente de ensino motivador, enquanto quase 78% deles concordaram com a afirmação de que assistiriam aulas nesse formato novamente, caso tivessem oportunidade. Agora, é interessante ressaltar que a qualidade das aulas depende principalmente do conteúdo gerado pelo editor de conteúdos. Aulas bem projetadas tendem a contribuir para a motivação dos estudantes, enquanto as demais podem levar à rejeição. Tornou-se claro que aulas bem preparadas foram sucedidas na tentativa

de tornar o aprendizado mais motivador aos estudantes.

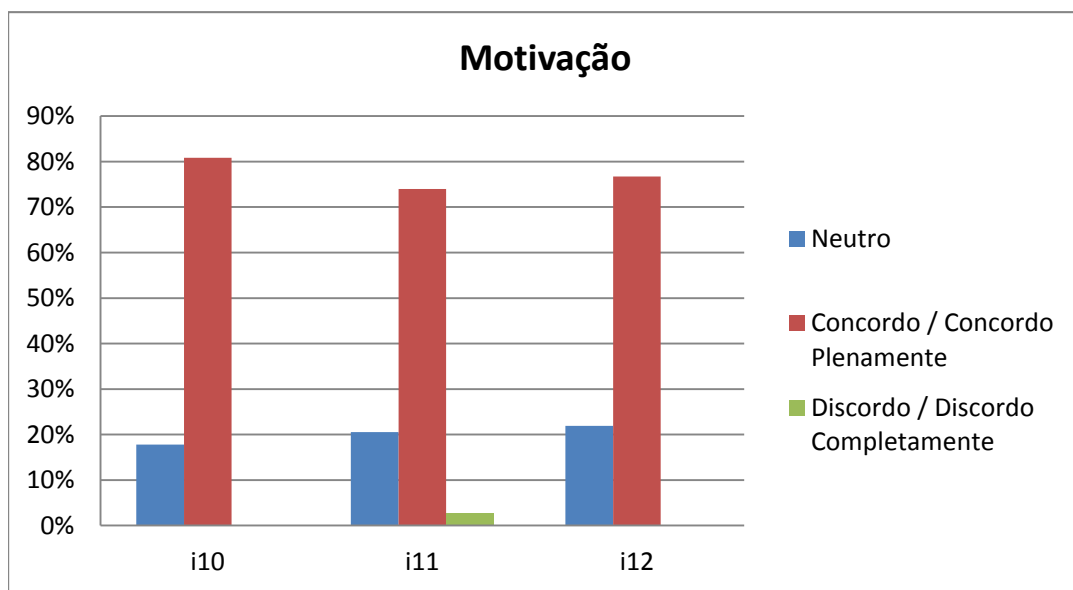


Figura 10.7: Gráfico dos Resultados da Motivação de Uso.

#### 10.1.4 Análise Qualitativa dos Dados

Para viabilizar a análise dos dados qualitativos, os comentários obtidos nas questões abertas foram agrupados em grupos temáticos, assim como enumerado na listagem a seguir [42]:

##### Aprendizado

- Visual: menções dos alunos referentes aos aspectos visuais do ambiente que ajudaram/atrapalharam o entendimento das aulas;
- Desafio: categoria que refere-se à dificuldade/facilidade dos tópicos que foram abordados, em outras palavras, se o conteúdo foi entendido pelo aluno;
- Ensino: de maneira geral, possui comentários específicos ou genéricos sobre o aprendizado proporcionado pelas aulas virtuais.

##### Qualidade

- Tema: compreende comentários a respeito do tema apresentado pelas aulas;
- Áudio: engloba comentários tratando a qualidade do áudio da plataforma, ou seja, os sons e vozes usadas;
- Facilidade de uso: refere-se à clareza das instruções apresentadas. Convém ressaltar que aspectos da facilidade de entendimento do tema não são colocados nessa categoria;



- Interação: categoria que compreende aspectos específicos da interação das aulas;
- Animações: comentários referentes aos vídeos e mídias animadas usadas;
- Gráficos: de maneira oposta ao grupo das animações, refere-se às imagens estáticas presentes.

### Motivação

- Engajamento: relatos dos alunos sobre as aulas serem divertidas, interessantes ou prazerosas;
- Comparação com outros métodos: comentários contendo comparações das aulas virtuais com métodos tradicionais de ensino;
- Tecnologia: menções a aspectos tecnológicos de uso das ferramentas propostas.

Após esse agrupamento, aos comentários puderam então ser atribuídas notas variando de 1, em uma escala de -2 a 2 [42], assim como disposto na Tabela 10.4:

Muito negativo	Negativo	Neutro	Positivo	Bastante positivo
-2	-1	0	1	2

Tabela 10.4: Escala de Pontuação dos Comentários.

Tanto o agrupamento em grupos temáticos, como a atribuição de notas, são técnicas propostas por Kay e Knaack [42] para permitir a representação dos dados qualitativos usando métodos quantitativos.

### Análise do Grupo “Visual”

Foi obtido um total de 10 comentários para o primeiro dos grupos temáticos, o “Visual”, ou seja, 10 pessoas criticaram ou elogiaram algum fato que ajudou ou dificultou o entendimento dos conceitos apresentados. Desse total, 5 foram pontuados como “muito negativos” e o restante como “negativos”. Para este grupo, não houve comentários positivos, uma vez que a maioria deles dizia respeito à problemas com o tamanho dos conteúdos da tela da Sala de Aula como, por exemplo:

- “A leitura dos conteúdos está complicada, pois a letra é muito pequena”;
- “Poderia dar um *zoom* no momento da demonstração dos exemplo em Matlab”;
- “Os exemplos mostrados são muito pequenos”;
- “O ambiente é de difícil leitura”.

Deste modo, constatou-se que o problema era, na verdade, da resolução do projetor que executou a exibição da aula. As dimensões utilizadas na ocasião, 1024 x 768 *pixels*, por restrição do aparelho, não puderam ser alteradas para razões maiores, o que fez com que a visualização do conteúdo ficasse prejudicada.

Dada à ocorrência do problema descrito anteriormente, algumas questões de implementação da Sala de Aula Virtual foram recodificadas. Agora, o ambiente foi reajustado para funcionar somente em resoluções de dimensão 16x9 (*widescreen*), de forma a poder aproveitar melhor o conteúdo disponível da tela. Em adição, foram implementados algoritmos de ajuste automático de conteúdo à resolução utilizada, qualquer que seja ela, contanto que seja 16x9. Com essas modificações, o ambiente exibição de aulas deixou de dar suporte aos monitores e projetores com as antigas resoluções quadradas, 4x3.

### Análise do Grupo “Desafio”

Para o grupo “Desafio”, contendo comentários referentes à facilidade/dificuldade apresentada pelo tema em questão, o uso da ferramenta Matlab aplicada ao Cálculo, foram obtidos 4 comentários, todos “negativos” ou “muito negativos” como, por exemplo:

- “A apresentação poderia usar palavras mais comuns para facilitar o entendimento”;
- “Não é ideal para leigos no assunto”;
- “A apresentação é muito técnica, faltando algumas noções para iniciantes”.

Os resultados acima são justificáveis, uma vez que, assim como dito anteriormente que, como a abordagem utilizada na aula foi prática, não houveram explicações básicas dos conceitos, somente o ensino de como calculá-los usando ferramentas do Matlab. Os comentários negativos podem ter vindo, por exemplo, daqueles que não estavam familiarizados com a disciplina abordada. Em grandes salas de aula, o perfil de alunos é heterogêneo, ao passo que torna-se difícil atender a todos de maneira igual.

É interessante ressaltar, no entanto, que ambas as ferramenta foram recodificadas com uma possível solução para esse problema. Agora, o professor pode marcar quais conteúdos considera complementares e assisti-los, ou não, fica sob o critério do aluno. Para contornar o problema descrito no parágrafo anterior, a modelagem da aula virtual poderia incluir explicações básicas dos conceitos como cenas marcadas como complementares. Somente os alunos interessados escolheriam assisti-las.

### Análise do Grupo “Ensino”

Com relação aos comentários do grupo “Ensino”, contendo conteúdos referentes à impressão frente ao aprendizado proporcionado pela aula virtual, foi obtido um total 13 opiniões. Para

este caso, todas foram “positivas” ( $N = 11$ , 85%) ou “bastante positivas” ( $N = 2$ , 15%). Dentre alguns exemplos podem-se citar:

- “Gostei da praticidade para aprender novos assuntos”;
- “O ambiente é flexível”;
- “O ambiente é versátil”;
- “O apresentador é bem comunicativo”.

Além destas opiniões, foram coletados dados quantitativos para mensurar a percepção dos alunos quanto ao aprendizado, assim como descrito nas seções anteriores. Tanto a análise quantitativa, como a qualitativa, refletiram bons resultados de aprendizado para a ferramenta. Nas próximas seções serão discutidas algumas avaliações de retenção de conhecimento realizadas para verificar se os alunos aprenderam efetivamente ao interagir com as aulas e os resultados irão corroborar com os fatos ilustrados nessa análise.

### **Análise do Grupo “Tema”**

Foram obtidos 21 comentários bem distribuídos na categoria referente ao tema das aulas, uma vez que houveram opiniões desde “muito negativas” até “bastante positivas”. Deste modo, uma visão geral da pontuação deles pode ser encontrada a seguir:

- Muito negativas: 24% ( $N = 5$ );
- Negativas: 29% ( $N = 6$ );
- Neutras: 0%;
- Positivas: 38% ( $N = 8$ );
- Bastante positivas: 10% ( $N = 2$ ).

Com relação às opiniões negativas, grande parte delas criticou aspectos referentes à rapidez na execução das cenas no ambiente como, por exemplo:

- “O modo de explicar foi muito rápido”;
- “Rapidez de execução dos exemplos práticos”;
- “O conteúdo é muito amplo para apresentar em pouco tempo”.

Com o intuito de equacionar os problemas apontados anteriormente para o segundo estudo de caso, que será mostrado nas próximas seções, foram realizadas novas capturas dos vídeos contendo as simulações do Matlab, agora em um ritmo consideravelmente mais lento.

Para as opiniões positivas, grande parte dos comentários enalteceu a facilidade de trabalho com o Matlab na realização dos problemas de Cálculo como, por exemplo:

- “O conteúdo apresentado parece ser fácil”;
- “A facilidade de realização de cálculos e simulações”;
- “A facilidade de trabalhar com derivadas e integrais”.

### **Análise do Grupo “Áudio”**

A análise das opiniões referentes ao grupo “Áudio” gerou notável polarização em suas pontuações. Dos 25 comentários obtidos, 92% foram “negativos” (84%,  $N = 21$ ) ou “muito negativos” (8%,  $N = 2$ ). Os 8% restantes foram “positivos” (4%,  $N = 1$ ) ou “bastante positivos” (4%,  $N = 1$ ). Deste modo, é interessante tecer comentários a respeito do principal aspecto criticado pelos avaliadores, a voz do *avatar*, que obteve críticas no contexto de:

- “As vozes estão pouco naturais”;
- “Não gostei da voz da apresentação, tinha que ser mais humana”;
- “As vozes estão um pouco robóticas”;
- “O fato da voz ser tão sintética atrapalha o entendimento e deixa a aula um tanto quanto entediante”.

Para equacionar este problema, foi realizado, em paralelo a esta pesquisa, um trabalho de Mestrado, de autoria de Harlei Miguel de Arruda Leite, no contexto de identificar qual seria a melhor voz sintética para ser usada em ambientes virtuais de aprendizagem que usam *avatars* sob a perspectiva dos alunos [48]. Deste modo, estes comentários são justificáveis uma vez que ambas as pesquisas estavam em andamento.

### **Análise do Grupo “Facilidade de Uso”**

Para esta categoria, poucos comentários foram obtidos. Ao todo, duas opiniões “positivas” foram compartilhadas pelos alunos, as quais compreendiam aspectos referentes à facilidade em usar o ambiente:

- “O ambiente é de fácil uso”;
- “Facilidade de uso do programa”.

### Análise do Grupo “Interação”

Foi obtido um total de 19 comentários para esta categoria, dentre os quais, 89% foram “positivos” (84%,  $N = 16$ ) ou “bastante positivos” (11%,  $N = 1$ ). Os 11% restantes foram “negativos”. Dentre os principais elementos elogiados, podem-se citar:

- “Facilidade de interação com o professor”
- “Gostei do *feedback* por email”
- “O ambiente é prático para resolver exercícios”
- “Disponibilidade de contato direto com o professor”

Estes resultados refletem o enfoque da Sala de Aula Virtual sobre a interação, ou seja, desde o começo ela fora projetada para oferecer conteúdo de qualidade e rico em interatividade, de forma a não se tornar uma simples exibição de vídeos ou apresentação de *slides*.

### Análise do Grupo “Animações”

Foram obtidos poucos comentários sobre as animações usadas na aula, ou seja, comentando sobre a qualidade dos vídeos e imagens não estáticas. De maneira geral, todos os 4 comentários obtidos foram “positivos” como, por exemplo:

- “Os vídeos de simulações foram os mais interessantes”
- “As animações do ambiente gráfico são boas”

Apesar dos vídeos terem sido elogiados nessa categoria, muitos alunos o criticaram pela pouca visibilidade do conteúdo mostrado, assim como descrito anteriormente com os problemas de resolução do projetor utilizado. Mesmo com os ajustes sobre a resolução de exibição, especial cuidado foi dispendido com as capturas das simulações de forma que todos pudessem visualizá-las. Portanto, os vídeos foram regravados para o segundo estudo de caso, com o aumento e ajuste da fonte do terminal de comandos do Matlab. Estas considerações demonstram que o projeto de uma boa aula virtual, que agrada boa parte dos estudantes, pode se tornar trabalhosa e demanda tempo.

### Análise do Grupo “Gráficos”

Em contraponto às animações, os gráficos compreendem imagens estáticas usadas nas aulas como, por exemplo, os *slides*. Deste modo, foi obtido um total de 4 comentários, sendo 1 “bastante positivo” e os demais “negativos”.

Os aspectos apontados estabeleceram alguns contrapontos. Houve quem apontasse que “as cores eram fortes e prendiam a atenção”, ao passo que também afirmaram que “tentariam aproximar o ambiente do real, com a modificação das cores, fundos e texturas”.

A criação de ambientes contendo modelos de *avatares* e objetos tridimensionais é uma atividade que demanda tempo e considerável esforço empregado. Hoje em dia, com a popularização das máquinas de alto processamento gráfico, a qualidade desses ambientes tem evoluído consideravelmente. Para este trabalho, foi feita uma implementação para validar a abordagem de modelagem de aulas proposta pelo editor de conteúdos e, mesmo não tendo sido finalizada por completo, com a inclusão da movimentação facial e labial dos *avatares*, foi possível obter resultados muito bons. Assim, enfatiza-se as inúmeras possibilidades de expansão da plataforma, seja com a sincronização labial dos personagens, ou mesmo com a melhora na qualidade dos modelos e texturas, de forma a torná-los mais agradáveis aos alunos e obter resultados melhores no objetivo que se propõe a realizar, ensinar e motivar os estudantes.

### **Análise do Grupo “Comparação com Outros Métodos”**

Foi obtido um total de 7 comentários que faziam menções às aulas virtuais sendo comparadas com outros métodos de ensino. Desse total, 4 comentários foram pontuados como sendo “positivos” e 2 como “bastante positivos”. Houve somente 1 comentário “negativo” para esse aspecto. Dentre as opiniões positivas podem-se citar:

- “Gostei do ambiente se assemelhar a uma sala de aula”
- “Gostei da similaridade da sala de aula com um ambiente de estudo”
- “O fato de se assemelhar ao máximo a uma sala de aula real (projeção de conteúdos, professor, etc.)”

De acordo com estes comentários pode-se evidenciar a boa aceitação que a Sala de Aula Virtual obteve, parte por se assemelhar a um ambiente de estudo tradicional (com professores, projetores, lousas, computadores, etc.), parte pela satisfação de uso proporcionada, assim como mostrado na análise quantitativa dos dados.

### **Análise do Grupo “Engajamento”**

Esta categoria obteve somente 2 comentários, ambos “positivos”, enfatizando a motivação proporcionada pelo ambiente:

- “Usaria o ambiente novamente com certeza”
- “Não torna o aprendizado tão cansativo”

### **Análise do Grupo “Tecnologia”**

Em poucas palavras, 4 comentários foram obtidos para este grupo, 3 “negativos” e 1 “positivo”. Todas as opiniões negativas faziam menção aos problemas de resolução descritos nos parágrafos anteriores, enquanto a positiva enalteceu a grande capacidade multimídia suportada pela Sala de Aula Virtual.

## 10.2 Estudo de Caso II

Para o segundo estudo de caso foram modeladas algumas aulas virtuais de curta duração (em média, 2-3 minutos) para serem apresentadas aos alunos. O conteúdo escolhido para essas aulas foi o mesmo adotado na avaliação anterior, com as devidas correções e adaptações. Deste modo, o conteúdo da aula de 12 minutos foi segmentado em várias partes que acabaram originando aulas menores, organizadas da seguinte maneira:

- Aula 01: Introdução à Interface de Trabalho do Matlab;
- Aula 02: Cálculo de Limites;
- Aula 03: Cálculo de Derivadas;
- Aula 04: Cálculo de Integrais Definidas e Indefinidas;
- Aula 05: Introdução à Plotagem Gráfica de Limites.

O objetivo deste segundo estudo de caso foi avaliar a retenção de conhecimento proporcionada pela Sala de Aula Virtual, em outras palavras, se os resultados de aprendizado do estudo de caso anterior eram condizentes com o aprendizado efetivamente proporcionado pela ferramenta.

Os mesmos elementos de aula que estiveram presentes anteriormente voltaram aparecer nesse novo estudo de caso, dentre os quais citam-se, os vídeos, as imagens, as exposições dos *avatars*, etc.

### 10.2.1 Instrumento de Coleta de Dados

Neste estudo de caso os alunos foram instruídos a assistirem individualmente uma aula de cada vez e responderem a uma pergunta de múltipla escolha sobre o conteúdo apresentado. Deste modo, foram modeladas as seguintes questões:

#### Questão 01

Em Matlab, a área de trabalho é usada para:

- a ) Acessar e visualizar as variáveis criadas
- b ) Navegar entre arquivos
- c ) Acessar opções de configuração do programa
- d ) Instalar novos *toolboxes*

#### Questão 02

Qual é o comando para o cálculo de limites no Matlab?

- a ) limit

- b ) diff
- c ) fft
- d ) plot
- e ) ezplot

**Questão 03**

No Matlab, a instrução diff serve para:

- a ) Limpar a memória de trabalho do ambiente;
- b ) Limpar o terminal de comandos
- c ) Calcular derivadas
- d ) Calcular integrais
- e ) Plotar gráficos

**Questão 04**

Qual é o comando responsável pelo cálculo de integrais definidas e indefinidas no Matlab?

- a ) load
- b ) save
- c ) int
- d ) clear
- e ) clc

**Questão 05**

Assinale a alternativa que NÃO corresponde a um comando válido do Matlab.

- a ) ezplot
- b ) plot
- c ) diff
- d ) limit
- e ) parse

O quadro de respostas contendo as respectivas alternativas corretas para as questões acima listadas é dado pela Tabela 10.5.

A próxima seção discorre brevemente a respeito de algumas características da amostra populacional que puderam ser levantadas neste estudo.



Questão 01	Questão 02	Questão 03	Questão 04	Questão 05
A	A	C	C	E

Tabela 10.5: Quadro de Respostas do Questionário.

### 10.2.2 Amostra Populacional

Foi obtido, para o segundo estudo de caso, um total de 33 alunos para compor a amostra. A seguir ilustra-se um panorama geral das características desses indivíduos.

O nível acadêmico dos indivíduos que estiveram presentes na amostra populacional deste segundo estudo de caso foi consideravelmente homogêneo. Ao passo que apenas 6% ou cursavam mestrado ( $N = 1$ ) ou já haviam concluído a graduação ( $N = 1$ ), os restantes 94% ( $N = 31$ ) estavam matriculados em algum curso de graduação na ocasião, assim como mostrado no gráfico da Figura 10.8.

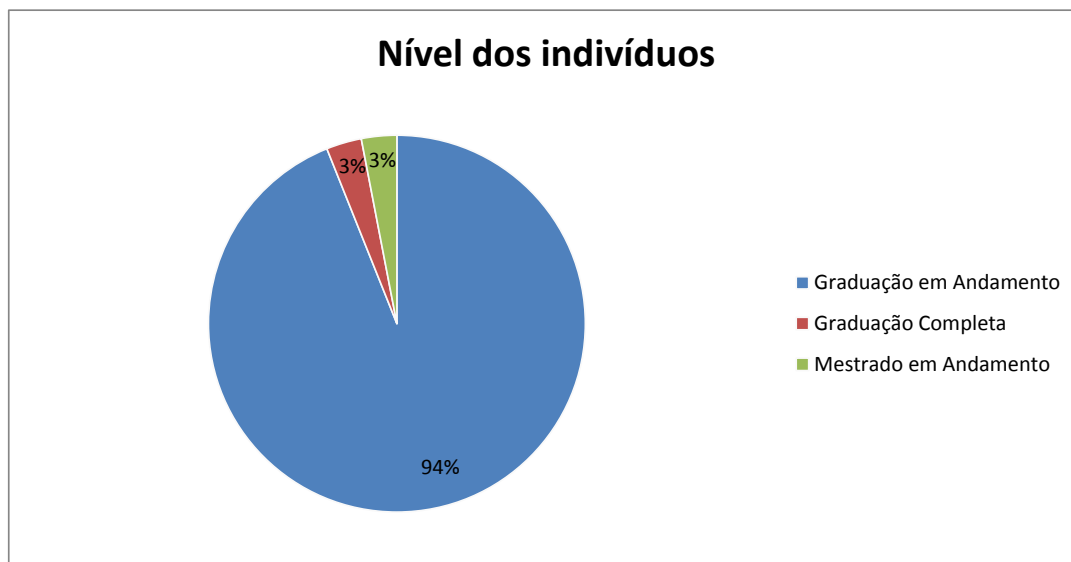


Figura 10.8: Gráfico do Nível Acadêmico dos Indivíduos da Amostra do Estudo de Caso II.

Com relação à faixa etária dos participantes, pode-se dizer que concentrou-se primariamente em dois intervalos, assim como mostrado na Figura 10.9. A parcela que representou mais da metade dos indivíduos, 52% ( $N = 17$ ), agrupou alunos contendo entre 15 e 20 anos de idade. A segunda maior parcela, 30% do gráfico ( $N = 10$ ), contém pessoas entre 21 e 25 anos. As fatias restantes deste gráfico representam faixas etárias presentes em menor escala. Portanto, pode-se dizer que, assim como na amostra populacional do estudo anterior, a maior parte dos participantes era composta por jovens entre 15 e 25 anos de idade.

A próxima seção irá discorrer a respeito dos dados de desempenho dos alunos para este segundo estudo de caso.

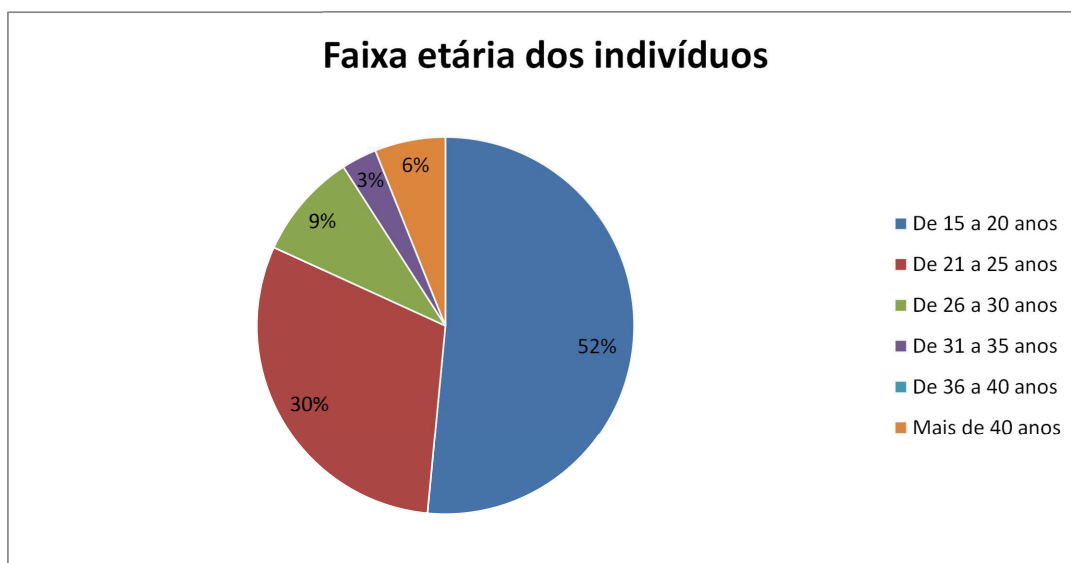


Figura 10.9: Gráfico da Faixa Etária dos Indivíduos da Amostra do Estudo de Caso II.

### 10.2.3 Análise dos Dados

Em todos os itens do questionário, quatro alternativas concisas, sucintas e distintas foram utilizadas, de forma a evitar possíveis problemas de ambiguidade, ou questões que aparentemente apresentassem mais de uma alternativa correta, assim como mostrado anteriormente.

De maneira geral, pode-se afirmar que os alunos foram notavelmente bem sucedidos ao responderem os itens do segundo questionário proposto. Todos eles obtiveram percentuais de acerto acima de 75%, como mostrado na Figura 10.10, o que mostra que as aulas virtuais foram bem sucedidas em transmitir o conteúdo modelado no Editor de Aulas. Vale ainda ressaltar que estes resultados vêm corroborar com a análise da percepção dos alunos sobre o aprendizado proporcionado pela ferramenta do estudo de caso anterior, em que a grande maioria deles considerava a Sala de Aula Virtual, além de motivadora, instrucional.

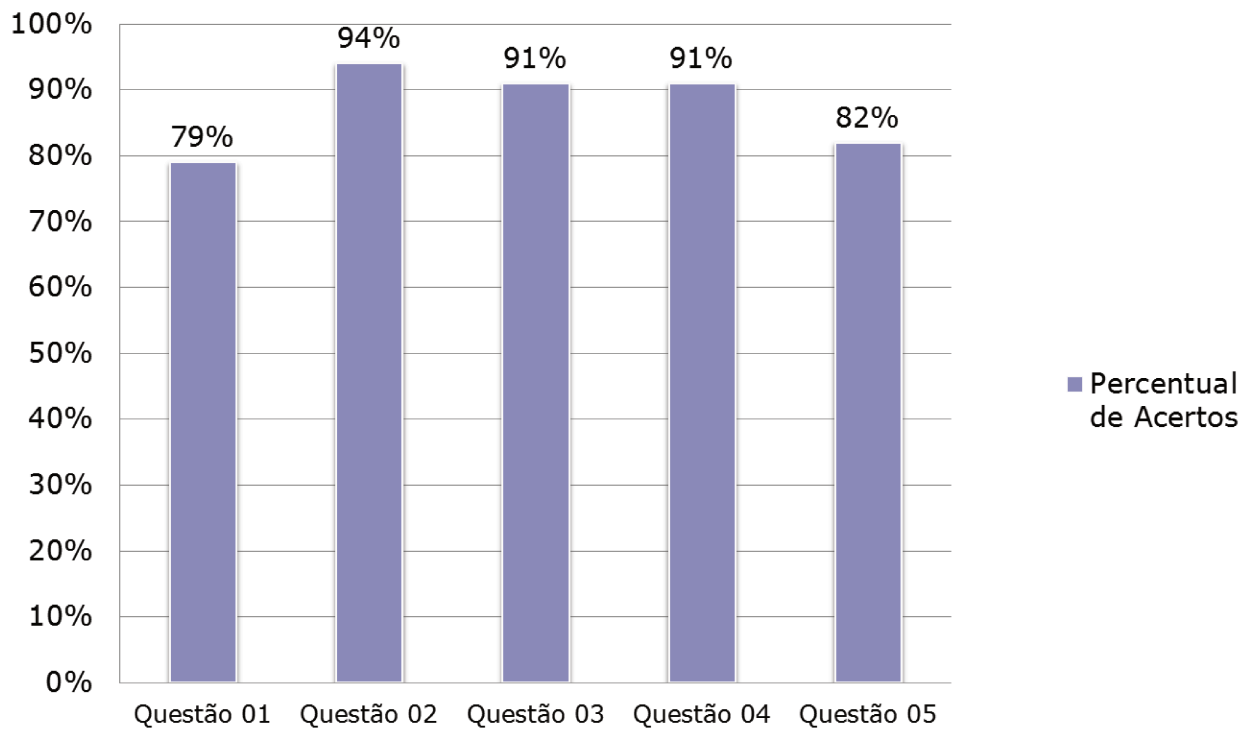


Figura 10.10: Gráfico do Percentual de Acertos dos Alunos nas Questões Propostas.

#### 10.2.4 Considerações Finais

Ao longo deste capítulo foram discutidos os principais resultados obtidos nos dois estudos de caso realizados sobre a Sala de Aula Virtual. Basicamente, foram analisados aspectos referentes à satisfação de uso proporcionada pelas aulas virtuais, em outras palavras, a motivação, a usabilidade e a aprendizagem subjetiva, além da verificação da transmissão efetiva de conhecimento enquanto motivavam-se os alunos. Devidos às restrições de tempo dessa pesquisa, não foi possível realizar avaliações sobre o Editor de Aulas, de forma a colocá-lo à prova frente aos professores em contexto real de modelagem de conteúdo; entretanto, enfatiza-se essa vertente como possível trabalho futuro de grande valia a esta pesquisa.



## Conclusões

Nos dias de hoje as pessoas passam grande parte do tempo interagindo direta ou indiretamente com dispositivos tecnológicos. Todo este envolvimento pode ser eficientemente usado com fins educacionais. Por meio desta interação tem-se acesso fácil e barato a uma vasta quantidade de informação. Com todo este avanço e considerando que estudantes e professores atualmente já possuem acesso a estas tecnologias, pode-se pensar em metodologias que aprimorem o ensino focando-se nos fundamentos do conhecimento, ao invés da ênfase na simples memorização de conteúdos. Neste contexto, propôs-se neste trabalho um uso especial para *avatares* virtuais, conferindo-lhes o papel de apresentadores de conteúdo. Em adição, foram apresentados estudos na tentativa de criação de dois ambientes educacionais, um para a editoração de conteúdo instrucional e outro para a exibição deste conteúdo, usando, para isso, a abordagem composta pelos *avatares* comentados. Esforços foram feitos no projeto de ambientes amigáveis e motivadores aos alunos. A abordagem proposta de aulas virtuais foi validada quanto à facilidade de uso e a aprendizagem efetiva de conceitos e acabou obtendo resultados muito bons sob o ponto de vista de seu público alvo, além de atingir efetivamente seu objetivo, ensinar enquanto se motivavam os estudantes.

Dentre as principais vantagens dos conteúdos criados pelo Editor de Aulas perante a gravação do professor dando aula ou mesmo de uma apresentação de *slides*, podem-se citar:

- Pouca experiência é exigida pelo ambiente para editar as aulas. O ambiente de editoração de conteúdo foi concebido para oferecer, em sua essência, facilidade de uso, por meio do enfoque sobre sua usabilidade. Para gravações completas de uma aula presencial é necessário, muitas vezes, experiência com aparelhos de gravação e complexas suítes de edição de vídeo;
- Uma grande gama de conteúdo pode ser inserida nas aulas virtuais. Desde simples imagens estáticas aos áudios e vídeos de temas variados, o conteúdo das aulas pode ser facilmente incrementado de forma a tornar a apresentação do *avatar* mais rica;

- Professores podem editar as aulas a qualquer momento, com relativa facilidade. A gravação de uma aula presencial tradicional requer que o conteúdo seja regravado em caso de alterações;
- Não é necessário se preocupar com formatos de vídeo e imagens. O professor pode inserir esses conteúdos compactados sob os formatos mais comuns que o Editor de Aulas irá automatizar os processos de conversão e adequação de tamanho por meio de seu codificador multimídia embutido;
- As aulas podem ser criadas com custo relativamente baixo. Vídeos de aulas presenciais geralmente requerem câmeras, microfones e pessoas para apoiar o processo de gravação;
- Os alunos se sentem motivados ao usar a abordagem de apresentação de conteúdo por *avatares*;
- Representa uma alternativa válida para ser usada em conjunto com metodologias envolvendo “Sala de Aula Invertida” e “Instrução por Pares” devido à motivação proporcionada.

Assim, pode-se concluir que o uso das TDIC como forma de auxílio ao processo de aprendizagem do aluno pode, se executado de maneira correta, trazer notáveis benefícios aos envolvidos. É interessante ressaltar que, as tecnologias são propostas como forma de auxílio ao aprendizado e não podem, portanto, serem consideradas ferramentas para substituir o professor. Ao educador cabe a responsabilidade de refletir e descobrir seu melhor uso, de modo a tirar o melhor proveito delas.

## Trabalhos Futuros e Perspectivas

A seguir lista-se algumas vertentes de trabalhos futuros que viriam a contribuir valorosamente com esta pesquisa:

- Uma vez que não tenham sido executadas avaliações sobre a ferramenta de editoração de conteúdo devido às restrições do curto espaço de tempo de realização desta pesquisa, seria interessante executar estes estudos para validá-la e verificar sua conformidade com os requisitos não-funcionais propostos como, por exemplo, a usabilidade e o desempenho;
- O modelo de apresentação de aulas por *avatares* obteve bons resultados nas avaliações com alunos mesmo tendo carecido de algumas funcionalidades. Assim, seria interessante terminar as questões de implementação pendentes de modo a torná-lo mais amigável aos alunos, com a finalização da movimentação facial e labial dos *avatares*;
- A inclusão de Inteligência Artificial para os *avatares* seria um recurso que permitiria a tomada de decisões e a criação de uma interação mais personalizada e direcionada aos alunos, por permitir a adaptação às características específicas do público alvo;

- O modelo tradicional de distribuição de conteúdos educacionais em MOOCs contempla o uso de pequenas vídeo-aulas de por volta de 10 minutos. Embora a Sala de Aula de Virtual tenha sido codificada *a priori* para o uso em computadores pessoais, os *frameworks* de desenvolvimento adotados permitem sua adaptação para funcionar em plataformas baseadas na *Web*. Assim, o Editor de Aulas poderia ser usado para gerar conteúdo para MOOCs que seriam apresentados por *avatares*;
- A uso de reconhecimento de emoções e *avatares* empáticos tem se mostrado uma tendência nas agendas de pesquisa dos últimos anos, assim como mostrado no decorrer deste texto. Progressos muitos bons foram reportados pelos autores que se propuseram a estudar estas abordagens. Seria interessante inserir estas funcionalidades aos apresentadores de conteúdo propostos nesse trabalho para verificar qual seria o impacto e os benefícios obtidos;
- Embora não tenham sido mantidos grupos de controle e experimental para os estudos referentes à aprendizagem efetiva dos conceitos, seria interessante realizar novos estudos contendo estes grupos para poder comparar a abordagem proposta nesse trabalho com os métodos tradicionais de ensino.

## Publicações

### Artigos Completos Publicados em Periódicos

Cinto, T.; Leite, H.M.A.; Arantes, D.S.; Oliveira Junior, H.P.; Peixoto, C.S.A. Proposta de Editoração de Livros Acadêmicos Interativos WYSIWYM Baseada em XML. Revista Ciência e Tecnologia (RCT), ISSN 2236-6733, v. 16, p. 1, 2013.

### Trabalhos Completos Publicados em Anais de Congressos

Cinto, T.; Leite, H.M.A.; Peixoto, C.S.A.; Arantes, D.S. Virtual 3D Learning Environments Using Avatars. In: The 3rd International Conference on E-Learning and E-Technologies in Education (ICEEE), 2014, Kuala Lumpur, MYS. Proceedings of The 3rd International Conference on E-Learning and E-Technologies in Education (ICEEE), 2014. p. 206-215.

Cinto, T.; Leite, H.M.A.; Peixoto, C.S.A.; Arantes, D.S. O Uso de Avatares Computacionais como Ferramenta de Instrução no Ensino à Distância. In: V Seminário Internacional de Educação à Distância: Meios, Atores e Processos, 2013, Belo Horizonte - MG. Anais do V Seminário Internacional de Educação à Distância: Meios, Atores e Processos. Belo Horizonte - MG: CAED-UFGM, 2013. p. 858-869.

Leite, H.M.A.; Carvalho, S.N.; Cinto, T.; Arantes, D.S. Avaliação de Vozes Artificiais: Inteligibilidade, Compreensibilidade e Naturalidade. In: Computer on the Beach, 2014, Florianópolis - SC. Anais do Computer on the Beach 2014, 2014. p. 144-156.

Moreira, V.R.; Cinto, T.; Leite, H.M.A.; Arantes, D.S. Aprimorando o Ensino de Engenharia com Novas Abordagens Usando Recursos Computacionais. In: VI Congresso Tecnológico InfoBrasil TI & Telecom, 2013, Fortaleza - CE. Anais do VI Congresso Tecnológico InfoBrasil TI & Telecom, 2013.

## **Resumos Expandidos Publicados em Anais de Congressos**

Leite, H.M.A.; Cinto, T.; Peixoto, C.S.A.; Arantes, D.S. Ambientes Virtuais de Aprendizagem com Uso de Avatares e Vozes Sintetizadas. In: V Seminário Internacional de Educação à Distância: Meios, Atores e Processos, 2013, Belo Horizonte - MG. Anais do V Seminário Internacional de Educação à Distância: Meios, Atores e Processos. Belo Horizonte - MG: CAED-UFMG, 2013. p. 1321-1327.

## **Artigos Convidados**

Cinto, T.; Leite, H.M.A.; Peixoto, C.S.A.; Arantes, D.S. Virtual Learning Environments: Proposals for Authoring and Visualization of Educational Content. International Journal of Digital Information and Wireless Communications (IJDIWC). ISSN 2225-658X.

Leite, H.M.A.; Carvalho, S.N.; Cinto, T.; Arantes, D.S. Análise das Relações entre Inteligibilidade, Compreensibilidade e Naturalidade de Voz Artificial. Revista Eletrônica do Alto Vale do Itajaí (REAVI). ISSN 2316-4390.

Leite, H.M.A.; Cinto, T.; Carvalho, S.N.; Peixoto, C.S.A.; Arantes, D.S. Uso de Vozes Sintetizadas em Ambientes Virtuais de Ensino a Distância. Revista Ciência e Tecnologia (RCT). ISSN 2236-6733.



Questionário de Avaliação do Ambiente de Aprendizado

O presente questionário tem por objetivo avaliar o ambiente de aprendizado proposto e faz parte da pesquisa desenvolvida por Tiago Cinto e Harlei Miguel de Arruda Leite na Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas. Usaremos os dados para estimações estatísticas e não consideraremos as respostas individuais de cada pessoa.

Nome:

Email:

Curso:

Faixa etária:

☐ 15-20

☐ 21-25

☐ 26-30

☐ 31-35

☐ 36-40

☐ mais de 40 anos

Sexo:

☐ masculino

☐ feminino

	Discordo completamente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo plenamente
	1	2	3	4	5
Aprendizado					
1. O ambiente me ajudou a aprender.	1	2	3	4	5
2. Os recursos de feedback oferecidos (email, por ex.) podem ser úteis no aprendizado.	1	2	3	4	5
3. Os recursos gráficos e animações me ajudaram a aprender.	1	2	3	4	5
4. O ambiente me ajudou a aprender um novo conceito.	1	2	3	4	5
5. De maneira geral, o ambiente me ajudou a aprender.	1	2	3	4	5
Qualidade					
6. Os recursos de ajuda fornecidos podem ser úteis no aprendizado.	1	2	3	4	5
7. As instruções do ambiente aparentam ser fáceis de seguir.	1	2	3	4	5
8. O ambiente aparenta ser de fácil uso.	1	2	3	4	5
9. O ambiente aparenta ser bem organizado.	1	2	3	4	5
Motivação					
10. Eu gostei do tema geral apresentado.	1	2	3	4	5
11. Considero o ambiente de aprendizado motivador.	1	2	3	4	5
12. Eu gostaria de usar o ambiente novamente.	1	2	3	4	5

O que você mais GOSTOU a respeito do ambiente?

O que você NÃO GOSTOU a respeito do ambiente?

O que você mudaria nas vozes e/ou ambiente?



# Bibliografia

- [1] A. Amresh, A.R. Carberry, and J. Femiani. Evaluating the Effectiveness of Flipped Classrooms for Teaching CS1. In *Proceedings of the IEEE Frontiers in Education, FIE*, pages 733–735, Oklahoma, USA, 2013. ISBN 9781467352611.
- [2] P. Apse-Apsitis, A. Avotins, O. Krievs, and L. Ribickis. Pratically Oriented e-Learning Workshop for Knowledge Improvement in Engineering Education. In *Proceedings of the Global Engineering Education Conference, EDUCON*, pages 1–5, 2012.
- [3] J.W. Baker. The “Classroom Flip”: Using Web Course Management Tools to Become the Guide on the Side. In *Proceedings of the 11th International Conference on College Teaching and Learning*, 2000.
- [4] M. Barion. Agente Fuzzy de Aprendizado Eletrônico. Master’s thesis, Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP, 2010.
- [5] L.M. Beltrán Sierra, R.S. Gutiérrez, and C.L. Garzón-Castro. Second Life as a Support Element for Learning Electronic Related Subjects: A Real Case. *Computers & Education*, 58(1):291–302, January 2012. ISSN 03601315. doi: 10.1016/j.compedu.2011.07.019. URL <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360131511001771>.
- [6] V. Benigno and G. Trentin. The Evaluation of Online Courses. *Journal of Computer Assisted Learning*, 16:259–270, 2000. URL <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-2729.2000.00137.x/abstract>.
- [7] J. Bergmann, J. Overmyer, and B. Wilie. The Flipped Class: Myths vs Reality, 2013. URL <http://www.thedailyriff.com/articles/the-flipped-class-conversation-689.php>.
- [8] T. Boyle and C. Bradley. *User Guide for the GLO Maker 2 Authoring Tool*. Number August. London Metropolitan University, London, 2nd edition, 2009. URL [http://www.glomaker.org/guides/GLO\\_Maker\\_2\\_User\\_Guide\\_2.0.pdf](http://www.glomaker.org/guides/GLO_Maker_2_User_Guide_2.0.pdf).

- [9] T. Bray, J. Paoli, M.C. Sperberg-McQueen, E. Maler, and F. Yergeau. Extensible Markup Language (XML) Recommendation, 2008. URL <http://www.w3.org/TR/xml/>.
- [10] L. Breslow, D. Pritchard, J. DeBoer, G. Stump, A. Ho, and D. Seaton. Studying Learning in the Worldwide Classroom: Research Into edX's First MOOC. *Research & Practice in Assessment*, 8(Summer 2013):13–25, 2013. URL <http://www.rpajournal.com/dev/wp-content/uploads/2013/05/SF2.pdf>.
- [11] Business-University. What Went Wrong with AllLearn?, 2006. URL <http://www.universitybusiness.com/article/what-went-wrong-alllearn>.
- [12] A. Calkins and K. Vogt. Next Generation Learning : The Pathway to Possibility, 2013. URL <http://net.educause.edu/ir/library/pdf/NGW1301.pdf>.
- [13] B. Capobianco, H. Diefes-Dux, I. Mena, and J. Weller. What is an Engineer? Implications of Elementary School Student Conceptions for Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, 100(2):304–328, 2011. URL <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/j.2168-9830.2011.tb00015.x/abstract>.
- [14] F. Carreras and A. Snider. A Matlab Educational Software Tool for Teaching Complex Analysis in Engineering. In *Proceedings of the IEEE Southeastcon Engineering for a New Era*, pages 204–207. Ieee, 1998. ISBN 0-7803-4391-3. doi: 10.1109/SECON.1998.673329. URL <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=673329>.
- [15] M. Casini, D. Prattichizzo, and A. Vicino. The Automatic Control Telelab: A User-Friendly Interface for Distance Learning. *IEEE Transactions on Education*, 46(2):252–257, 2003.
- [16] C. Chao, H.-C.K. Lin, J.-W. Lin, and Y.-C. Tseng. An Affective Learning Interface with an Interactive Animated Agent. In *Proceedings of the IEEE Fourth International Conference On Digital Game And Intelligent Toy Enhanced Learning*, pages 221–225. Ieee, March 2012. ISBN 978-1-4673-0885-4. doi: 10.1109/DIGITEL.2012.60. URL <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6185623>.
- [17] T. Cinto, H.M.A. Leite, D.S. Arantes, H.P. Oliveira Junior, and C.S.A. Peixoto. Proposta de Editoração de Livros Acadêmicos Interativos WYSIWYM Baseada em XML. *Revista Ciência e Tecnologia*, 16(1), 2013.
- [18] E. Crawley, J. Malmqvist, S. Ostlund, and D. Brodeur. *Rethinking Engineering Education*. Springer Science + Business Media, LLC., New York, 2007. ISBN 978-3-319-05560-2. doi: 10.1007/978-3-319-05561-9. URL <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-05561-9>.

- [19] J. Creswell. *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications, Inc., Los Angeles, 2nd edition, 2002.
- [20] L.J. Cronbach. Coefficient Alpha and the Internal Structure of Tests. *Psychometrika*, 16(3):297–334, 1951.
- [21] C. Crouch and E. Mazur. Peer Instruction: Ten Years of Experience and Results. *American Journal of Physics*, 69(9):970, 2001. ISSN 00029505. doi: 10.1119/1.1374249.
- [22] H.R.M. da Hora, G.T.R. Monteiro, and J. Arica. Confiabilidade em Questionários para Qualidade: Um Estudo com o Coeficiente Alfa de Cronbach. *Produto & Produção*, 11(1973):85–103, 2010.
- [23] H.V. da Rocha. O Ambiente TelEduc para Educação a Distância Baseada na Web: Princípios, Funcionalidades e Perspectivas de Desenvolvimento. In M. C. Moraes, editor, *Educação a Distância: Fundamentos e Práticas*, chapter 11, pages 197–212. UNICAMP/NIED, São Paulo, 2002.
- [24] M.E.B. de Almeida. Educação a Distância na Internet: Abordagens e Contribuições dos Ambientes Digitais de Aprendizagem. *Educação e Pesquisa*, 29(2):327–340, 2003.
- [25] M.E.B. de Almeida and J.A. Valente. Integração Currículo e Tecnologias e a Produção de Narrativas Digitais. *Currículo Sem Fronteiras*, 12(3):57–82, 2012.
- [26] W.M. do Amaral, J.M. De Martino, and L.M.G. Angare. Sign Language 3D Virtual Agent. In *Proceedings of the 5th International Multi-Conference on Society, Cybernetics and Informatics, IMSCI*, pages 93–97, 2011. URL [http://www.iiis.org/CDs2011/CD2011SCI/EISTA\\\_2011/PapersPdf/EA581XI.pdf](http://www.iiis.org/CDs2011/CD2011SCI/EISTA\_2011/PapersPdf/EA581XI.pdf).
- [27] T. Economides. The State of Art in Educational Technology. In *Proceedings of the IEEE Global Humanitarian Technology Conference 2013*, pages 285–287, San Jose, USA, 2013. ISBN 9781479924028.
- [28] Educause. 7 Things You Should Know About Flipped Classrooms. *ELI 7 Things You Should Know*, 2012. URL <https://net.educause.edu/ir/library/pdf/ELI7081.pdf>.
- [29] H. Escudero and R. Fuentes. Exchanging Courses Between Different Intelligent Tutoring Systems: A Generic Course Generation Authoring Tool. *Knowledge-Based Systems*, 23(8):864–874, December 2010. ISSN 09507051. doi: 10.1016/j.knosys.2010.05.011. URL <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950705110000924>.
- [30] A. Fagen, C. Crouch, and E. Mazur. Peer Instruction: Results from a Range of Classrooms. *The Physics Teacher*, 40(April):206–209, 2002.

- [31] M. Feidakis, T. Daradoumis, and S. Caballe. Endowing e-Learning Systems with Emotion Awareness. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems*, pages 68–75. Ieee, November 2011. ISBN 978-1-4577-1908-0. doi: 10.1109/INCoS.2011.83. URL <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6132781>.
- [32] FGV. FGV Ensino Médio Digital, 2013. URL <http://ensinomediodigital.fgv.br/default.aspx>.
- [33] A.L.P. Freitas and S.G. Rodrigues. A Avaliação da Confiabilidade de Questionários: Uma Análise Utilizando o Coeficiente Alfa de Cronbach. In *Anais do XII Simpósio de Engenharia de Produção, SIMPEP*, 2005.
- [34] Z. Grujic and B. Kovacic. Building Victor - A Virtual Affective Tutor. In *Proceedings of the 10th International Conference on Telecommunications, ConTEL*, pages 185 – 189, 2009. URL [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs/\\_all.jsp?arnumber=5206357](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs/_all.jsp?arnumber=5206357).
- [35] Harvard and MIT. edX: Take Great Online Courses from the World’s Best Universities, 2013. URL <https://www.edx.org>.
- [36] M. Herold, T. Lynch, R. Ramnath, and J. Ramanathan. Student and Instructor Experiences in the Inverted Classroom. In *Proceedings of the IEEE Frontiers in Education, FIE*, pages 1–6, Seattle, USA, October 2012. Ieee. ISBN 978-1-4673-1352-0. doi: 10.1109/FIE.2012.6462428. URL <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6462428>.
- [37] C.E. Hmelo-Silver. Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review*, 16(3):235–266, September 2004. ISSN 1040-726X. doi: 10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3. URL <http://link.springer.com/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>.
- [38] A.D. Ho, J. Reich, S. Nesterko, D.T. Seaton, T. Mullaney, J. Waldo, and I. Chuang. HarvardX and MITx: The First Year of Open Online Courses. 2014.
- [39] Y. Hu and G. Zhao. Virtual Classroom with Intelligent Virtual Tutor. *Proceedings of the International Conference on e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning*, pages 34–38, 2010. doi: 10.1109/IC4E.2010.122. URL <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=5432391>.
- [40] R. Kay. Evaluating Learning, Design, and Engagement in Web-Based Learning Tools (WBLTs): The WBLT Evaluation Scale. *Computers in Human Behavior*, 27(5):1849–1856, September 2011. ISSN 07475632. doi: 10.1016/j.chb.2011.04.007. URL <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0747563211000732>.

- [41] R. Kay and L. Knaack. A Multi-Component Model for Assessing Learning Objects: The Learning Object Evaluation Metric (LOEM). *Australasian Journal of Educational Technology*, 24(5):574–591, 2008. URL <http://www.ascilite.org.au/ajet/ajet24/kay.pdf>.
- [42] R. Kay and L. Knaack. Assessing Learning, Quality and Engagement in Learning Objects: the Learning Object Evaluation Scale for Students (LOES-S). *Educational Technology Research and Development*, 57(2):147–168, April 2008. ISSN 1042-1629. doi: 10.1007/s11423-008-9094-5. URL <http://link.springer.com/10.1007/s11423-008-9094-5>.
- [43] A. Khalili, S. Auer, and D. Hladky. The RDFa Content Editor: From WYSIWYG to WYSIWYM. In *Proceedings of the IEEE 36th Annual Computer Software and Applications Conference*, pages 531–540. Ieee, July 2012. ISBN 978-1-4673-1990-4. doi: 10.1109/COMPSAC.2012.72. URL <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6340208>.
- [44] E. Konstantinidis, M. Hitoglou-Antoniadou, A. Luneski, P. Bamidis, and M. Nikolaidou. Using Affective Avatars and Rich Multimedia Content for Education of Children with Autism. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments, PETRA*, pages 1–6. ACM Press, 2009. ISBN 9781605584096. doi: 10.1145/1579114.1579172. URL <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1579114.1579172>.
- [45] M. Lage, G. Platt, and M. Treglia. Inverting the Classroom: A Gateway to Creating an Inclusive Learning Environment. *The Journal of Economic Education*, 31(1):30–43, 2000. URL <http://www.jstor.org/stable/1183338>.
- [46] J. Laguardia, M.C. Portela, and M.M. Vasconcellos. Avaliação em Ambientes Virtuais de Aprendizagem. *Educação e Pesquisa*, 33(3):513–530, 2007.
- [47] L. Lamport. *Latex: A Document Preparation System - User's Guide and Reference Manual*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Boston, 2nd edition, 1994. ISBN 0201529831.
- [48] H.M.A Leite. Proposta de Metodologia de Avaliação de Voz Sintética com Ênfase no Ambiente Educacional. Master's thesis, UNICAMP, 2014.
- [49] S. Leung, S. Virwaney, F. Lin, and A. Armstrong. TSI - Enhanced Engaging Pedagogical Agents. In *Proceedings of the International Conference on Internet of Things and 4th International Conference on Cyber, Physical and Social Computing*, pages 570–575. Ieee, October 2011. ISBN 978-1-4577-1976-9. doi: 10.1109/iThings/CPSCCom.2011.89. URL <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6142198>.

- [50] H.-C.K. Lin, I.-H. Tsai, and R.-T. Sun. An Ontology-Based Affective Tutoring System on Digital Arts. In *Proceedings of the IEEE Workshop on Affective Computational Intelligence, WACI*, pages 1–5, 2011. ISBN 9781612840840. URL [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs/\\_all.jsp?arnumber=5952985](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs/_all.jsp?arnumber=5952985).
- [51] R. Lotufo, R. Ramos, R. Machado, and A. Korbes. Adessowiki: On-line Collaborative Scientific Programming Platform Categories and Subject Descriptors. In *Proceedings of the 5th International Symposium on Wikis and Open Collaboration*, Orlando, Florida, 2009. ISBN 9781605587301. URL <http://www.wikisym.org/ws2009/Proceedings/p110-lotufo.pdf>.
- [52] R.A. Lotufo, A. Silva, and R. Machado. Adessowiki - Collaborative Programming for Teaching Image Processing. In *Proceedings of SIBGRAPI-WEPEG*, 2009.
- [53] R.C. Machado, L. Rittner, and R.A. Lotufo. Adessowiki - Collaborative Platform for Writing Executable Papers. *Procedia Computer Science*, 4(2011):759–767, January 2011. ISSN 18770509. doi: 10.1016/j.procs.2011.04.080. URL <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877050911001384>.
- [54] X. Mao and Z. Li. Implementing Emotion-Based User-Aware e-Learning. In *Proceedings of the 27th International Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, CHIEA*, pages 3787–3792, 2009. ISBN 9781605582474. doi: 10.1145/1520340.1520572. URL <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1520340.1520572>.
- [55] E. Marasco and L. Behjat. Integrating Creativity Into Elementary Electrical Engineering Education Using CDIO and Project-Based Learning. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Microelectronic Systems Education, MSE*, pages 44–47, June 2013. ISBN 978-1-4799-0142-5. doi: 10.1109/MSE.2013.6566701. URL <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6566701>.
- [56] I. Mascitti, F. Fedele, D.D. Marco, M. Feituri, and C. Stefanelli. Teaching and Learning In-World: Lessons Learnt from the AVATAR and the ST.ART Projects. In *Proceedings of the 14th International Conference on Collaborative Learning*, number September, pages 232–236, 2011. ISBN 9781457717475. URL [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs/\\_all.jsp?arnumber=6059581](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs/_all.jsp?arnumber=6059581).
- [57] G.S. Mason, T.R. Shuman, and K.E. Cook. Comparing the Effectiveness of an Inverted Classroom to a Traditional Classroom in an Upper-Division Engineering Course. *IEEE Transactions on Education*, 56(4):430–435, November 2013. ISSN 0018-9359. doi: 10.1109/TE.2013.2249066. URL <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6481483>.



- [58] A. Matthiensen. Uso do Coeficiente Alfa de Cronbach em Avaliações por Questionários. *Publicações da Embrapa Roraima*, 1(2011):300, 2011. URL <http://www.cpafr.embrapa.br/publicacoes/index.php/publicacoes/article/view/112>.
- [59] E. Mazur. *Peer Instruction: A User's Manual*. Upper Saddle River, New Jersey, 1997.
- [60] P. Mitros, K. Afridi, G. Sussman, and C. Terman. Teaching Electronic Circuits Online: Lessons from MITx's 6.002x on edX. In *Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems, ISCAS*, pages 2–5, 2013.
- [61] P. Mohammed and P. Mohan. Combining Digital Games with Culture: A Novel Approach Towards Boosting Student Interest and Skill Development in Computer Science Programming. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Mobile, Hybrid, and Online Learning*, pages 3–8, 2010. ISBN 9780769539553. doi: 10.1109/.20. URL [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs/\\_all.jsp?arnumber=5430008](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs/_all.jsp?arnumber=5430008).
- [62] Moodle. Moodle: Community Driven, Globally Supported, 2014. URL [www.moodle.org](http://www.moodle.org).
- [63] V.R. Moreira, T. Cinto, H.M.A. Leite, and D.S. Arantes. Aprimorando o Ensino de Engenharia com Novas Abordagens Usando Recursos Computacionais. In *Anais do VI Congresso Tecnológico InfoBrasil TI & Telecom*, page 1, 2013. URL <http://www.infobrasil.inf.br/userfiles/OK-Aprimorando-122321.pdf>.
- [64] M. Moundridou and M. Virvou. WEAR: A Web-Based Authoring Tool for Building Intelligent Tutoring Systems. In *Proceedings of the 2nd Hellenic Conference on Artificial Intelligence*, number April, pages 203–214, 2002.
- [65] S. Mukherjee, H. Singhal, P. Jha, A. Kokane, P. Rastogi, R. Mittal, and R. Guddeti. Learner Centered Design Approach for e-Learning Using 3D Virtual Tutors. In *Proceedings of the IEEE 5th International Conference on Technology for Education*, pages 133–134. Ieee, December 2013. ISBN 978-0-7695-5141-8. doi: 10.1109/T4E.2013.39. URL <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6751078>.
- [66] C. Nascimento. Faltam 150 mil Engenheiros no País, 2012. URL <http://economia.estadao.com.br/noticias/economia,faltam-150-mil-engenheiros-no-pais,131609,0.htm>.
- [67] J. Nielsen. *Usability Engineering*. Academic Press, Boston, 1993.
- [68] G.N. Novak, E.T. Patterson, and A. Gavrin. *Just-in-Time Teaching: Blending Active Learning and Web Technology*. Prentice Hall, Inc., Saddle River, NJ, 1999.

- [69] H. Nwana. Intelligent Tutoring Systems: an Overview. *Artificial Intelligence Review*, 4(4):251–277, 1990. ISSN 0269-2821. doi: 10.1007/BF00168958. URL <http://link.springer.com/10.1007/BF00168958>.
- [70] University of Nottingham. The Xerte Project, 2014. URL <http://www.nottingham.ac.uk/xerte/index.aspx>.
- [71] S. Papert and I. Harel. *Situating Constructionism*. Ablex Publishing Corporation, Norwood, 1991.
- [72] S. Paracha, S. Jehanzeb, A. Mehmood, and O. Yoshie. Virtual Reality Intervention: A Promising Deterrent to Youth Deviancy in Pakistan. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Computer, Control and Communication*, number March 2003, pages 1–6, 2009. ISBN 9781424433148.
- [73] A. Parmar. Paper Review on Sharable Content Object Reference Model (SCORM): Framework for e-Learning Standard. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Advanced Computing & Communication Technologies*, pages 409–411. Ieee, January 2012. ISBN 978-1-4673-0471-9. doi: 10.1109/ACCT.2012.95. URL <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6168402>.
- [74] C.E. Pereira, S. Paladini, and F.M. Schaf. Control and Automation Engineering Education: Combining Physical, Remote and Virtual Labs. In *Proceedings of the International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices*, pages 1–10. IEEE, March 2012. ISBN 978-1-4673-1591-3. doi: 10.1109/SSD.2012.6197908. URL <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6197908>.
- [75] L. Rittner, A. Saude, A. Silva, R. Machado, M. Bento, and R. Lotufo. Adessowiki: Collaborative Scientific Programming Environment. In *Proceedings of the 24th Conference on Graphics, Patterns, and Images Tutorials SIBGRAPI*, pages 56–62. IEEE, August 2011. ISBN 978-1-4577-1627-0. doi: 10.1109/SIBGRAPI-T.2011.12. URL <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6076748>.
- [76] J. Rosenberg, M. Lorenzo, and E. Mazur. Peer Instruction: Making Science Engaging. In Joel Mintzes, editor, *Handbook of College Science Teaching*, chapter 8, pages 77–85. National Science Teachers Association, 2006.
- [77] J. Rumbaugh, I. Jacobson, and G. Booch. *The Unified Modeling Language Reference Manual*. Pearson Education, Inc., Boston, 2nd edition, 2004. ISBN 0321245628.
- [78] S. Sharma, R. Agada, and J. Ruffin. Virtual Reality Classroom as a Constructivist Approach. In *Proceedings of the IEEE Southeastcon*, pages 1–5, 2013. ISBN 9781479900534.

- [79] B. Shneiderman and C. Plaisant. *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*. Pearson Education, Inc., Boston, 4th edition, 2005. ISBN 0321197860. doi: 10.1037/e714202007-003.
- [80] I. Sommerville. *Software Engineering*. Pearson Education, Inc., Boston, 9th edition, 2011. ISBN 9780137035151.
- [81] Stanford. Coursera: What Will You Learn in 2014?, 2014. URL <https://www.coursera.org>.
- [82] J. Strayer. *The Effects of the Classroom Flip on the Learning Environment: A Comparison of Learning Activity in a Traditional Classroom and a Flip Classroom that Used an Intelligent Tutoring System*. PhD thesis, The Ohio State University, 2007.
- [83] J.F. Strayer. How Learning in an Inverted Classroom Influences Cooperation, Innovation and Task Orientation. *Learning Environments Research*, 15(2):171–193, July 2012. ISSN 1387-1579. doi: 10.1007/s10984-012-9108-4. URL <http://link.springer.com/10.1007/s10984-012-9108-4>.
- [84] M. Tamai, M. Inaba, R. Thawonmas, M. Uemura, and A. Nakamura. Constructing Situated Learning Platform for Japanese Language and Culture in 3D Metaverse. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Culture and Computing*, pages 189–190. IEEE, October 2011. ISBN 978-1-4577-1593-8. doi: 10.1109/Culture-Computing.2011.59. URL <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6103255>.
- [85] M. Triola. *Elementary Statistics*. Pearson Education, Inc., Boston, 10th edition, 2006. ISBN 0321331834.
- [86] UFF. Portal de Videoaulas, 2013. URL <http://www.videoaulas.uff.br/>.
- [87] UNESP. Unesp Aberta: Conhecimento ao seu Alcance, 2013. URL <http://www.unesp.br/unespaberta>.
- [88] UNICAMP. e-Unicamp Conteúdo Digital, 2013. URL <http://www.ggte.unicamp.br/e-unicamp/public/>.
- [89] USP. e-Aulas USP, 2013. URL <http://eaulas.usp.br/portal/home>.
- [90] R. Villardi and E.G. Oliveira. *Tecnologia na Educação: Uma Perspectiva Sócio-Interacionista*. Qualitymark, 2005.
- [91] C.-Y. Wang and G.-D. Chen. Design an Empathic Virtual Human to Encourage and Persuade Learners in e-Learning Systems. In *Proceedings of the 1st ACM International Workshop on Multimedia Technologies for Distance Learning*, pages 27–32, 2009. ISBN 9781605587578.

- [92] J. Watkins and E. Mazur. Just-in-Time Teaching and Peer Instruction. In Scott Simkins and Mark Maier, editors, *Just in Time Teaching Across the Disciplines, and Across the Academy*, pages 39–62. Stylus Publishing, 2009.
- [93] J. Watkins and E. Mazur. Retaining Students in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Majors. *Journal of College Science Teaching*, 42(5):36, 2013. URL <http://connection.ebscohost.com/c/articles/86988361/retaining-students-science-technology-engineering-mathematics-stem-majors>.
- [94] W. Watson and S.L. Watson. An Argument for Clarity: What are Learning Management Systems, What are They Not, and What Should They Become? *TechTrends*, 51(2):28–34, 2007.
- [95] T. Wentling, C. Waight, J. Gallaher, J.L. Fleur, C. Wang, and A. Kanfer. E-Learning - A Review of Literature, 2000.
- [96] J. Wilson, A. Krakowsky, and C. Herget. Starting Early: Increasing Elementary (K-8) Student Science Achievement with Retired Scientists and Engineers. *IEEE Transactions on Education*, 53(1):26–31, 2010.
- [97] J. Yap. Virtual Fun And Challenge: Case Study of Learning Cybercrime in Second Life. In *Proceedings of the Defense Science Research Conference and Expo, DSR*, pages 1–7, 2011.
- [98] E. Ye, L. Chang, and J.A. Polack-Wahl. Enhancing Software Engineering Education Using Teaching Aids in 3D Online Virtual Worlds. In *Proceedings of the 37th IEEE Frontiers in Education Conference*, pages T1E–8 – T1E–13. IEEE, October 2007. ISBN 978-1-4244-1083-5. doi: 10.1109/FIE.2007.4417884. URL <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=4417884>.
- [99] S. Zappe, R. Leicht, J. Messner, T. Litzinger, and H.W. Lee. “Flipping” the Classroom to Explore Active Learning in a Large Undergraduate Course. *American Society for Engineering Education*, 2009.
- [100] G. Zichermann and C. Cunningham. *Gamification by Design: Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps*. O’Reilly Media, Inc., Sebastopol, 1st edition, 2011. ISBN 9781449397678.