

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Vania Cristina Bordin Freitas

**APEC - AGENTE PEDAGÓGICO ANIMADO PARA O ENSINO DE
REDES DE COMPUTADORES NO MUNDO VIRTUAL TCN⁵**

Santa Maria, RS

2017

Vania Cristina Bordin Freitas

**APEC - AGENTE PEDAGÓGICO ANIMADO PARA O ENSINO DE REDES DE
COMPUTADORES NO MUNDO VIRTUAL TCN⁵**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência da Computação**.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Roseclea Duarte Medina

**Santa Maria RS
2017**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Freitas, Vania Cristina Bordin
APEC - AGENTE PEDAGÓGICO ANIMADO PARA O ENSINO DE
REDES DE COMPUTADORES NO MUNDO VIRTUAL TCN5 / Vania
Cristina Bordin Freitas.- 2017.
98 f.; 30 cm

Orientadora: Roseclea Duarte Medina
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Ciência da Computação, RS, 2017

1. Agente Pedagógico Animado 2. Computação Afetiva 3.
Mundo Virtual I. Medina, Roseclea Duarte II. Título.

©2017

Todos os direitos autorais reservados a Vania Cristina Bordin Freitas. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: 2.vania@gmail.com.

Vania Cristina Bordin Freitas

**APEC - AGENTE PEDAGÓGICO ANIMADO PARA O ENSINO DE REDES DE
COMPUTADORES NO MUNDO VIRTUAL TCN⁵**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência da Computação**.

Aprovado em 30 de janeiro de 2017:

Roseclea Duarte Medina, Dra. (UFSM)
(Presidente/Orientadora)

Sandra Dutra Piovesan, Dra. (UNIPAMPA)

Débora Krischke Leitão, Dra. (UFSM)

Santa Maria, RS
2017

AGRADECIMENTOS

A efetivação dessa dissertação teve a participação de muitas pessoas, que de algum modo contribuíram através do seu auxílio e dedicação. Desta forma gostaria de agradecer:

- a minha orientadora, Prof. Dr^a. Roseclea Duarte Medida e a prof. Dr^a. Giliane Bernardi, pela paciência e incentivo nesses dois anos de estudo.

- ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PGCC), pelo apoio e incentivo financeiro.

- aos meus pais Bernadete e Valter, por me ensinarem a ser forte e alcançar sempre meus objetivos. A minha vó Aracy pelo incentivo e dedicação; aos meus irmãos pelo apoio e colaboração; e ao Lídio meu amor por me apoiar nesses dois anos de estudo.

- aos colegas de mestrado e membros do GRECA, que colaboraram com seus conhecimentos. Em especial as colegas Andressa e Tassiana, pelo carinho e auxílio mútuo; e aos colegas e ex-colegas Luis Henrique, Aderson, Ricardo, Felipe, Fabrício, Leo pela colaboração neste trabalho. E também ao Nicolas que se dispôs a contribuir com seu apoio e dedicação.

Enfim a todos aqueles que fazem parte da minha vida e que são fundamentais para eu ser, um ser humano melhor.

O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.

(José de Alencar)

RESUMO

APEC - AGENTE PEDAGÓGICO ANIMADO PARA O ENSINO DE REDES DE COMPUTADORES NO MUNDO VIRTUAL TCN⁵

AUTORA: Vania Cristina Bordin Freitas
ORIENTADORA: Roseclea Duarte Medina

A utilização de recursos tecnológicos para a educação viabiliza maior diversidade na assimilação do conhecimento entre os estudantes, através de novos métodos de aprendizagem como ambientes virtuais, mundos virtuais, entre outros. No entanto, é fundamental que os professores busquem adaptar estes métodos em sala de aula, pois ao aliar agentes pedagógicos animados e mundos virtuais, percebe-se uma maior efetividade pedagógica, com efeitos motivacionais para os estudantes, devido à capacidade desses agentes em expressar emoções. Nesse sentido, no decorrer deste trabalho foi apresentada a implementação do Agente Pedagógico Emocional para Ensino de Redes de Computadores (APEC), com características emocionais no mundo virtual *Teaching Computer Networks in a Free Immersive Virtual Environment* (TCN5). O APEC foi modelado com base nos modelos OCC e Ekman, com emoções que resultaram em alegria, felicidade, alívio, satisfação, esperança, decepção e gratificação, dispondo de interações de áudios e *chat* textual, além de possuir noções da base de conhecimento do agente *Intelligent Agent adaptive to the Level of Expertise of Students* (ELAI) sobre assuntos relacionados à segurança de redes. O mesmo faz o reconhecimento do estudante e do seu humor através de sensores no momento da seleção do *emoticon*. A fim de verificar a qualidade do produto, foram realizadas avaliações através de questionários com especialistas em redes de computadores (estudantes de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Santa Maria), os quais foram orientados a realizar o percurso de atividades e efetuar as tarefas juntamente com o APEC. Desta forma, os resultados obtidos foram considerados relevantes para a pesquisa em relação à motivação, à experiência do usuário e à aprendizagem.

Palavras-chave: Agente Pedagógico Animado. Computação Afetiva. Mundo Virtual.

ABSTRACT

APEC - ANIMATED PEDAGOGICAL AGENT FOR THE TEACHING OF COMPUTER NETWORKS IN THE VIRTUAL WORLD TCN⁵

AUTHOR: Vania Cristina Bordin Freitas

ADVISOR: Roseclea Duarte Medina

The use of technological resources for education enables greater diversity in the assimilation of knowledge among students, through new learning methods such as virtual environments, virtual worlds, among others. However, it is fundamental that teachers seek to adapt these methods in the classroom, because when allying animated pedagogical agents and virtual worlds, perceives a greater pedagogical effectiveness, with motivational effects for students, due to the ability of these agents to express emotions. In this sense, in the course of this work the implementation of the Emotional Pedagogical Agent for Teaching Computer Networks (APEC), with emotional characteristics in the virtual world Teaching Computer Networks in a Free Immersive Virtual Environment (TCN5) was presented. APEC was modeled based on the OCC and Ekman models, with emotions that resulted in joy, happiness, relief, satisfaction, hope, deception and gratification, having audio interactions and textual chat, as well as having notions of the agent knowledge base Intelligent Agent adaptive to the Level of Expertise of Students (ELAI) about subjects related to networks security. The same does the recognition of the student and of his mood through sensors at the time of the selection of the emoticon. In order to verify the quality of the product, were carried out evaluations through questionnaires with specialists in computer networks (students of Post-Graduation in Computer Science, Federal University of Santa Maria), which were oriented the carry out the route of activities and make the tasks together with APEC. In this way, the results obtained were considered relevant to the research in relation to motivation, user experience and learning.

Keywords: Animated Pedagogical Agent. Affective Computing. Virtual world.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Abordagens da computação afetiva	21
Figura 2 - Emoticons para representar o estado de humor do estudante	35
Figura 3 - Seleção do emoticon para interação do estudante com o APA	35
Figura 4 - Acesso às salas a partir da seleção de um emoticon.	36
Figura 5 - Modelagem do APA	37
Figura 6 - Organização dos conteúdos dentro do percurso de atividades no MV	39
Figura 7 - Realização das atividades com o acompanhamento do APA	39
Figura 8 - Aspectos avaliados em relação a qualidade do desenvolvimento e a qualidade do produto com base nos autores	43
Figura 9 - Arquitetura do APEC.....	46
Figura 10 - Demonstração de como o APA identifica o estudante, expressa emoções e se comunica.....	47
Figura 11 - Diagrama de Estados – 1ª parte	49
Figura 12 - Diagrama de Estados – 2ª parte	50
Figura 13 - Expressão de transição de neutralidade para alegria	55
Figura 14 - Expressão de transição de neutralidade para felicidade.....	55
Figura 15 - Expressão de transição de neutralidade para satisfação.....	56
Figura 16- Expressão de transição de neutralidade para alívio	56
Figura 17 - Expressão de transição de neutralidade para esperança.....	57
Figura 18 - Expressão de transição de neutralidade para decepção	57
Figura 19 - Expressão de transição de neutralidade para gratificação	58
Figura 20 - Script do recurso didático	58
Figura 21 - Script do agente	59
Figura 22 - Falas do chat	60
Figura 23 - Criando o agente no Opensim.....	61
Figura 24 - Definição de uma classe na notação AIML sobre um tópico específico	62
Figura 25 – Scripts implementados no APA para conexão com o PandoraBots.....	62
Figura 26 - Interação do agente e o estudante	63
Figura 27 - Interação do agente através de áudios.....	65
Figura 28 - Script para as falas do agente APEC	65
Figura 29 - Script de seleção do emoticon	66
Figura 30 - Gráfico de desenvolvimento do APEC, conforme: ambiguidade (P1), consistência (P2), completude (P3), compreensibilidade (P4), corretude (P5).....	68
Figura 31 - Gráfico de desenvolvimento do APEC, conforme: usabilidade (P6) e utilidade (P7)	69
Figura 32 - Gráfico de avaliação da qualidade do produto - agente pedagógico animado - motivação.....	71
Figura 33 - Gráfico de avaliação da qualidade do produto - agente pedagógico animado - experiência do usuário	73
Figura 34- Gráfico de avaliação da qualidade do produto – agente pedagógico animado – aprendizagem.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ferramentas utilizadas na modelagem do APA	37
Tabela 2- Definição das Emoções de acordo com cada interação.....	48
Tabela 3 - Características das expressões faciais e corporais.....	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Expressões faciais de acordo com Paul Ekman	25
Quadro 2- Comparação entre as emoções do modelo Ekman e do modelo OCC	27
Quadro 3 - Comparação entre os agentes estudados	31
Quadro 4 - Objetivo, questões de análise e métricas para avaliação do processo do APA	44
Quadro 5 - Expressões e mensagens do APA	50
Quadro 6 - Expressões com animações LSL, movimentos QAvimator e opção de vestir	54
Quadro 7 - Roteiro de áudios do agente pedagógico animado	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	Três Dimensões
AIML	Artificial Intelligence Markup Language
ANS	Automatic Nervous System
APA	Agente Pedagógico Animado
APEC	Agente Pedagógico Animado para Ensino de Redes de Computadores
AVA	Ambientes Virtuais de Aprendizagem
AU	Action Units
BDT	Banco de Dissertações e Teses
BVH	Biovision Hierarchy
CA	Computação Afetiva
ADDIE	Análise, Design, Desenvolvimento, Implementação e Avaliação
ELAI	Intelligent Agent adaptive to the Level of Expertise of Students
FACS	Facial Action Code System
GQM	Goal Question Metric
GRECA	Grupo de Redes e Computação Aplicada
IA	Inteligência Artificial
IHC	Interação Homem Computador
ISO-IEC	International Organization of Standardization - International Electrotechnical Commission
ITS	Intelligent Tutoring System
LSL	Linden Scripting Language
MOODLE	Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment
MV	Mundos Virtuais 3D
MySQL	Sistema de Gerenciamento do Banco de Dados
NPC	Non-Player Character
OCC	Ortony, Clore and Collins
OpenSim	OpenSimulator
OSSL	OpenSimulator Scripting Language
PHP	Hypertext Preprocessor
RBIE	Revista Brasileira de Informática na Educação
RENOTE	Revista Novas Tecnologias na Educação
SBIE	Simpósio Brasileiro de Informática na Educação
SL	Second Life
TAM	Technology Acceptance Model
TCN5	Teaching Computer Networks in a Free Immersive Virtual Environment
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
WEB	World Wide Web
WebGL	Web Graphics Library

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	NOVOS PARADIGMAS EDUCACIONAIS	16
2.1	MUNDOS VIRTUAIS	16
2.2	AGENTE PEDAGÓGICO ANIMADO	17
2.2.1	Agentes conversacionais Chatterbots	19
3	COMPUTAÇÃO AFETIVA	21
3.1	MODELOS DE EMOÇÃO	22
3.1.1	Modelo OCC	24
3.1.2	Modelo de Ekman	25
3.1.3	Análise dos modelos de emoção	26
4	TRABALHOS RELACIONADOS	29
5	MÉTODO DE PESQUISA	33
5.1	DELINEAMENTO DA PESQUISA	33
5.2	DEFINIÇÃO DAS FERRAMENTAS E RECURSOS	34
5.3	IMPLEMENTAÇÃO DO ESTADO DE HUMOR	34
5.4	IMPLEMENTAÇÃO DO AGENTE PEDAGÓGICO ANIMADO APEC	36
5.5	INDEXAMENTO DOS CONTEÚDOS EDUCACIONAIS NO AMBIENTE TCN ⁵ ...	38
5.6	AVALIAÇÃO DO AGENTE APEC	40
5.6.1	Definição da avaliação	43
6	APEC - MODELAGEM E DESENVOLVIMENTO	46
6.1	MODELAGEM DAS EXPRESSÕES NO AGENTE PEDAGÓGICO ANIMADO	52
6.2	CRIAÇÃO E INTEGRAÇÃO DO AGENTE PEDAGÓGICO ANIMADO APEC COM A BASE DE CONHECIMENTO DO AGENTE ELAI	60
6.2.1	Criação e inserção de áudios no agente pedagógico animado APEC	63
7	APEC - AVALIAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	67
7.1	QUESTÕES DE DESENVOLVIMENTO - AGENTE PEDAGÓGICO ANIMADO	67
7.2	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO PRODUTO - AGENTE PEDAGÓGICO ANIMADO	71
7.3	AMEAÇAS À VALIDADE DA PESQUISA	77
8	CONCLUSÃO	78
	REFERÊNCIAS	81
	APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO PARA INVESTIGAR AS EMOÇÕES QUE O AGENTE PEDAGÓGICO ANIMADO DEVE EXPRESSAR	90
	APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO DO DESENVOLVIMENTO APEC	91
	APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DO MUNDO VIRTUAL TCN⁵ COM A PRESENÇA DO APEC	94

1 INTRODUÇÃO

Com os avanços tecnológicos, novos paradigmas estão surgindo no âmbito educacional, desmitificando a sala de aula como o local exclusivo para a construção do conhecimento e formação do estudante (COUTINHO; LISBÔA, 2011). Para atender a geração midiática dos nativos digitais, a inclusão de modernos recursos tecnológicos nas escolas busca proporcionar novas práticas educativas, tornando-as mais dinâmicas, coletivas e atrativas para a construção do conhecimento (LUCENA, 2015).

Conforme Prensky (2001) e Mattar (2010), enquanto os estudantes da geração dos nativos digitais, natos das novas tecnologias, aprendem através de fontes digitais, os professores imigrantes e não nativos digitais, primeiramente pesquisam em livros e mídias impressas. Dessa forma, o professor é desafiado a buscar novas práticas que combinam tecnologias e conteúdos pedagógicos, tais como aprendizagem eletrônica baseada em computador (*eletronic learning*), aprendizagem com mobilidade (*mobile learning*), aprendizagem baseada em jogos (*games-based learning*) (MOURA et al., 2016; PRADO, 2015), entre outros. Outras práticas mencionadas por Voss et al. (2013) são os ambientes virtuais de aprendizagem (AVA) e, mais recentemente, os ambientes imersivos conhecidos como metaversos ou mundos virtuais (MV).

De acordo com Nunes, C. et al. (2012), os AVA são uma opção para atender às necessidades educacionais, pois disponibilizam ferramentas de interação para compartilhar e adquirir conhecimentos. Já os MV são ambientes tridimensionais que buscam retratar os ambientes reais ou imaginários, nos quais os usuários são capazes de imergir, comunicar, manipular e interagir com artefatos e entre si, através de *avatares* (AVILA et al., 2014).

Os autores ainda mencionam que estes ambientes possibilitam simular a realização de atividades reais conforme o contexto educacional, em que o estudante deixa de explorar o conhecimento somente no nível abstrato, para vivenciar a sua aplicação, promovendo habilidades e atitudes significativas para a sua formação. De acordo com Herpich et al. (2014) as experiências proporcionadas pelos MV buscam atrair ainda mais o interesse dos estudantes, principalmente quando existe a presença de um agente pedagógico animado (APA) pois, dessa forma, é possível obter uma aprendizagem substancial.

Segundo Da Silva e Bernardi (2009), os APA podem ser vistos como ferramentas fundamentais na motivação e interação entre o ambiente virtual e o estudante, visto que, de acordo com Boff e Oliveski (2012), estes fornecem suporte afetivo na realização das atividades, identificam dificuldades, facilitam a resolução de problemas, entre outros. Logo, podem atuar

como tutores virtuais, estudantes virtuais ou companheiros virtuais de aprendizagem (BOFF; OLIVESKI, 2012; GIRAFFA, 1999).

Ao analisar os estudos realizados sobre mundos virtuais e agentes pedagógicos animados, surge a motivação de tornar o mundo virtual TCN⁵ (*Teaching Computer Networks in a Free Immersive Virtual Environment*), de VOSS (2014), mais sugestivo e atrativo com a presença de um agente pedagógico animado emotivo. De acordo com Lester et al. (1997), *softwares* educacionais compostos por APA são mais efetivos pedagogicamente e possuem um importante efeito motivacional no estudante, devido à sua capacidade de expressar emoções.

Conforme Jaques e Vicari (2005), Lester et al. (1997) e Nunes, T. e Jaques (2013), os ambientes virtuais ou mundos virtuais se tornam mais enriquecedores com a presença de um agente pedagógico animado, pois podem influenciar na aprendizagem e incidir positivamente nos resultados do estudante.

Com a finalidade de propor um mundo mais interativo e motivador e proceder com as pesquisas realizadas pelos integrantes do Grupo de Redes e Computação Aplicada (GRECA), esta pesquisa tem como proposta desenvolver um agente pedagógico animado afetivo que apresenta características emocionais, a fim de contribuir com a aprendizagem dos estudantes de redes de computadores, os quais passarão a dispor de computação afetiva (CA) no mundo virtual TCN⁵. Esse agente tem, em sua composição, características de computação afetiva de modo que o estudante perceba entusiasmo, fascínio e interesse em aprender imerso no mundo virtual.

Para contemplar o objetivo principal, alguns objetivos específicos são apresentados:

- Desenvolver um agente pedagógico animado com computação afetiva, baseado nos modelos de OCC e Ekman, a fim de expressar emoções faciais e corporais;
- Adaptar a base de conhecimento do agente inteligente ELAI e incorporar ao agente pedagógico animado;
- Avaliar a qualidade do produto agente pedagógico animado.

Esta dissertação está organizada da seguinte maneira: no segundo capítulo encontram-se informações sobre os novos paradigmas educacionais, mundos virtuais, agente pedagógico animado e agentes conversacionais *chatbots*; no terceiro capítulo é mencionado o conceito de computação afetiva, os modelos de emoção, o modelo OCC, o modelo de Ekman e uma análise dos modelos de emoção; no quarto capítulo são descritos alguns trabalhos relevantes para esta pesquisa; no quinto capítulo é apresentado o método de pesquisa com o delineamento da pesquisa, definição das ferramentas e recursos, implementação do estado de humor, implementação do agente, indexamentos dos conteúdos educacionais no ambiente TCN⁵,

avaliação do agente APEC e definição da avaliação; no sexto capítulo é apresentado o APEC - modelagem e desenvolvimento do agente pedagógico animado, modelagem das expressões no agente pedagógico animado, a criação e integração do agente pedagógico animado APEC com a base de conhecimento do agente ELAI e a criação e inserção de áudios no agente pedagógico animado APEC; no sétimo capítulo são apresentados APEC - avaliação e análise dos resultados, avaliação da qualidade do processo de desenvolvimento do agente pedagógico animado e avaliação da qualidade do produto agente pedagógico animado e, ainda, ameaças a validade da pesquisa; por fim, no oitavo capítulo são apresentadas as conclusões, seguidas pelas referências.

2 NOVOS PARADIGMAS EDUCACIONAIS

A partir dos anos 2000, os educadores notaram uma diferenciação na geração de estudantes que integravam as instituições de ensino, produzindo uma mudança no processo educacional (PASSARELLI; JUNQUEIRA; ANGELUCI, 2014). Estes estudantes nascidos após os anos 80, inseridos nas culturas midiáticas, apresentavam um elevado potencial tecnológico devido a interação, reação e diversão com as tecnologias existentes (LEMOS, 2009; PRENSKY, 2001).

De acordo com pesquisas feitas por Bennett, Maton e Kervin (2008), referentes a esta geração dos nativos digitais, alguns aspectos são essenciais para identificá-los como tal: são jovens com conhecimento aprimorado e habilidades em tecnologia da informação; preferências ou estilos de aprendizagem diferenciados das gerações anteriores.

Segundo Brown (2000), os nativos digitais têm a capacidade de aprender rapidamente, aleatoriamente, a partir de visualizações das informações, atribuídas com a interação desses jovens e os recursos midiáticos e com a prática, no decorrer dos anos. Desta forma, muitos estudos vêm sendo realizados no sentido de compreender o processo educacional para os nativos digitais, a fim de observar a utilização dos recursos digitais e tecnológicos fora da escola por esta geração, para que então os professores possam refletir sobre as práticas pedagógicas existentes e assim, inserir atividades motivadoras e integradoras a partir destas tecnologias (PESCADOR, 2010).

Para Aguiar (2008), a aplicação de tecnologias em sala de aula instiga mudanças no comportamento tanto do professor quanto do aluno, pois métodos novos de ensino servem para contribuir com o aperfeiçoamento das habilidades do ensino e do aprendizado.

No propósito de colaborar com o processo de ensino-aprendizagem através de tecnologias, os mundos virtuais vêm sendo estudados. Desta forma, na seção 2.1 são descritos conceitos sobre mundos virtuais.

2.1 MUNDOS VIRTUAIS

Os mundos virtuais ou ambientes virtuais imersivos e metaversos apresentam alguns objetivos, um deles é simular o mundo real em um ambiente tridimensional (3D), possibilitando interação com os usuários (HERPICH, 2015). Para Marcelino et al. (2013), os mundos virtuais 3D propiciam aos estudantes novos métodos de analisar os conteúdos imersos em um processo

de exploração e de alteração da realidade presente, no qual se busca colaborar com o conhecimento.

Segundo Valente e Mattar (2007) os MV 3D permitem o desenvolvimento de laboratórios virtuais para a realização de atividades práticas, simulação, criação de cenários a partir de modelagens dos objetos, etc., de modo a aproximar o usuário do conteúdo proposto pelo professor, oportunizando motivação, imersão, interação, experiências, entre outros.

De acordo com Book (2004), os mundos virtuais apresentam características de imersão, interação e navegação com os seguintes aspectos:

- a) espaço compartilhado: vários usuários no mesmo mundo virtual e ao mesmo tempo;
- b) interface gráfica: apresenta ambientes em 3D;
- c) imediatismo: interação em tempo real;
- d) interatividade: os usuários podem realizar alteração, desenvolvimento, construção, ou submissão de conteúdo;
- e) persistência: os usuários permanecem no mundo, mesmo estando o utilizador *offline*;
- f) socialização/comunidade: o mundo permite e incentiva a formação de comunidades de interesse.

Atualmente pode-se encontrar vários ambientes que atendem às características para ser denominado como mundo virtual, mas os mais conhecidos são Second Life¹ (SL), OpenSimulator² (OpenSim) e OpenWonderland³.

Para a criação do agente pedagógico animado, o mundo virtual TCN⁵ utilizado neste trabalho foi construído utilizando a plataforma OpenSim, por esta ser uma plataforma aberta, que permite a criação, modificação e exclusão de objetos.

Fundamentando que este trabalho visa integrar um APA em um mundo virtual, a abordagem sobre agentes será descrita na seção 2.2.

2.2 AGENTE PEDAGÓGICO ANIMADO

O termo agente é aplicado com regularidade na inteligência artificial (IA), porém não existe um acordo para seu significado, classificam-no como sendo, desde um simples processo de *hardware* e/ou *software*, até entidades sofisticadas com capacidade de realizar tarefas

¹ Disponível em: <http://secondlife.com/>

² Disponível em: <http://opensimulator.org/>

³ Disponível em: <http://openwonderland.org/>

complexas (BERCHT, 2001; BOCCA; JAQUES; VICARI, 2003; GIRAFFA, 1999; VALDATI et al., 2015). Segundo os autores, um agente funciona como uma entidade que exhibe alguns aspectos da inteligência humana.

Para Bradshaw (1997), um agente é uma entidade de *software* que apresenta funcionamento contínuo e autônomo em um ambiente, normalmente junto com outros agentes, podendo interagir através de aprendizagem, comunicação e cooperação. De acordo com Aguiar (2011) e Wooldridge (2002), agente é uma entidade capaz de resolver problemas com as propriedades de relatividade (observar e realizar ações), pró-atividade (capacidade de tomar iniciativa), habilidades sociais (capacidade de comunicação e cooperação) e autonomia (controle sobre as ações).

Os agentes podem ser classificados de diferentes tipos (PREECE; ROGERS; SHARP, 2007):

- a) personagens sintéticos: são utilizados geralmente em personagens de videogames ou filmes, com movimentos e comportamentos mais realísticos, substituindo um ator real em uma trama;
- b) agentes animados: são similares a personagens sintéticos, porém retratam a colaboração quando aplicados em interfaces. Normalmente estão colocados ao lado da tela como tutores, *wizards* e auxiliares destinados a ajudar na realização das tarefas;
- c) agentes emocionais: são confeccionados de acordo com a personalidade e o tipo de reação demonstrada pelo usuário como: triste, feliz, bem-humorado, etc.;
- d) agentes de interface conversacionais personificados: procuram simular a conversação humana, reconhecendo e respondendo as entradas verbais e não-verbais, gerando saídas verbais e não-verbais, lidando com interrupções da conversação e dando sinais que indiquem o estado da conversação.

Os agentes inseridos nos *softwares* educacionais devem viabilizar maior satisfação, interação e motivação dos estudantes, nos aspectos pedagógicos de ensino (PEREIRA, 1997 apud BERCHT, 2001; GRIESANG 2013; SILVA PORTELA; KAMPPFF, 2009; WILGES; LUCAS; SILVEIRA, 2004). Nesse sentido, os autores mencionam que os agentes são ditos pedagógicos quando aplicados em atividades educacionais, com o propósito de contribuir no processo de aprendizagem. Desta forma, eles podem atuar como tutores virtuais, estudantes virtuais ou ainda como companheiros virtuais, com a finalidade de contribuir com a aprendizagem do estudante (GIRAFFA, 1999). Neste trabalho, o agente pedagógico animado atua como um companheiro virtual, auxiliando o estudante na realização das atividades.

Um agente pedagógico animado (APA) é um personagem virtual que, ao ser introduzido em um ambiente interativo de aprendizagem, deve responder às ações realizadas pelo usuário, que foram propostas pelo educador, visando proporcionar maior interatividade, eficiência, conhecimento e motivação no aprendizado (FONTES et al., 2012; MORENO; FLOWERDAY, 2006; REATEGUI; MORAES, 2006). Além disso, Ho et al. (2009), Neto, F., Souza e Gomes (2016) mencionam que esses agentes pedagógicos animados devem facilitar o acompanhamento pedagógico do aluno através de métodos de ensino, para conduzir a atenção do discente, disponibilizar mensagens de *feedback* ou execução de instrução direta.

Para Silva, J., Couto e Odakura (2012) e Reategui e Moraes (2006), esses agentes se adaptam ao estilo cognitivo do estudante e ao ambiente de aprendizagem do mesmo, a fim de facilitar a aprendizagem, tirando dúvidas, fornecendo dicas, mostrando o percurso, retratando conteúdos, orientando na execução de tarefas com base na modelagem de conhecimento do agente, entre outros.

Os APA, além de ajudar os estudantes na aprendizagem, também estimulam os sentimentos em suas experiências, através da interação social e adequação do conteúdo instrucional no ambiente educacional (BAYLOR; KIM, 2005; ISMAIL; ARIFFIN, 2014). Nos estudos realizados por Baylor (2009), Choi e Clark (2006), Moreno (2005) e Ozogul et al. (2013) foi verificado que os APA têm a finalidade de aumentar o interesse do estudante e aprimorar metodologias de ensino, para acrescer o interesse no aprendizado. Já de acordo com Ismaail e Ariffin (2014), os APA têm a finalidade de auxiliar os estudantes não só a aprender, mas a se sentirem melhor sobre sua experiência de aprendizagem, estimulando e criando novas possibilidades de aprendizado.

Neste trabalho, para que o APA pudesse sanar as dúvidas dos estudantes, foi necessário a integração do agente inteligente ELAI, agente conversacional *chatbot*. Desta forma, na seção 2.2.1 são descritos conceitos sobre agentes conversacionais *chatbots*.

2.2.1 Agentes conversacionais Chatterbots

O *chatbot* é um agente conversacional ou um sistema de computador desenvolvido para simular um diálogo entre um agente e um usuário, a partir de uma linguagem natural, através da qual o agente consegue interpretar a informação do usuário e buscar responder, a partir da sua base de conhecimento (MAHAPATRA, 2012).

Os *chatbots* são agentes inteligentes desenvolvidos para estimular conversas através de troca de mensagens de texto ou áudio (SGANDERLA; FERRARI; GEYER, 2003). A

comunicação destes agentes geralmente ocorre através de técnica de inteligência artificial chamada Processamento de Linguagem Natural (*Natural Language Processing* – NLP) (AGUSTINI, 1995, apud RUSSEL; PETER, 1995). Segundo Sganderla, Ferrari e Geyer (2003) devido à utilização da NLP, os *chatterbots* representam um grande potencial como agentes pedagógicos, pois propiciam autonomia e agilidade na comunicação com o usuário, sem respostas fixas e programadas para serem respondidas no momento certo, diferenciando-se dos demais agentes pedagógicos comuns.

De acordo com Moon (1998), De Moura Galvão (2003) e Pilastrri e Brega (2009) os *chatterbots* atuam como facilitadores de interação entre usuário-máquina, pois são capazes de explorar o comportamento dos usuários, podendo até influenciá-los na tomada de decisão. Neste trabalho, a integração da base de conhecimento do agente inteligente ELAI (HERPICH, 2015) ao agente pedagógico animado ocorreu através do *PandoraBots*⁴, ferramenta esta que oferece serviços gratuitos para criar, hospedar e implementar conversas com *Chatterbots*.

O capítulo 3 trata da computação afetiva, modelos de emoção, o modelo OCC, modelo de Ekman e da análise dos modelos de emoção.

⁴ Página oficial do PandoraBots: <http://pandorabots.com/>

3 COMPUTAÇÃO AFETIVA

A computação afetiva (CA) é uma área multidisciplinar de pesquisa que busca investigar como os computadores podem reconhecer, modelar e responder as emoções humanas e como podem expressá-las através de uma interface computacional (JAQUES et al., 2012; OSIEK, 2014; PICARD, 2003).

Para Picard (1997), a CA é a relação entre a computação e a emoção, através da qual um *software* afetivo interage com um usuário e busca aprimorar seus meios de interação e motivação, a fim de modelar uma interface humano-computador mais atraente.

A Interação Humano-Computador (IHC), juntamente com a computação afetiva, possibilita a inserção do conhecimento humano, sentimento, estado de espírito ou emoção como *feedback* para a interface, a fim de desenvolver *softwares* mais naturais e intuitivos (THOMPSON; MCGILL, 2013). Com isso, acredita-se que agentes artificiais possam expressar fisiologicamente e verbalmente uma emoção ou personalidade, em uma interação humano-computador (IHC), pois busca induzir e despertar emoções em seres humanos, com a finalidade de contribuir com o aumento da coerência, consistência, predicabilidade e credibilidade das reações e respostas computacionais providas nestas interações (NUNES, M., 2012).

Os estudos nessa área dividem-se em duas abordagens (Figura 1): uma em que são analisados mecanismos para reconhecimento de emoções em máquina, por meio de interação homem-computador e outra em que é feita a síntese de emoções através da simulação de emoções em máquina, para obter mais informações sobre as emoções humanas, a construção de robôs com aspectos mais realísticos e até a criação de agentes pedagógicos para a educação (BORIN, 2010; FROZZA et al., 2011; PICARD, 1997).

Figura 1 - Abordagens da computação afetiva



Fonte: (JAQUES; VICARI, 2005).

O presente trabalho situa-se na abordagem síntese de emoções para simulação de emoções em máquina, para o desenvolvimento de agentes pedagógicos no mundo virtual TCN⁵.

Estudos realizados nessa área proporcionaram ferramentas capazes de unir o homem e o computador, a fim de dialogar de forma humanizada e emocional, desenvolvendo estados computacionais afetivos (CORREIA, 2013). Além disso, a computação afetiva menciona o valor das emoções no processo de decisão e especifica algumas aplicações, como aprendizagem através do computador, treinamento, interação homem-máquina (OSIEK, 2014).

De acordo com Frozza et al. (2009), a computação afetiva investiga a afetividade do ser humano, que é caracterizada pelo domínio das emoções, dos sentimentos, das experiências sensíveis e do contato com a sensação, que surgem a partir das experiências vividas pelo ser humano e seus pensamentos. Para Ficagna (2012), a afetividade envolve características comportamentais relacionadas à expressão corporal e facial, como entonação de voz, olhar nos olhos, tocar em uma pessoa, ou até mesmo expressar afetividade.

Segundo Bercht (2001) e Frozza et al. (2011) as emoções podem ser caracterizadas por reações expressivas, como sorrisos, cenho franzido, dentes trincados; por reações fisiológicas, como aumento dos batimentos cardíacos, produção de lágrimas, calores e vermelhidão no rosto; por comportamentos instrumentais, como correr, buscar “o conforto da mamãe”, juntar as mãos; por comportamentos instrumentais situacionais, como digitar com força desmesurada uma tecla, gritar um impropério qualquer; por cognições, como pensamento de injustiça para si ou para outros, sensação de impotência frente a problemas; e por sentimentos que integram os fenômenos fisiológicos e cognitivos.

Os autores Jaques e Nunes, M. (2012) e Oliveira (2011) afirmam que o termo emoção é um componente do conjunto de estados afetivos, como o humor, entre outros. Diferenciando as emoções, por serem breves, intensas e disparadas através de um evento, o humor, segundo Scherer (2001) é um estado afetivo difuso, em que ocorrem mudanças no sentimento, com baixa intensidade, mas longa duração, sem causa aparente.

Na seção 3.1 são apresentados alguns modelos de emoções, a fim de identificar as principais emoções presentes nesses modelos e definir quais serão aplicados no APA proposto neste trabalho.

3.1 MODELOS DE EMOÇÃO

Um requisito fundamental para tornar-se um agente mais realista e expressivo no ambiente no qual está inserido é a emoção (BATES, 1994; HARRIS; GITTENS, 2015;

LOYALL, 1997). A emoção busca expressar estímulos internos e externos na personalidade de um indivíduo, quando submetido a alguma situação (HARRIS; GITTENS, 2015).

Ao pesquisar sobre modelos de emoções, verificou-se que existem diversas propostas como a de Bates (1994), Descartes (1985), Ekman e Davidson (1994), Elliott (1992), Ortony, Clore e Collins (1988), Picard (1997), Sloman (1994), Velásquez (1997), entre outros. No entanto, não se chegou a um modelo padrão de emoções (HARRIS; GITTENS, 2015).

Descartes (1985), ao explicar o que são emoções, inseriu seu modelo de conceitualismo, o qual se constitui de uma abordagem cognitiva para emoção com ideia de dualidade, pois o corpo e a mente apresentam funções diferentes. Neste sentido, surgiram seis tipos principais de emoções: admiração, amor, ódio, desejo, alegria e tristeza e, a partir destas, subdividem-se as demais emoções.

Ekman e Davidson (1994), ao realizar diversas pesquisas sobre emoções, justificaram a existência de seis emoções básicas, denominadas emoções puras, que são: raiva, medo, nojo, felicidade, tristeza e surpresa.

Ortony, Clore e Collins (1988) propuseram o modelo OCC (sigla de seus nomes) baseado na teoria cognitiva e pode ser facilmente aplicada computacionalmente. Além disso, é muito utilizado no desenvolvimento de agentes, no qual tende a explicar eventos, ações e objetos no ambiente em que o indivíduo está inserido. Esse modelo é composto por vinte e duas emoções, sendo positivas e negativas.

Elliott (1992) foi um dos primeiros autores a trabalhar com emoções na área de sistemas multiagentes, pois objetivava um modelo com vinte e quatro emoções, duas a mais que o modelo OCC, a fim de que a divisão das emoções do ramo de objetos distinguisse amor de gostar, e ódio de não gostar. Neste sentido, um evento pode gerar mais de uma emoção ao mesmo tempo.

Bates (1994) e seus alunos, foram os precursores dos agentes credíveis com emoções guiadas, pois elaboraram agentes com base em estados emocionais, memória e comportamento reativo, emoções e relações sociais para o Projeto OZ. A implementação deste modelo foi baseado no modelo OCC e teve como propósito a criação e representação de drama interativo (BATES; LOYALL; REILLY, 1992). No projeto OZ, as emoções são organizadas em tipos, sendo que as emoções dentro do mesmo tipo partilham entre si, situações semelhantes (BARREIROS, 2007). As emoções referentes a esse modelo são alegria, angústia, esperança, medo, orgulho, vergonha, admiração, censura, amor, ódio, gratificação, gratidão, remorso e raiva. Porém, algumas considerações não foram realizadas neste modelo, impactando sobre as emoções e o comportamento dos agentes (HARRIS; GITTENS, 2015).

Sloman (1994) buscou corrigir algumas deficiências do modelo Bates, em que introduziu uma emoção ampla (BATES, 1994; BATES; LOYALL; REILLY, 1991; LOYALL; BATES, 1993), no qual permitiu a utilização de variáveis fisiológicas de baixo nível para intervir nas emoções, mas ainda faltava uma implementação em seu modelo (HARRIS; GITTENS, 2015). De acordo com estes autores, após algum tempo, Sloman e Poli (1996), realizaram estudos para estruturar uma arquitetura flexível para agentes autônomos, criando um conjunto de ferramentas para o desenvolvimento do agente “SIM_AGENT”.

Velásquez (1997) propôs o modelo emocional Cathexis, um modelo computacional para geração de emoções e controle do comportamento do agente autônomo. Algumas das condições são relacionadas com a raiva, o medo, a angústia/tristeza, a alegria/felicidade, o desgosto e a surpresa (MARREIROS, 2007).

Picard (1998), em seu modelo buscou identificar as emoções que compõem o processo de aprendizagem. A mesma esclareceu que as emoções em um ambiente educacional são divididas em quatro partes ou quadrantes, sendo que a primeira parte representa a satisfação e a curiosidade do aluno, a segunda parte representa o desapontamento e a confusão, a terceira parte, a confusão e o descarte de conceitos errados e a última parte representa o desânimo do aluno. Também menciona, juntamente com (BORIN, 2010; ARAMBURÚ, 2009), que ao longo do tempo o aluno deve percorrer todos os quadrantes para obter um aprendizado satisfatório.

Entre os vários modelos de emoções existentes, os mais utilizados, segundo Brandão (2012), são os modelos OCC e Ekman. Neste contexto, os mesmos serão melhores descritos nas seções 3.1.1 e 3.1.2, sendo que na seção 3.1.3 é realizada uma análise comparativa dos modelos OCC e Ekman.

3.1.1 Modelo OCC

O Modelo OCC (Ortony, Clore e Collins) surgiu em 1988 com a publicação do livro “*The Cognitive Structure of Emotions*”, no qual foi definido um modelo de avaliação cognitiva de emoções (ORTONY; CLORE; COLLINS, 1988). Os autores acreditavam ser importante para sistemas de inteligência artificial, a capacidade de raciocinar sobre as emoções, além dos mesmos serem capazes de entender a linguagem natural, de resolver problemas cooperativos e de planejar. Este modelo é muito aplicado em sistemas computacionais que modelam emoção.

O padrão OCC busca identificar a estrutura cognitiva de vinte e duas emoções, entre positivas e negativas, sendo elas, feliz (*Happy-for*), expressar desejo no olhar (*Gloating*), alegre (*Joy*), orgulho (*Pride*), admiração (*Admiration*), amar (*Love*), esperança (*Hope*), satisfação

(*Satisfaction*), alívio (*Relief*), gratificação (*Gratification*), agradecimento (*Gratitude*), ressentimento (*Resentment*), piedade (*Pity*), sofrimento (*Distress*), vergonha (*Shame*), decepção (*Disappointment*), arrependimento (*Remorse*), raiva (*Anger*), censurar/acusar (*Reproach*), ódio (*Hate*), medo (*Fear*), e medo confirmado (*Fear-confirmed*).

Este modelo tende a demonstrar que as emoções são elaboradas a partir das condições de cenários derivados de diferentes eventos, agentes e objetos, distinguindo a estrutura cognitiva e as dimensões emocionais, as quais são fundamentais para a geração das emoções específicas (HUANGFU et al., 2013). De acordo com Carneiro (2011) e Jaques e Vicari (2005), as emoções podem surgir a partir da avaliação de três aspectos no mundo: os *eventos* são a forma de percepção do agente sobre o que está acontecendo; os *agentes* podem ser uma pessoa, um animal ou um objeto qualquer; e os *objetos* são os artefatos inanimados. Este autor também menciona que os eventos podem ser interpretados de outras maneiras, conforme a intensidade do estímulo.

O modelo OCC foi o primeiro a ser definido como um conjunto de regras que possibilita desenvolver *softwares* com emoções. Além do mais, não é um modelo apenas para o desenvolvimento de raciocínio para estado afetivo e emoção cognitiva, mas pode ser utilizado para outras consequências emocionais por meio de gatilhos (NETO, A., 2010).

3.1.2 Modelo de Ekman

Um dos principais pesquisadores sobre emoção é Paul Ekman (EKMAN; FRIESEN, 1978). Esse autor evidencia que estudos realizados na área comprovam indícios sobre a universalidade da manifestação das emoções em relação às expressões faciais em diferentes idades, etnias e culturas. O autor descreve um modelo que se constitui de seis emoções básicas chamadas de emoções puras, que comprovou serem universais, a partir da execução de pesquisas, as quais foram definidas como: raiva, medo, nojo, surpresa, felicidade e tristeza (EKMAN; FRIESEN, 1978; HAMDI et al., 2012). No Quadro 1, tem-se a relação entre a emoção e as suas definições, conforme Paul Ekman.

Quadro 1 - Expressões faciais de acordo com Paul Ekman

Emoção	Descrição
Alegria	Sobrancelhas relaxadas. Boca aberta com cantos voltados para cima.

Tristeza	Parte interior das sobrancelhas elevadas. Olhos levemente fechados. Boca relaxada.
Raiva	Parte interior das sobrancelhas timidamente baixa. Lábios ambos pressionados ou abertos ligeiramente, exibindo os dentes.
Medo	As sobrancelhas elevadas simultaneamente e as partes interiores próximas. Os olhos ficam tensos e em alerta.
Nojo	Sobrancelhas e pálpebras relaxadas. Lábio superior elevado fazendo uma pequena curva.
Surpresa	Sobrancelhas elevadas. Pálpebras superiores abertas e as inferiores relaxadas. Boca aberta, com o maxilar inferior abaixado.

Fonte: (ARAMBURÚ, 2009).

De acordo com Rodrigues (2007), Ekman acredita em três sistemas diferentes, porém inter-relacionados, que envolve uma emoção: cognição, expressão facial e atividade *automatic nervous system* (ANS), para expressão facial.

Ao expressar a emoção em uma pessoa ou um agente, Ekman e Friesen (1982) incrementaram um sistema para codificar as expressões (FACS). Nesse sistema, os movimentos faciais são representados por um conjunto de *action* faciais *Facial Action Code System units* (AU), em que, quando os músculos faciais são estimulados, geram uma ação. Estes autores ainda salientam que a animação facial exige um conhecimento da anatomia facial em relação à estrutura muscular, pois assim é possível representar expressões faciais que sejam reconhecidas pelas pessoas.

3.1.3 Análise dos modelos de emoção

Neste momento é apresentada uma análise comparativa (Quadro 2) entre os modelos OCC e Ekman que serão utilizadas no APA, a fim de verificar se esses modelos são adequados para esta pesquisa. Conforme estudos realizados, entre os diversos modelos de emoções, estes foram escolhidos por serem os mais utilizados.

Quadro 2- Comparação entre as emoções do modelo Ekman e do modelo OCC

Modelo Ekman	Modelo OCC	
Alegria	- Feliz (<i>Happy-for</i>) - Expressar desejo no olhar (<i>Gloating</i>) - Feliz (<i>Joy</i>) - Orgulho (<i>Pride</i>) - Admiração (<i>Admiration</i>) - Amar (<i>Love</i>)	- Esperança (<i>Hope</i>) - Satisfação (<i>Satisfaction</i>) - Alívio (<i>Relief</i>) - Gratificação (<i>Gratification</i>) - Agradecimento (<i>Gratitude</i>)
Tristeza	- Ressentimento (<i>Resentment</i>) - Piedade (<i>Pity</i>) - Sofrimento (<i>Distress</i>) - Vergonha (<i>Shame</i>)	- Decepção (<i>Disappointment</i>) - Arrependimento (<i>Remorse</i>)
Raiva	- Raiva (<i>Anger</i>) - Censurar/Acusar (<i>Reproach</i>)	- Ódio (<i>Hate</i>)
Medo	- Medo (<i>Fear</i>), - Medo confirmado (<i>Fearconfirmed</i>)	
Nojo	-	
Surpresa	-	

Fonte: (ARAMBURÚ, 2009) e adaptado pela autora.

Conforme o Quadro 2, percebe-se que as emoções básicas de Ekman equivalem às do modelo OCC, com exceção das emoções de nojo e surpresa.

De acordo com Frozza et al. (2011), o modelo OCC, quando aplicado na expressão emocional de um agente, define o seu comportamento, dependendo do estímulo recebido pela ação do estudante no ambiente. A mesma descreve que muitas das expressões são capazes de traduzir emoções e sentimentos sem usar palavras, e a face é o principal elemento das expressões, ou seja, os principais elementos da comunicação humana. Ekman (1999) ressalta que a animação facial demanda de um conhecimento mais aprofundado sobre anatomia facial, em especial na estrutura muscular, pois tem o objetivo de representar expressões faciais que se mantenham reconhecidas aos seres humanos. Os autores Kendall (1995) afirmam que os movimentos faciais são fortemente influenciados por três áreas: as sobrancelhas, os olhos e a boca.

Segundo Konzen (2015), qualquer um dos agentes aborda alguma (senão todas) das emoções básicas do modelo de Ekman. Também cita que as demais emoções podem ser adicionadas quando os pesquisadores começarem a planejar o comportamento do futuro agente. Ainda, descreve que a emoção não necessariamente acaba sendo expressa pelo agente, mas inferida através das ações do usuário dentro do ambiente.

O capítulo 4 apresenta seis trabalhos relacionados, os quais empregam a utilização de agentes pedagógicos ou agentes pedagógicos animados em seus estudos, com a finalidade de complementar o processo de aprendizagem.

4 TRABALHOS RELACIONADOS

Existem alguns trabalhos científicos que empregam a utilização de agentes pedagógicos ou agentes pedagógicos animados em seus estudos, com a finalidade de complementar o processo de aprendizagem. Com o propósito de explicitar alguns estudos que corroboram com o tema de pesquisa, essa seção visa apresentar alguns desses agentes pedagógicos.

A pesquisa de Chao et al. (2012) propôs um mecanismo interativo humanizado através da detecção do estado afetivo dos estudantes, a fim de proporcionar uma aprendizagem mais flexível e motivacional. O estudo é dividido em dois eixos: a detecção do estado afetivo dos estudantes; e *Intelligent Tutoring System (ITS)*, com estratégias de ensino flexíveis. O sistema é composto pelos seguintes módulos: reconhecimento de emoções, tutor (com estratégias de ensino e confecção das emoções, conforme as seis emoções básicas de Ekman e Friesen (1971), base de dados do curso de Arte Digital e interface. Para avaliar a usabilidade da aplicação, os autores utilizaram uma amostra composta por 30 participantes. Como resultado, os autores consideraram que a mesma foi satisfatória e motivacional para aprendizagem.

No estudo de Frozza et al. (2011) foram criados dois APA, expressando emoções (um tutor e um companheiro), integrados em um ambiente virtual de aprendizagem, a fim de interagir com os estudantes. O agente tutor Dóris é constituído de sete emoções (alegria, tristeza, expectativa, indignação, surpresa, atenção e dúvida), tendo a função de um professor que identifica as características de aprendizagem do estudante; e o agente Dimi, que tem a função de um companheiro, apresenta duas emoções (alegria e tristeza) que ajuda os estudantes na realização das atividades, proferindo dicas e desafios. Para o desenvolvimento dos agentes foi definido um modelo de emoção, baseado no modelo OCC, a teoria do livro “O Corpo Fala”⁵ e no modelo de Ekman. Como resultado da pesquisa, foi destacado que o uso de agentes pedagógicos emocionais tende a melhorar os processos de interação com os estudantes e contribuir com a construção do conhecimento.

Diez et al. (2013), apresentam o desenvolvimento de um sistema 3D de tutoria *online*, baseado na *web*, para aumentar a motivação e o desenvolvimento cognitivo dos estudantes. Com isso, foi criado um agente animado humanoide, com respostas em tempo real, gestos não-verbais, comportamento natural e comunicação verbal, além de expressões faciais (felicidade, tristeza, surpresa, raiva e expressão neutra) com base no modelo de emoções de Ekman, com a

⁵ O livro o “Corpo Fala”, de WEIL, P.; TOMPKOW, R. (2008), tenta descobrir a comunicação não-verbal do corpo humano, analisando os princípios que regem e conduzem o corpo.

tecnologia *Web Graphics Library* (WebGL). O agente é composto pelas funcionalidades: estado de explicação, de avaliação e de espera. Por meio da avaliação identificou-se que o agente foi considerado agradável e envolvente e, devido à facilidade de interação no ambiente, possui um comportamento natural e humanoide.

Na pesquisa realizada por Hernández, Arroyo-Figueroa e Sucar (2015), foi proposta a criação de um modelo de afeto e aprendizagem, integrados nas decisões de um ITS, no qual foi incorporado emoções e modelo de personalidade e experiências de professores. O modelo proposto tem a funcionalidade de um agente tutor e três componentes: modelo aluno (formado pelo modelo de OCC (alegria, angústia, orgulho, vergonha, admiração e reprovação)), modelo de personalidade (consciência e neuroticismo), modelo tutor (com o conhecimento de um grupo de 20 professores) e ações (animador, entusiasta e energético), além da tomada de decisão. Para representar o aluno, adotaram-se modelos teóricos de emoções e fontes indiretas de evidência (personalidade, objetivos e resultados). Por meio da avaliação, constatou-se melhorias na aprendizagem, quando aplicado com estudantes de idade e grau correspondentes. Os resultados positivos mostraram que o modelo pode ser integrado em qualquer ITS.

Os autores Correia, Montané e Tamariz (2014) sugeriram a criação de um agente pedagógico animado 3D para ambientes virtuais de aprendizagem (AVA). Para a construção do agente, foram seguidos os princípios da CA com os estágios: arte conceitual (perfil de um professor na faixa etária dos 30 anos, de nível superior, curso tecnológico), modelagem digital (processo artístico), textura e iluminação (construção do avatar), *render* (avatar com realismo de um educador) e animação (animação facial). A base de emoção do agente é mostrada em grupos, com 22 emoções entre positivas (alegria, esperança, satisfação, alívio, confirmação, feliz, exuberante, orgulho, admiração, amor e gratidão) e negativas (angústia, medo, decepção, insatisfação, infeliz, pena, vergonha, reprovação, ódio, remorso e raiva). A representação do agente 3D é exibida pelo busto, com foco nas expressões faciais. O agente é multifuncional, com animações independentes ou corpo inteiro, conforme a estrutura do ambiente virtual. O que difere esse agente dos demais é a forma 3D de construção, pois expressa emoções mais humanizadas.

Nos estudos de Silva, Couto e Odakura (2012) foi proposto o desenvolvimento de um Agente Pedagógico Animado (APA) em um ambiente virtual de aprendizagem (Moodle) com foco voltado para aparência do mesmo, a fim de aproximar o estudante do uso de uma ferramenta virtual acrescido de afetividade. O agente apresenta animações básicas de parabenização, incentivo, nervosismo e calma. Os modelos de agentes estão em fase inicial, onde o agente motivacional aumenta a eficácia e confiança do aluno, enquanto um agente

mentor ajuda na aprendizagem e na motivação do estudante. O agente segue o modelo proposto por Baylor e Kim (2005), que considera três concepções visuais para o processo de definição do agente, sendo: 3D, homem e mulher, corpo inteiro, tamanho proporcional a tela, com feições de realidade, apresenta posturas diferentes de acordo com o momento e formalmente vestidos com roupas casuais de tons leves e rosto que demonstra seriedade e sabedoria, para que possa transmitir um ar mais descontraído e leve. Portanto, este agente buscou contribuir com o interesse e a motivação dos estudantes em ambientes virtuais de aprendizagem.

Portanto, averiguou-se que os demais trabalhos apresentaram características semelhantes a esta dissertação, como pode ser observado no Quadro 3.

Quadro 3 - Comparação entre os agentes estudados

Trabalhos	Modelo de Emoção/Teoria	Agente	Ambiente
Chão et al. (2012)	Ekman	Tutor	Sistema de Tutoria Inteligente
Diez et al. (2013)	Ekman	Agente animado humanoide	Sistema de Tutoria Online
Hernández, Arroyo-Figueroa e Sucar (2015)	OCC	Tutor	Sistema de Tutoria Inteligente
Silva, Couto e Odakura (2012)	Baylor e Kim	Agente pedagógico animado	Ambiente Virtual de Aprendizagem
Correia, Montané e Tamariz (2014)	Não identificado	Agente pedagógico animado 3D	Ambiente Virtual de Aprendizagem
Frozza et al. (2011)	Ekman OCC Teoria do livro “O Corpo Fala”	Tutor, Companheiro	Ambiente Virtual de Aprendizagem

Fonte: Elaborado pela autora.

Os autores Chao et al. (2012) e Diez et al. (2013) desenvolveram seus agentes utilizando as emoções conforme o modelo de Ekman para um Sistema de Tutoria. Os autores Hernández, Arroyo-Figueroa e Sucar (2015) utilizaram apenas o modelo OCC para modelar seu agente tutor. Silva, Couto e Odakura (2012) aplicaram o modelo de Baylor e Kim para a confecção do seu agente pedagógico animado e os autores Correia, Montané e Tamariz (2014) não mencionam o modelo de emoção utilizado para confeccionar seu agente pedagógico animado 3D. Já Frozza et al. (2011), além de utilizar o modelo de Ekman, também utilizaram o modelo OCC e a teoria do livro “O Corpo Fala” para modelar seus agentes tutor e companheiro. Nesta dissertação aplicou-se os modelos OCC e Ekman para o desenvolvimento das expressões faciais e corporais do agente pedagógico animado (companheiro), diferindo apenas no ambiente ao qual foi inserido, o mundo virtual 3D.

Nesta pesquisa, desenvolveu-se o APA afetivo para o mundo virtual TCN⁵, produzido na plataforma OpenSim, com a finalidade de influenciar e motivar a aprendizagem de conteúdos da disciplina de redes de computadores.

5 MÉTODO DE PESQUISA

Este trabalho aborda a implementação de um APA denominado **APEC** (um acrônimo de **A**gente **P**edagógico **E**mocional para Ensino de Redes de **C**omputadores), imerso no MV intitulado TCN⁵ (VOSS, 2014). Este capítulo busca apresentar os procedimentos adotados para a implementação e desenvolvimento dos objetivos específicos, os quais são essenciais para esta pesquisa.

Para tanto, este trabalho tem como natureza uma pesquisa aplicada, uma vez que é voltado para a busca de conhecimentos, em aplicações práticas, com o intuito de solucionar problemas específicos (GIL, 2010). Além disso, a abordagem do problema é definida como qualitativa, pois se preocupa com o aprofundamento da compreensão de um grupo de pessoas ou organização (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Nas seções 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5 e 5.6 são exibidas as etapas de construção deste trabalho, com a finalidade de explanar o processo de desenvolvimento do APA e a avaliação deste estudo.

5.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Na primeira etapa foram definidas a problemática da pesquisa e os objetivos a serem atendidos no decorrer do trabalho. Além disso, foi realizado um mapeamento sistemático e uma revisão literária, a fim de embasar e aprofundar os conhecimentos sobre o tema.

O mapeamento sistemático foi realizado com o objetivo de identificar alguns trabalhos que contribuíssem com esta pesquisa, através de buscas manuais e automáticas, nos períodos de 2011-2015, nas bases ACM Digital Library, IEEE eXplorer, Science Direct (Elsevier) e Springer, Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE), da Revista Brasileira de Informática na Educação (RBIE), do Banco de Dissertações e Teses (BDT), da Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE) e Revista Científica Internacional (InterSciencePlace).

Para a composição da *string* de busca, foram utilizadas palavras-chaves que identificassem assuntos relacionados a agentes pedagógicos, agentes animados, computação afetiva, entre outros, com propósito de detectar modelos de agentes pedagógicos animados.

Esse mapeamento sistemático retornou 863 trabalhos que, após avaliados, resultaram em 18 trabalhos com maior relevância para esta pesquisa e que contribuiriam na descoberta de diversos modelos de emoções, utilizados para o desenvolvimento de agentes pedagógicos animados. Entre estes trabalhos, foram escolhidos os que mais se assemelhavam com essa pesquisa, conforme descrito na seção 4.

A seguir é apresentada a definição das ferramentas e recursos utilizados no desenvolvimento da pesquisa.

5.2 DEFINIÇÃO DAS FERRAMENTAS E RECURSOS

Nesta seção são definidas as ferramentas e recursos tecnológicos a serem utilizadas no desenvolvimento da pesquisa. Conforme já descrito anteriormente, o APA foi integrado no mundo virtual TCN⁵ proposto por Voss (2014), o qual é constituído de cinco regiões, sendo uma região de apresentação e as demais com estilos cognitivos para o ensino de redes de computadores. Esse mundo virtual foi adaptado, posteriormente, por Herpich (2015), para inserção do agente inteligente ELAI, com classes de conhecimento AIML (*Artificial Intelligence Markup Language*), para ser especialista em tópicos de Redes de Computadores, além de apresentar níveis de expertise e estilo cognitivo para cada região. Assim, cada estudante, ao responder um questionário inicial de perfil no ambiente virtual Moodle (*Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*), era redirecionado para a região correspondente ao estilo detectado pelas respostas. Este mesmo ambiente também foi estendido, posteriormente, por Falcade (2015), para inserir uma abordagem de Design Instrucional, a fim de exibir materiais didáticos conforme o estilo cognitivo e nível de expertise de cada estudante.

Para visualização e interação no mundo virtual foram utilizados dois *viewers*: *Imprudence* e *FireStorm*. O *viewer Imprudence*, por apresentar um baixo consumo de recursos computacionais e o *viewer FireStorm*, por apresentar uma grande quantidade de recursos, opções e escolhas de personalização de interface (NUNES, F. et al., 2013).

O *Wamp Server* foi utilizado para o armazenamento das informações, pois dispõe das ferramentas *MySQL*, *PHP* e *Apache*. O mundo virtual TCN⁵, juntamente com os demais recursos, encontram-se hospedados em um servidor, com sistema operacional *Windows Server 2008 R2 Enterprise (64-bit)*, de endereço de IP público, Intel(R) *Xeon(R) CPU E5520 @ 2.27 Ghz (8 processors)* e memória RAM de 8GB.

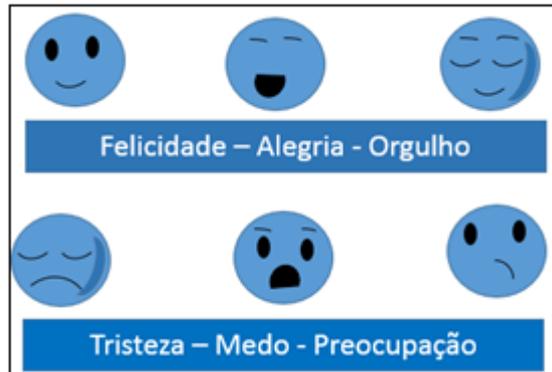
Na próxima seção, é apresentada a implementação do estado de humor do estudante.

5.3 IMPLEMENTAÇÃO DO ESTADO DE HUMOR

Na segunda etapa ocorreu a implementação dos possíveis estados de humor para o estudante. Conforme descrito anteriormente, para que o APA pudesse identificar o estado de humor do estudante, o mesmo deveria selecionar um *emoticon*.

Os *emoticons* representam emoções positivas como *felicidade*, *alegria* e *orgulho*, e negativas como *tristeza*, *medo* e *preocupação* (Figura 2). Estas emoções surgiram a partir de observações vivenciadas por estudantes em momentos de acessos a mundos virtuais, juntamente com discussões feitas com professoras do grupo de pesquisa - GRECA.

Figura 2 - Emoticons para representar o estado de humor do estudante



Fonte: Elaborado pela autora.

O *emoticon* (Figura 3), ao ser selecionado pelo estudante, possibilita as primeiras interações com o APA, como seu reconhecimento e reprodução de áudios de boas-vindas ou de estímulo, como será descrito no decorrer da pesquisa.

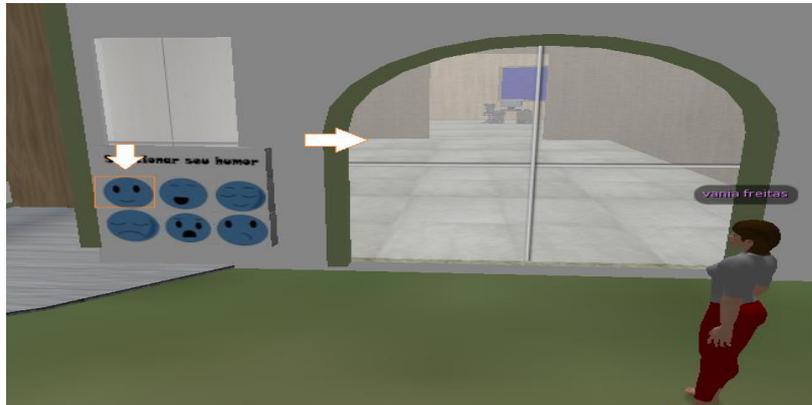
Figura 3 - Seleção do emoticon para interação do estudante com o APA



Fonte: Elaborado pela autora.

O *emoticon*, da mesma forma disponibiliza o acesso ao prédio, abrindo a porta de entrada (Figura 4).

Figura 4 - Acesso às salas a partir da seleção de um emoticon.



Fonte: Elaborado pela autora.

A recusa da seleção do *emoticon* impede a passagem pela porta. O estudante, ao tocar a porta solicitando sua entrada, visualizará uma mensagem informando a seleção do estado de humor.

Na próxima seção, é apresentada a implementação do agente pedagógico animado APEC.

5.4 IMPLEMENTAÇÃO DO AGENTE PEDAGÓGICO ANIMADO APEC

No decorrer da terceira etapa, ocorreu a criação do agente pedagógico animado APEC.

A concepção do APA decorreu da criação de um *Non-Player Character* (NPC) no mundo virtual TCN⁵. A customização da aparência do avatar NPC, com as vestimentas e acessórios, foi feita através de importações do repositório Zadaroo⁶ para o inventário do OpenSim.

A modelagem das expressões faciais, corporais e áudios, foi elaborada com a utilização de algumas ferramentas, como mostra na Tabela 1. As duas primeiras ferramentas já foram descritas anteriormente.

⁶ Disponível em: <http://zadaroo.com/>

Tabela 1 - Ferramentas utilizadas na modelagem do APA

Ferramenta	Descrição	Finalidade
Imprudence ⁷	Viewer	- Configuração e customização de objetos e do APA no MV.
Firestorm ⁸	Viewer	- Formatação de texturas como imagens e mídias (com páginas <i>web</i> externas).
QAvimator ⁹	Editor de BVH	- Criação de movimentos corporais (braços, mãos) para o agente pedagógico animado. Formato BVH (<i>Biovision Hierarchy</i>) utilizado pelo Opensim e Second Life.
AudaCity ¹⁰	Gravador e editor de áudios	- Gravação de áudios para o agente pedagógico animado.

Fonte: Elaborado pela autora.

Na Figura 5, é exibida a modelagem da sua aparência.

Figura 5 - Modelagem do APA



Fonte: Elaborado pela autora.

Ainda nessa etapa, houve a importação de objetos, áudios, imagens, entre outros, para complementar o mundo virtual TCN⁵.

⁷ Disponível em: <http://wiki.kokuaviewer.org/wiki/Imprudence:Downloads>

⁸ Disponível em: <http://www.firestormviewer.org/>

⁹ Disponível em: <http://www.qavimator.org/>

¹⁰ Disponível em: <http://www.audacityteam.org/>

Para a programação e codificação do sistema, foram utilizados *scripts* com funções nas linguagens *Linden Script Language* (LSL) e *OpenSim Scripting Language* (OSSL), inseridos aos objetos. Os *scripts* são introduzidos dentro do mundo virtual para possibilitar novas funcionalidades aos objetos, como construção de animações, inserção de áudios, recursos didáticos e *emoticons*, comunicação por *chat*, entre outros. Para elaboração de alguns movimentos corporais, como o da união das mãos para a expressão de esperança e os movimentos dos braços para a expressão de alívio, foi necessário utilizar a ferramenta QAvimator, para atender os requisitos necessários.

As mensagens de voz (mensagens de boas-vindas, de explicação do percurso de atividades, das atividades e do *feedback* e de agradecimento) inseridas no agente APEC foram gravadas através da ferramenta *Audacity* indicado pelo próprio OpenSim¹¹. Os áudios gravados no formato do som *wave* tiveram contribuições de uma voz masculina com o tempo máximo de 10 segundos.

Na seção a seguir, é exposto como foi realizado o indexamento dos conteúdos educacionais no ambiente virtual TCN⁵.

5.5 INDEXAMENTO DOS CONTEÚDOS EDUCACIONAIS NO AMBIENTE TCN⁵

Na quarta etapa desta pesquisa optou-se por permanecer com os conteúdos e atividades referentes a Segurança de Redes, implementados no trabalho de Falcade (2015).

O percurso de atividades apresentado no MV foi elaborado seguindo o Design Instrucional¹² proposto por Falcade (2015), que buscou facilitar a aprendizagem do estudante, disponibilizando os recursos e atividades de modo dinâmico e prático. Para a implementação desse percurso foi considerada a terceira e sexta fase do modelo Dick e Carey¹³, que mostra a organização dos conteúdos para um maior aprofundamento e aprendizagem, bem como as fases de análise e design do modelo ADDIE¹⁴ que especificam as características do usuário e as estratégias de ensino.

¹¹ Opensim: guia de ferramentas de som: Disponível em: http://opensimulator.org/wiki/Artist_Home

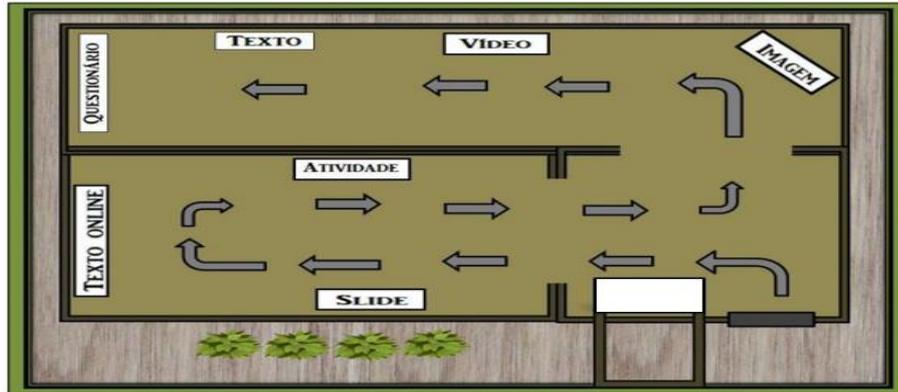
¹² Design Instrucional: é uma ação proposital e sistemática de ensino que envolve o planejamento, desenvolvimento e a aplicação de métodos e técnicas: Disponível em: FILATRO, A. Design Instrucional na Prática. Person Education do Brasil. São Paulo. 2008. 173 páginas.

¹³ Modelo Dick & Carey foi desenvolvido em 1978 por Walter Dick, Lou Carey e James Carey: Disponível em: DICK, W.; CAREY, L. The systematic design of instruction. Glenview, Illinois: Scott, Foresman/Little, Brown Higher Education. 1990.

¹⁴ Modelo ADDIE é um processo sistemático e iterativo para o desenvolvimento de experiências de aprendizagem: Disponível em: CLARK, D. Why Instructional System Design and ADDIE? 2015. <http://www.nwlink.com/~donclark/hrd/sat1.html>. Acesso em: 10 maio de 2016.

Na Figura 6 é possível observar a disposição dos conteúdos dentro percurso de atividades no MV.

Figura 6 - Organização dos conteúdos dentro do percurso de atividades no MV



Fonte: (FALCADE, 2015) e adaptado pela autora.

Para a realização das atividades, o estudante deve perfazer o percurso com o acompanhamento do APA, como na Figura 7.

Figura 7 - Realização das atividades com o acompanhamento do APA



Fonte: Elaborado pela autora.

A seguir, é abordada a última etapa do método de pesquisa: a avaliação do agente APEC.

5.6 AVALIAÇÃO DO AGENTE APEC

A quinta etapa foi responsável pela definição do método de avaliação do APA, sendo dividido sobre dois aspectos: qualidade do desenvolvimento e qualidade do produto.

De acordo com Mayer e Fowler (1999), Oliveira, Prates, Werneck (2010) e Silva, A. e França (2014), a usabilidade de um *software* educacional não pode ser avaliada da mesma maneira que outros tipos de *softwares*, uma vez que visam a aprendizagem. Conforme Moraes e Silveira (2007), a facilidade no uso de um sistema não equivale a aprendizagem aprofundada de um conteúdo e/ou habilidade.

De acordo com a Norma ISO/IEC 25023: 2016, as medidas de qualidade destinam-se a ser utilizadas para a garantia da qualidade e melhoria de produtos de *software* durante ou após o processo do seu desenvolvimento.

De acordo com Pressman (2009), a qualidade de produto de *software* pode ser definida como a compatibilidade de requisitos funcionais e de desempenho declarados transparentes, padrões de desenvolvimento claramente documentados e características subentendidas que se espera de todo *software* desenvolvido profissionalmente, podendo este, ser aplicado ao desenvolvimento do APA.

No primeiro aspecto, de avaliação da qualidade do desenvolvimento do APA o objetivo era avaliar a qualidade do agente do ponto de vista de especialistas (estudantes) que possuíam conhecimentos em mundos virtuais e agentes. Para que assim, obtivesse um *feedback* inicial de sua construção, visando identificar falhas e atender os requisitos necessários do agente.

Neste sentido para que um *software* apresente qualidade em seu desenvolvimento é necessário conter algumas características fundamentais, segundo os autores Matook e Induska (2009):

- a) Completude: é o grau em que todos os componentes do modelo de referência estão presentes no escopo do processo;
- b) Compreensibilidade: é o grau em que a finalidade, os conceitos e a estrutura do modelo de referência são nítidos aos usuários;
- c) Flexibilidade: é o grau em que o modelo de referência se adapta e adapta-se às mudanças de requisitos, menos para os quais foram especificamente projetados;
- d) Generalidade: é o grau em que o modelo de referência realiza uma série de funções e é utilizável em casos diferentes;
- e) Usabilidade: é o grau de facilidade com o qual um usuário pode operar, implementar e aplicar o modelo de referência.

De acordo com essas características, as que mais se adaptam a validação do APA são completude e compreensibilidade, pois, propõem verificar se o APA está completo e com movimentos nítidos a percepção dos estudantes.

Outra característica importante para a construção do APA é a detecção de falhas, segundo Porter, Votta e Basili (1995). As imperfeições podem ser identificadas e corrigidas até o momento da avaliação final.

De acordo com Mello (2011), estes autores classificaram os defeitos que podem ser inseridos nas etapas do desenvolvimento do *software* como:

- a) Omissão: quando a informação indispensável é omitida do artefato;
- b) Fato Incorreto: quando algumas informações no artefato de *software* vão contra as informações atuais na especificação de requisitos ou o conhecimento geral do domínio;
- c) Inconsistência: quando as informações em uma parcela do artefato de *software* estão inconsistentes com outras;
- d) Ambiguidade: quando as informações no artefato de *software* são ambíguas, isto é, a interpretação do desenvolvedor pode não levar à interpretação correta;
- e) Informação Estranha: quando as informações fornecidas não são essenciais ou mesmo usadas.

Desta forma, a validação dos erros do APA ocorre a partir da ambiguidade e inconsistência, visto a interpretação correta e a consistência do mesmo. Além disso, para que um processo apresente qualidade em seu produto, é fundamental seguir as seguintes características (RITTEGEN, 2010):

- a) Autenticidade: indica a representação realística do domínio do processo;
- b) Corretude: indica que todas as instruções na representação estão corretas;
- c) Completude: a representação apresenta todas as instruções sobre o domínio que estão corretas e relevantes;
- d) Relevância: indica que todas as instruções na representação são relevantes para o problema.

Neste caso, foi utilizada a característica de corretude, a fim de verificar se as instruções estão corretas no desenvolvimento do APA. Além disso, foi verificado a utilidade e usabilidade do APA, conforme o modelo TAM (*Technology Acceptance Model*) citado por Bradley (2009), Davis (1989) e Davis, Bagozzi e Warshaw (1989). Pelo fato, deste modelo preocupar-se com o grau de aceitação de tecnologias pelos usuários.

Neste sentido, a avaliação da qualidade do desenvolvimento do APA levou em consideração as seguintes características, ambiguidade, consistência, completude, compreensibilidade, corretude, usabilidade e utilidade.

No segundo aspecto, de avaliação da qualidade do produto APA, o objetivo era avaliar a qualidade do produto no geral APA, atividades e mundo virtual do ponto de vista de estudantes que possuíam conhecimentos em redes de computadores.

Para esta avaliação utilizou-se o modelo de avaliação de jogos educacionais proposto por Savi, Wangenheim e Borgatto (2011). Este é um dos principais modelos para analisar a qualidade dos jogos educacionais, que permite avaliar o grau de aprendizagem, a motivação e experiência do usuário a partir da interação com o produto (CALDERÓN; RUIZ, 2015).

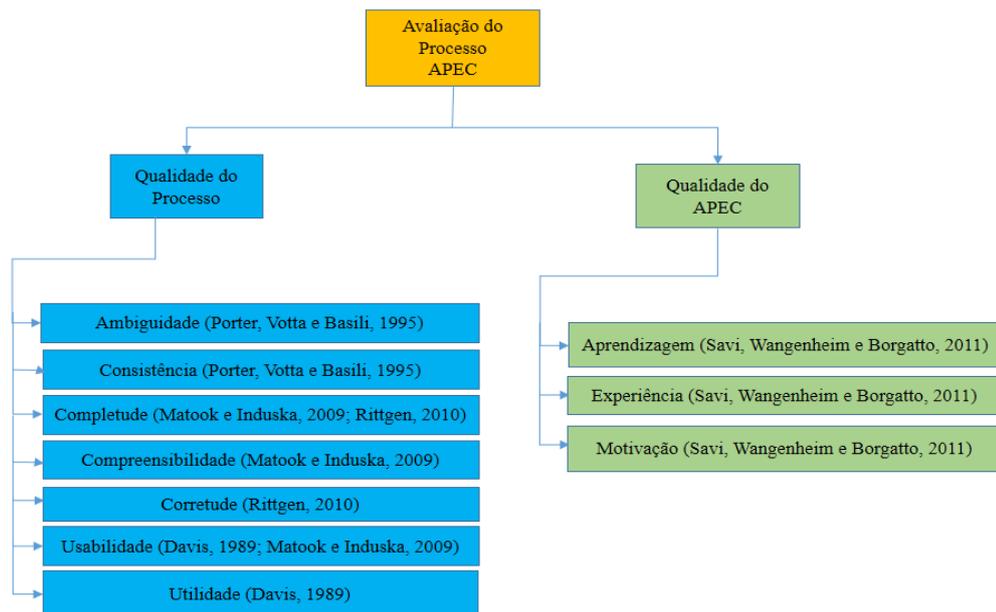
A aplicação desse modelo neste estudo ocorreu devido à possibilidade de verificar se o APA no geral, proporcionou aos estudantes uma maior motivação, experiência e aprendizagem com sua utilização no MV.

A avaliação foi realizada por meio de questionários (Apêndice B e Apêndice C) aplicados aos estudantes de Pós-Graduação no Mestrado em Ciência da Computação da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), não sendo estendida aos estudantes da graduação devido ao período de avaliação. O questionário de desenvolvimento do APEC foi respondido por três estudantes e o questionário da qualidade do agente pedagógico animado por dez estudantes.

Os estudantes que responderam às questões de desenvolvimento do APEC eram especialistas em mundos virtuais e agentes e os que avaliaram a qualidade do produto, em redes de computadores.

Na Figura 8 é apresentada aspectos avaliados em relação a qualidade do desenvolvimento e a qualidade do produto APEC com base nos autores.

Figura 8 - Aspectos avaliados em relação a qualidade do desenvolvimento e a qualidade do produto com base nos autores



Fonte: (BATTISTELLA; VON WANGENHEIM 2016) e adaptado pela autora.

A seguir, é abordada a definição da avaliação.

5.6.1 Definição da avaliação

Neste momento, são apresentadas as definições para o desenvolvimento do APA, a qual utiliza o método *Goal Question Metric* (GQM) (BASILI; CALDIERA; ROMBACH, 1994). Esse método é composto por três níveis: conceitual (identifica os objetivos que se pretende obter com o desenvolvimento do agente); operacional (questões de análise para definir o objetivo compreendido em relação aos objetivos definidos para avaliação); e quantitativo (métricas para mediar cada pergunta) (BATTISTELLA; VON WANGENHEIM, 2016). Para utilizar o método GQM é fundamental definir os objetivos e as questões de análise, a fim de verificar se os objetivos do desenvolvimento do APA foram alcançados.

Para a avaliação primeiramente ocorreu questionamentos da qualidade do desenvolvimento do agente pedagógico animado a partir de seu criador, visando melhorias em seu desenvolvimento. Posteriormente avaliar a qualidade do produto - agente pedagógico animado no geral por meio de especialistas que assumiram papéis de estudantes da computação, em relação à motivação (por meio da atenção, relevância, confiança e satisfação), experiência

(imersão, desafio, competência, divertimento) e aprendizagem (SAVI, WANGENHEIM e BORBATTO, 2011).

A elaboração das questões de análise e suas respectivas métricas seguiram as características apresentadas por Rittgen (2010), Matook e Induska (2009), Porter, Votta e Basili (1995), Davis (1989) e Savi, Wangenheim e Borgatto (2011), que foram utilizadas por Battistella e Von Wangenheim (2016) em seus estudos e que foram adaptadas neste estudo. No Quadro 4 são apresentados os objetivos, questões de análise e métricas para avaliação do agente pedagógico animado.

Quadro 4 - Objetivo, questões de análise e métricas para avaliação do processo do APA

(continua)

Objetivo 1	Qualidade do desenvolvimento do agente pedagógico animado (APA), a partir de seu criador.
Ambiguidade	
Pergunta	P1. A descrição do processo é ambígua?
Métrica	MP1.1 Quantidade de descrições ambíguas.
Consistência	
Pergunta	P2. O processo é consistente?
Métrica	MP2.1 Quantidade de inconsistência na construção de expressões faciais e corporais e falas (<i>chat</i> e <i>voz</i>).
Completo	
Pergunta	P3. O processo é completo?
Métrica	MP3.1 Quantidade de expressões faciais e corporais e falas (<i>chat</i> e <i>voz</i>) incompletas.
Compreensibilidade	
Pergunta	P4. O processo é compreensível?
Métrica	MP4.1 Quantidade de descrições incompreensíveis por expressões faciais e corporais e falas (<i>chat</i> e <i>voz</i>).
Corretude	
Pergunta	P5. O processo é correto?
Métrica	MP5.1 Quantidade de erros no processo por expressões faciais e corporais e falas (<i>chat</i> e <i>voz</i>). MP5.2 Erros corrigidos.
Usabilidade	
Pergunta	P6. O processo é fácil de usar?
Métrica	MP6.1 Grau de usabilidade do processo.
Utilidade	
Pergunta	P7. O processo é útil?
Métrica	MP7.1 Grau de utilidade do processo.

Quadro 4 - Objetivo, questões de análise e métricas para avaliação do processo do agente pedagógico animado

(conclusão)

Objetivo 2	Avaliar a qualidade do agente pedagógico animado (APA) por meio da compreensão dos estudantes em relação à motivação, experiência e aprendizagem.
Motivação	
Pergunta	P8. Os estudantes ficaram satisfeitos após a interação com o agente pedagógico animado?
Métrica	MP8.1 Grau de satisfação dos estudantes.
Objetivo 2	Avaliar a qualidade do agente pedagógico animado (APA) por meio da compreensão dos estudantes em relação à motivação, experiência e aprendizagem.
Pergunta	P9. Os estudantes sentiram-se confiantes ao participar da aprendizagem com o APA?
Métrica	MP9.1 Grau de confiança dos estudantes.
Pergunta	P10. Os estudantes consideram o APA relevante?
Métrica	MP10.1 Grau de relevância do APA.
Pergunta	P11. Os estudantes mantiveram atenção durante a interação com o APA?
Métrica	MP11.1 Grau de atenção dos estudantes.
Experiência do usuário	
Pergunta	P12. Os estudantes apresentaram as competências necessárias ao participar da aprendizagem com o APA?
Métrica	MP12.1 Grau de competência dos estudantes.
Pergunta	P13. Os estudantes consideram o APA divertido?
Métrica	MP13.1 Grau de diversão dos estudantes.
Pergunta	P14. Os estudantes sentiram-se desafiados a aprender com o APA?
Métrica	MP14.1 Grau em que os estudantes se sentiram desafiados.
Pergunta	P15. O APA permitiu a imersão dos estudantes no ambiente?
Métrica	MP15.1 Grau de imersão dos estudantes.
Aprendizagem	
Pergunta	P16. Os estudantes consideram que o APA auxiliou no seu aprendizado?
Métrica	MP16.1 Grau de aprendizado dos estudantes.
Pergunta	P17. Os estudantes consideram que alcançaram os objetivos de aprendizagem com o APA?
Métrica	MP17.1 Grau em que os estudantes alcançaram os objetivos de aprendizagem.

Fonte: (BATTISTELLA; VON WANGENHEIM, 2016) e adaptado pela autora.

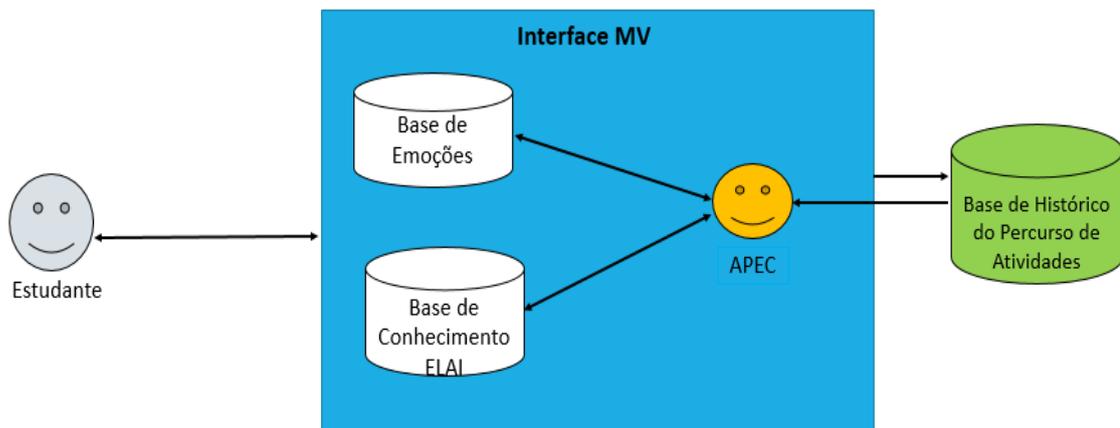
No capítulo 6 é apresentada a modelagem e o desenvolvimento do APA.

6 APEC - MODELAGEM E DESENVOLVIMENTO

Este capítulo apresenta, de maneira detalhada, a implementação do agente pedagógico animado emotivo APEC, destacando particularidades para sua execução, com expressões faciais e corporais, seguindo as emoções propostas pelos modelos OCC e Ekman e da interatividade com áudios e *chat* no mundo virtual OpenSim.

A Figura 9 ilustra a arquitetura do agente pedagógico animado no mun. A arquitetura é composta pelo estudante, interface MV, APA e as bases de conhecimento do ELAI, de emoções e de histórico do percurso de atividades.

Figura 9 - Arquitetura do APEC



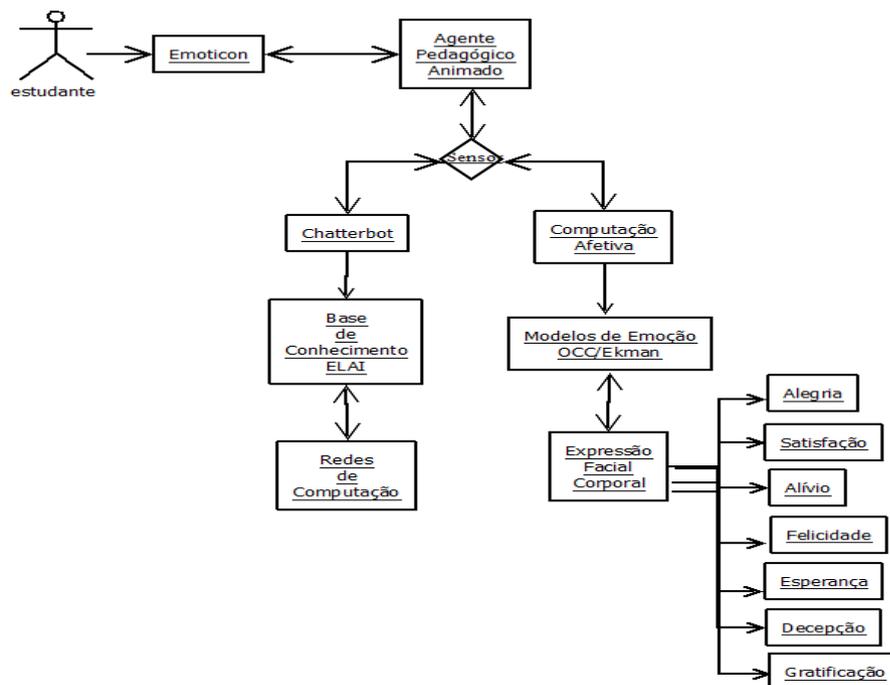
Fonte: Elaborado pela autora.

O estudante, imerso no MV (interface MV), interage com as atividades educacionais. Quando o mesmo clicar em uma atividade ou iniciar a realização das atividades no ambiente, o MV armazena estas interações em uma base de histórico do percurso de atividades, sendo que estas informações serão exibidas pelo agente ao finalizar o percurso, através de um *feedback*. A interação ocorre com o auxílio do APA que deve expressar emoções e conversar com o estudante (mensagens de texto e voz), considerando a base de conhecimento do ELAI.

Para que o APA identificasse o estado de humor do estudante, foi criado um conjunto de *emoticons*, com diferentes emoções entre positivas e negativas, conforme descrito na seção 5.2. Tais *emoticons* são selecionados pelo estudante ao entrar no MV, no momento de início da interação.

Na Figura 10 tem-se uma demonstração de como o APA identifica o estudante, expressa emoções e se comunica.

Figura 10 - Demonstração de como o APA identifica o estudante, expressa emoções e se comunica



Fonte: Elaborado pela autora.

A identificação do estudante pelo APA ocorre a partir da implementação de um sensor de movimento, que é ativado quando o mesmo se aproxima do raio de monitoramento do agente, podendo identificá-lo, assim como seu *emoticon*. Durante o percurso de atividades, o agente expressa emoções e se comunica através do *chat* de texto e voz.

Com a finalidade de definir as emoções que seriam aplicadas no APA, foi elaborado e aplicado um questionário a dois grupos de pesquisa (Grupo de Redes e Computação Aplicada - GRECA e estudantes do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Educacionais em Redes), sendo o mesmo respondido por 21 participantes, entre professores e estudantes.

Com base no questionário (Apêndice A) aplicado, foi possível identificar as emoções que foram incorporadas ao APA dentro do MV. Na primeira questão, desejava-se saber qual emoção deveria ser expressa pelo agente assim que o estudante entrasse no MV. Na sequência, três questões estavam associadas à interação que o estudante iria realizar, com tempos distintos, para que as emoções fossem expressas pelo agente. As três questões seguintes buscaram

identificar as emoções a serem expressas pelo agente após o estudante realizar uma atividade, também com tempos definidos. O agente também se expressa quando o estudante responde de maneira errada a uma atividade ou quando ele questiona, tirando dúvidas. A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos, exibindo a emoção escolhida para cada interação.

Tabela 2- Definição das Emoções de acordo com cada interação

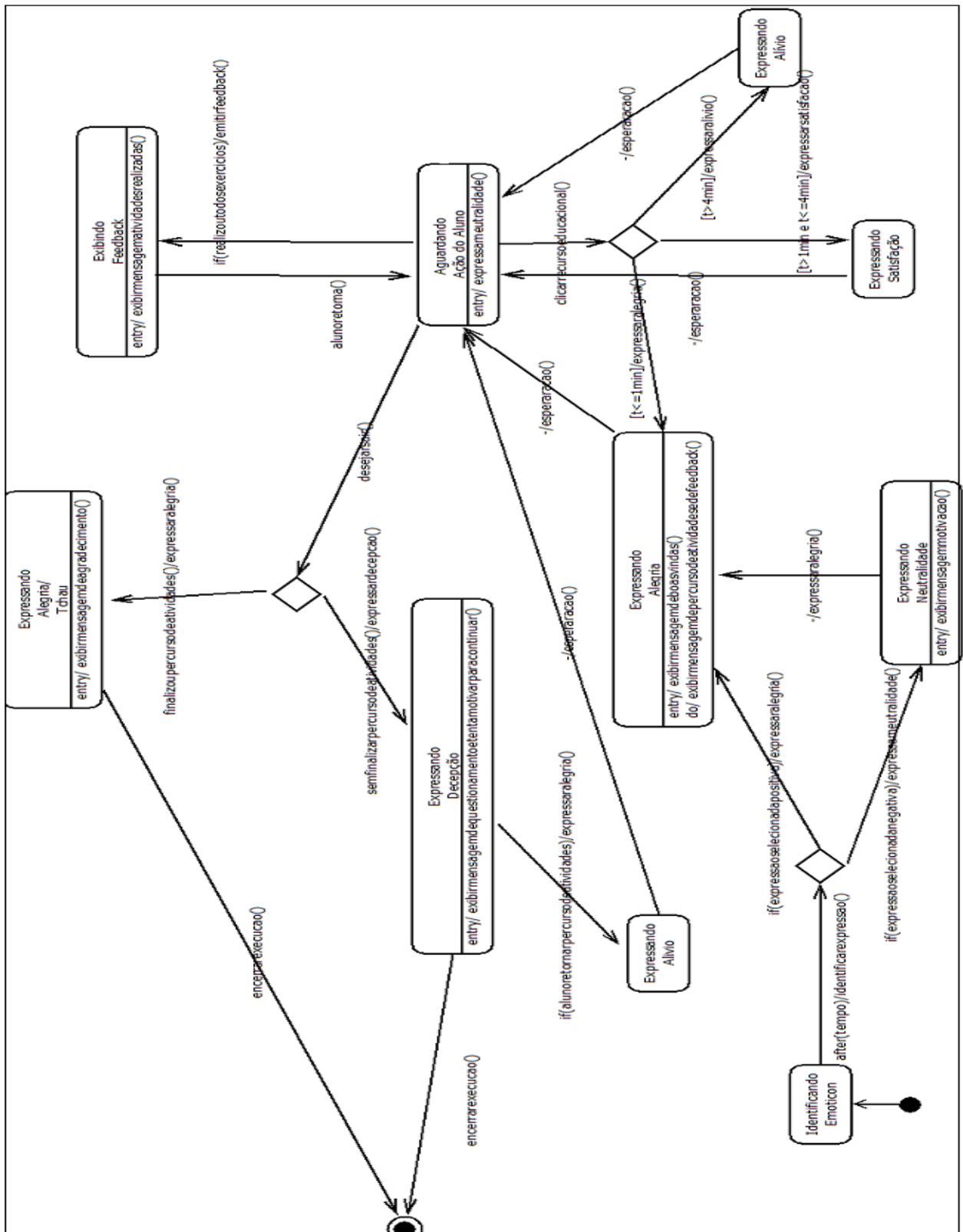
Interação do Estudante	Emoção
Entra no MV	Alegria
Clica em um conteúdo ou atividade educacional em menos de um minuto	Alegria
Clica em um conteúdo ou atividade educacional entre um e quatro minutos	Satisfação
Clica em um conteúdo ou atividade educacional após quatro minutos	Alívio
Inicia a realização da atividade em menos de dois minutos	Felicidade
Inicia a realização da atividade entre dois e seis minutos	Esperança
Não inicia a realização da atividade após decorridos seis minutos	Decepção
Erra ao responder uma atividade	Esperança
Questiona o agente, tirando dúvidas	Gratificação

Fonte: Elaborado pela autora.

Dentre as emoções propostas pelos modelos OCC e Ekman, as escolhidas para serem aplicadas no agente pedagógico animado foram: alegria, satisfação, alívio, felicidade, esperança, decepção e gratificação.

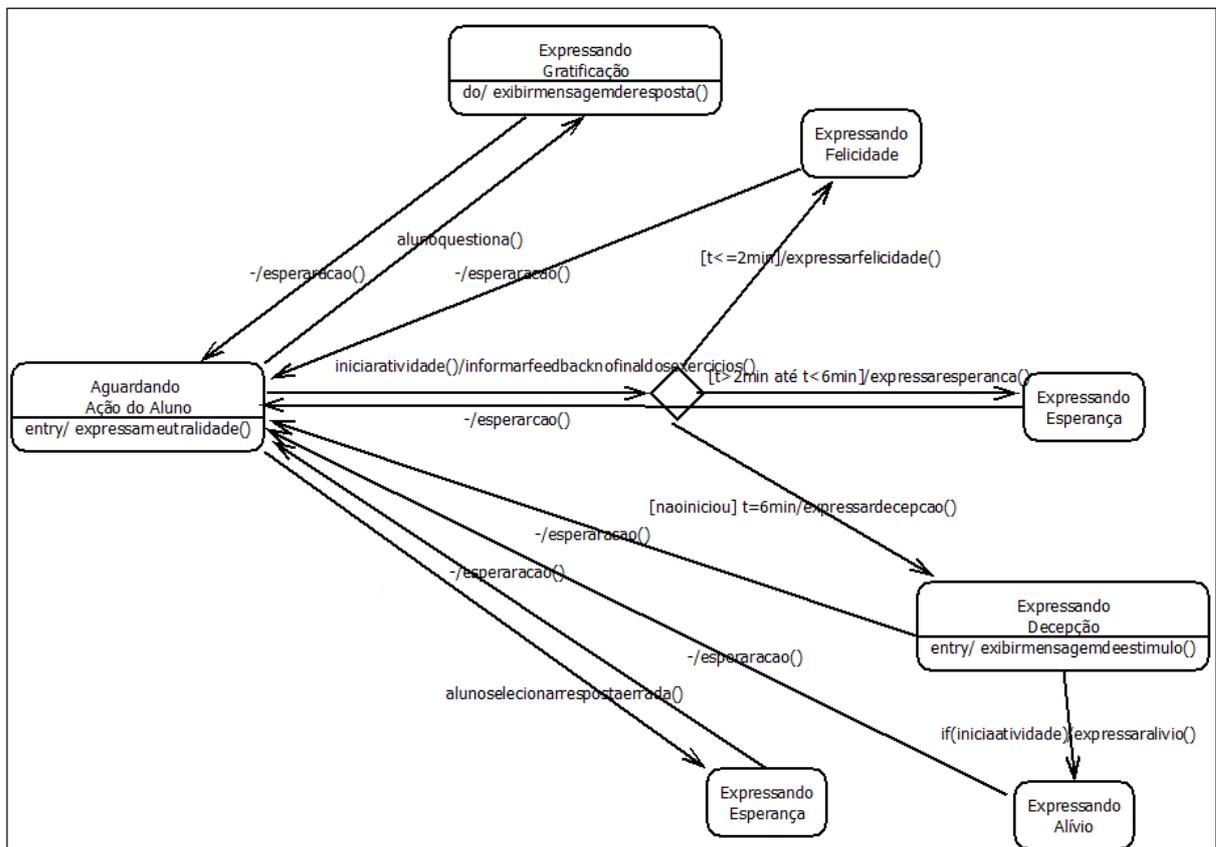
Com o propósito de tornar mais nítidos os momentos em que o APA expressa suas emoções ou se comunica via *chat* ou *voz* com o estudante, foi criado um diagrama de estados, que pode ser visualizado nas Figuras 11 e 12.

Figura 11 - Diagrama de Estados – 1ª parte



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 12 - Diagrama de Estados – 2ª parte



Fonte: Elaborado pela autora.

No Quadro 5 são apresentadas as emoções e mensagens que o APA expressa ao identificar as interações do estudante.

Quadro 5 - Expressões e mensagens do APA

(continua)

Identificação da interação do estudante	Emoção Expressa	Mensagens
- Emoção positiva.	- Alegria	- Dá boas vindas; - Explica: o percurso de atividades; as atividades; e o <i>feedback</i> .

Quadro 5 - Expressões e mensagens do APA

(continuação)

Identificação da interação do estudante		Emoção Expressa	Mensagens
Identifica o <i>emoticon</i> selecionado pelo estudante.	- Emoção negativa.	- Neutralidade (emoção inicial)	- Mensagem de motivação.
		- Alegria (após mensagem de motivação)	- Dá boas vindas; - Explica: o percurso de atividades; as atividades; e o <i>feedback</i> .
Aguarda o estudante, acompanhando-o, até o momento em que este clica em uma atividade educacional ou inicia a realização da atividade.		- Neutralidade	-
Identifica o clique em uma atividade educacional.	- Clique ocorreu em até 1 minuto.	- Alegria	-
	- Clique ocorreu com mais de 1 minuto e até 4 minutos.	- Satisfação	-
	- Clique ocorreu com mais de 4 minutos.	- Alívio	-
	- Atividade inicia em um tempo inferior a 2 minutos.	- Felicidade	- Lembra do <i>feedback</i> após finalizar todas as atividades.
Identifica o início ou não da realização da atividade.	- Atividade inicia no intervalo entre 2 minutos e até 6 minutos.	- Esperança	- Lembra do <i>feedback</i> após finalizar todas as atividades.
	- Passados 6 minutos, caso o estudante não inicie a atividade.	- Decepção	- Estimula o estudante a continuar realizando as atividades.
Identifica que voltou a realizar as atividades.		- Alívio	-

Quadro 5 - Expressões e mensagens do APA

(conclusão)

Identificação da interação do estudante		Emoção Expressa	Mensagens
Identifica a resposta errada da atividade.		- Esperança	-
Identifica questionamentos, em dúvidas.		- Gratificação	- Responde.
Identifica o término de todas as atividades.		- Neutralidade	- Exibe <i>feedback</i> .
Identifica que o estudante deseja sair do MV.	- Após ter visualizado o <i>feedback</i> .	- Alegria	- Dá “tchau”; - Agradece a realização do percurso de atividades.
	- Em qualquer outro momento.	- Decepção	- Questiona e tenta motivá-lo a permanecer no MV e a realizar as atividades.
Identifica o retorno do estudante ao percurso de atividades.		-Alívio	-

Fonte: elaborado pela autora.

O agente *conversa*, por meio de mensagens de voz, apenas quando o estudante entra e sai do MV, as demais conversas ocorrem por meio de mensagens de texto.

A próxima seção irá demonstrar a modelagem das expressões do APA.

6.1 MODELAGEM DAS EXPRESSÕES NO AGENTE PEDAGÓGICO ANIMADO

Esta seção apresenta as expressões faciais e corporais desenvolvidas e incorporadas no agente pedagógico animado. Essas emoções foram definidas a partir das expressões faciais propostas pelo modelo Ekman que são nitidamente observadas como sobrancelhas, olhos e boca, além de pesquisas e discussões feitas com o grupo de pesquisa – Greca. As emoções são alegria, felicidade, alívio, satisfação, esperança, decepção e gratificação, conforme descrito na Tabela 3.

As emoções descritas são apresentadas no mundo virtual pelo agente APEC, no momento em que o estudante interage com alguma atividade.

Tabela 3 - Características das expressões faciais e corporais

Emoções	Descrição
Alegria	Sorri mostrando os dentes. Sobrancelhas erguidas. Olhos entreabertos.
Felicidade	Sorri sem mostrar os dentes, apenas com os cantos da boca voltados para cima. Sobrancelhas erguidas. Olhos entreabertos.
Satisfação	Sorri mostrando os dentes. Sobrancelhas erguidas. Olhos entreabertos. Batendo palmas.
Alívio	Boca aberta de surpresa. Sobrancelhas erguidas. Olhos abertos. Mãos e braços erguidos, uma de frente a outra, mas um pouco distantes, na altura do rosto, com movimento para frente.
Esperança	Boca aberta, com ar de medo. Sobrancelhas baixas. Olhos abertos. Mãos unidas uma de frente para a outra, em frente ao peito.
Decepção	Boca fechada, apenas com os cantos da boca voltados para baixo. Sobrancelhas baixas. Olhos entreabertos.
Gratificação	Sorri sem mostrar os dentes, apenas com os cantos da boca voltados para cima. Sobrancelhas normais. Com uma piscadela.

Fonte: elaborado pela autora.

Alguns movimentos, como os das sobrancelhas e da boca (em alguns casos) foram desenvolvidos através da opção “vestir” do OpenSim, pois as animações da linguagem LSL utilizadas para as expressões faciais não apresentaram essas ações. As expressões de alívio e esperança foram modelados utilizando a ferramenta QAvimator, para as ações dos braços e mãos. No Quadro 6, são apresentadas as expressões, conforme as animações aplicadas com movimentos feitos no QAvimator e a opção de vestir do Opensim.

Quadro 6 - Expressões com animações LSL, movimentos QAvimator e opção de vestir

Emoção	Animações LSL	Movimento QAvimator	Vestir
Alegria	<i>express_toothsmile</i>	-	<NPCsobrancelha> Sobrancelhas erguidas
Felicidade	<i>express_smile</i>	-	<NPCsobrancelha> Sobrancelhas erguidas
Satisfação	<i>express_toothsmile</i> <i>aplaudir</i>	-	<NPCsobrancelha> Sobrancelhas erguidas
Alívio	<i>express_open_mouth</i>	alívio – movimento dos braços e mãos para frente.	<NPCsobrancelha> Sobrancelhas erguidas
Esperança	<i>express_open_mouth</i>	esperanca - união das mãos.	<NPCesperanca> Sobrancelhas com os cantos de fora voltado para baixo.
Decepção	-	-	<NPCtriste> Boca com os cantos voltados para baixo. Sobrancelhas com os cantos de fora voltado para baixo.
Gratificação	<i>express_smile</i> <i>piscar</i>	-	-

Fonte: Elaborado pela autora.

As expressões descritas na Tabela 4 e no Quadro 6, de alegria, felicidade, satisfação, alívio, esperança, decepção e gratificação, são apresentadas pelo agente pedagógico animado no mundo virtual.

As expressões inseridas no APA foram feitas para serem percebidas com movimentos e não em imagens estáticas, dificultando a demonstração com qualidade destas por meio de imagens, pois para a execução completa de cada emoção depende de um conjunto de movimentos, tanto corporal como facial.

A emoção expressada dispõe de um tempo de 10 segundos. Após, volta para a expressão de neutralidade, como pode ser observado nas figuras a seguir.

A Figura 13 ilustra a expressão de transição de neutralidade para alegria.

Figura 13 - Expressão de transição de neutralidade para alegria



Fonte: Elaborado pela autora.

A expressão de alegria é exibida pelo agente quando o estudante realiza uma atividade ou quando o mesmo identifica o humor positivo do estudante. O agente também expressa alegria quando o estudante deseja sair do mundo virtual e encontra-se com todas as atividades realizadas.

A Figura 14 ilustra a expressão de transição de neutralidade para felicidade.

Figura 14 - Expressão de transição de neutralidade para felicidade



Fonte: Elaborado pela autora.

A expressão de felicidade é exibida pelo agente quando o estudante inicia uma atividade.

A Figura 15 ilustra a expressão de transição de neutralidade para satisfação.

Figura 15 - Expressão de transição de neutralidade para satisfação

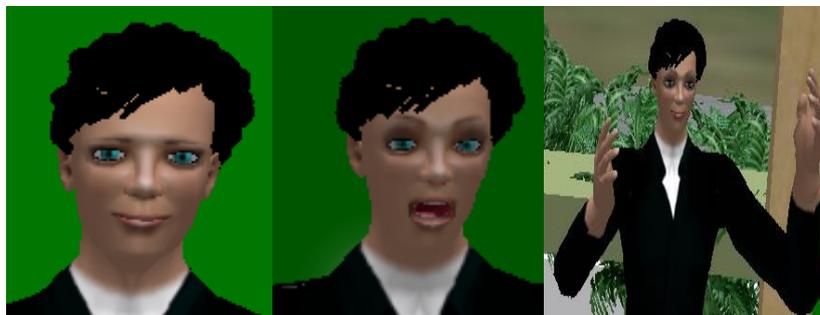


Fonte: Elaborado pela autora.

A expressão de satisfação é exibida pelo agente no momento que o estudante realiza uma atividade.

A Figura 16 ilustra a expressão de transição de neutralidade para alívio.

Figura 16- Expressão de transição de neutralidade para alívio



Fonte: Elaborado pela autora.

A expressão de alívio é exibida pelo agente quando o estudante realiza uma atividade, ou quando volta a realizar uma atividade (após ter interrompido a mesma anteriormente) e, ainda, quando identifica o retorno do estudante ao percurso de atividades sem sair do ambiente (nos casos em que o aluno demonstra intenção de abandonar o percurso).

A Figura 17 ilustra a expressão de transição de neutralidade para esperança.

A expressão de esperança é exibida pelo agente no momento que o estudante inicia, ou não, a realização das atividades, após um intervalo de tempo. E ainda, quando identifica uma resposta errada do estudante no momento da realização das atividades.

Figura 17 - Expressão de transição de neutralidade para esperança



Fonte: Elaborado pela autora.

A Figura 18 ilustra a expressão de transição de neutralidade para decepção.

Figura 18 - Expressão de transição de neutralidade para decepção



Fonte: Elaborado pela autora.

A expressão de decepção é exibida pelo agente quando o estudante não inicia uma atividade ou quando o mesmo identifica que o estudante quer sair do ambiente sem ter finalizado o percurso de atividades.

A Figura 19 ilustra a expressão de transição de neutralidade para gratificação.

A expressão de gratificação é exibida pelo agente quando o mesmo identifica questionamentos, em casos de dúvidas.

Para demonstrar como foram criadas essas emoções, *scripts* foram desenvolvidos, de forma a programar cada uma das emoções e interações realizadas pelo agente.

Figura 19 - Expressão de transição de neutralidade para gratificação



Fonte: Elaborado pela autora.

A identificação da presença do estudante em frente a um recurso didático (texto, slide, imagem, vídeo ou atividade) foi implementada por meio de um sensor de tempo. Esse sensor é responsável por contar o tempo que o estudante levou até tocar o recurso didático. Ao ser tocado ou, ao não ser tocado, é enviada uma mensagem “llSay” no canal 10, com uma frase de comunicação, para que então o agente possa expressar a emoção correspondente, como pode ser observado no *script* da Figura 20.

Figura 20 - Script do recurso didático

```

sensor(integer avat_agent)
{
  if(_sensor)
  {
    count++;
    llSay(0,"tempo: " + (string)count);
    if (count >= 241)//Alívio
    {
      llSay(10, "241 load <NPCsobrancelha>");
      llSay(0,"alívio");
    }
  }
}

touch_start(integer total_number)
{
  llListen(10, "", NULL_KEY, "");

  if (count >= 61 && count <= 240)//satisfação
  {
    llSay(10, "240 load <NPCsobrancelha>");
  }
  else
  if (count <= 60)//alegria
  {
    llSay(10, "60 load <NPCsobrancelha>");
  }
}

```

Fonte: Elaborado pela autora.

Na Figura 21 é exibido o *script* com a função “listen”, que escuta a mensagem “llListen” recebida do canal 10 e verifica qual emoção deve exibir.

Figura 21 - Script do agente

```
state_entry()
{
    llListen(11, "", NULL_KEY, "");
}
listen(integer channel, string name, key id, string msg)
{
    if (msg != "")
    {
        list commands = llParseString2List(msg, [ " " ], []);
        string msg0 = llList2String(commands,0);
        string msg1 = llList2String(commands,1);
        string msg2 = llList2String(commands,2);

        if (channel == 10)
        {
            if (msg0 == "240")//satisfação
            {
                osNpcLoadAppearance(npc, msg2);
                llOwnerSay("Loaded appearance " + msg2 + " to " + npc);
                osNpcPlayAnimation (npc, "express_toothsmile");
                llSleep(3);
                osNpcStopAnimation(npc, "express_toothsmile");
                llSetTimerEvent(0);
                osNpcPlayAnimation (npc, llGetInventoryName(INVENTORY_ANIMATION,1));
                llSleep(3);
                osNpcStopAnimation(npc, llGetInventoryName(INVENTORY_ANIMATION,1));
                llSetTimerEvent(0);
            }
        }
    }
}
```

Fonte: Elaborado pela autora.

A mensagem recebida é dividida na variável “commands” em: valor (condição), load e <>.

O agente, ao receber as informações fornecidas, examina e exibe a expressão correspondente. Por exemplo, se receber a frase “240 load <NPCsobrancelha>”, carrega a aparência do agente na função “osNpcLoadAppearance” a partir do *notecard*, de “vestir” e após, executa as animações. Os *notecards* são cartões de notas que comportam ações a serem realizadas, nesse caso, cada *notecard* contém os dados da aparência do agente.

As animações exibidas pelo agente foram iniciadas com a função “osNpcPlayAnimation” e finalizadas com a função “osNpcStopAnimation”. Algumas das animações aplicadas no agente utilizaram funções da linguagem LSL, como, por exemplo, a animação “express_smile”, ou foram criadas na ferramenta QAvimator, como a animação de

“esperança” e inseridas no inventário para serem exibidas através da função “llGetInventoryName(INVENTORY_ANIMATION, 0)”.

As falas do agente pelo *chat* “llSay” também foram inseridas com expressões faciais (Figura 22).

Figura 22 - Falas do chat

```

if (msg0=="361")//decepção
{
  if (msg1 == "load" && msg2 != "" && npc != NULL_KEY)
  {
    osNpcLoadAppearance(npc, msg2);
    llOwnerSay("Loaded appearance " + msg2 + " to " + npc);

    llSay(0,"Vamos lá!!!");
    llSay(0,"Não desista! Continue fazendo as atividades!!!");
    llSay(0,"Estou torcendo por você.");
  }
}

```

Fonte: Elaborado pela autora.

Na próxima seção, é apresentada a criação e integração do agente pedagógico animado com a base de conhecimento do agente inteligente ELAI.

6.2 CRIAÇÃO E INTEGRAÇÃO DO AGENTE PEDAGÓGICO ANIMADO APEC COM A BASE DE CONHECIMENTO DO AGENTE ELAI

Nesta seção é demonstrada a criação e integração do agente pedagógico animado APEC com a base de conhecimento (em segurança de redes) do agente inteligente ELAI.

Para que o agente pedagógico animado pudesse sanar as dúvidas sobre os assuntos de segurança de redes dos estudantes através do *chat* de texto, foi necessário adaptar uma base de conhecimento que, neste trabalho utilizou à base de conhecimento do agente inteligente ELAI, a qual se encontrava armazenada no servidor de *chatterbots Pandorabots*. Essa base foi utilizada pois, ao ser criada, foi mantida com assuntos de redes de computadores que disponibilizavam tópicos sobre segurança de redes.

Para a adaptação da base de conhecimento foi fundamental a existência de um agente já criado. Desta forma, para a criação do agente pedagógico animado (NPC) no mundo virtual TCN⁵ foi preciso realizar algumas configurações pertinentes no arquivo de configuração da plataforma OpenSim.ini, a fim de habilitar comandos e funções para o personagem e objetos.

A implementação do agente ocorreu a partir de um objeto (*prim*) que recebeu os *scripts* de movimentos, animações, aparências e ações, como é visualizado na Figura 23.

Figura 23 - Criando o agente no Opensim

```
state_entry()
{
    masterKey = llGetOwner();
    initPos = llGetPos() + <1,1,1>;
    npc = osNpcCreate("APEC", "", initPos, masterKey);
    list avatars = osGetAvatarList();
    listenChannel += llGetListLength(avatars);
    llListen(listenChannel, "", NULL_KEY, "");
    llSensorRepeat("", "", AGENT, 10.0, PI/2, 0.5);
    llRequestPermissions(llGetOwner(), PERMISSION_TRIGGER_ANIMATION);
}
```

Fonte: Elaborado pela autora.

A variável “masterKey” recebe o código do proprietário UUID, da função “llGetOwner”, a “iniPos” relaciona a posição inicial do NPC, a variável “npc” recebe a função “osNpcCreate” para a criação do agente NPC na posição inicial, a “avatars” recebe a “osGetAvatarList” com a posição e nome de cada avatar na região. A “listenChannel” recebe da “llGetListLength” os elementos da lista “avatars”, a “llListen” escuta o canal para a realização de ações, por exemplo, animação, chat, entre outros. A “llSensorRepeat” detecta a presença de um objeto ou avatar no seu raio de alcance e “llRequestPermissions” permite a exibição das animações do NPC.

A integração da base de conhecimento do agente inteligente ELAI ao agente pedagógico animado só foi possível com a utilização de scripts na linguagem OSSL. Dessa forma, para que houvesse a comunicação através do chat do usuário com o agente pedagógico animado, foi necessária a inserção de sensores para a captura das mensagens de texto (esses sensores também são utilizados para definir as ações do agente pedagógico animado).

A base de conhecimento foi criada com a finalidade de auxiliar o usuário de forma geral, não respondendo perguntas prontas de atividades e no caso de não saber alguma resposta, induz novos questionários ao usuário, até que seja possível solucionar suas dúvidas. Esta base foi criada e organizada com classes na notação AIML, como é possível observar na Figura 24.

Figura 24 - Definição de uma classe na notação AIML sobre um tópico específico

```

1 <aiml>
2 ...
3 <category>
4 <pattern> ataque ssh * </pattern>
5 <template>
6 <srai>tempRef</srai>
7 </template>
8 </category>
9 <category>
10 <pattern>tempRef</pattern>
11 <template>
12 O programa lê um arquivo e realiza o ataque por uma via de acesso
    ao servidor. No conteúdo do arquivo utilizado, são configurados
    letras e números em diversas línguas, incluindo o português.
    Existem também algumas bases de usuário/senha que estão disponíveis
    em sítios na Internet e vários atacantes estão montando suas
    próprias listas e ferramentas para utilizar esse ataque. Essa
    atividade maliciosa é uma estratégia de invasão ao seu servidor com
    o intuito recuperar informações confidenciais ou utilizá-lo para
    realizar outros ataques.
13 </template>
14 </category>
15 </aiml>

```

Fonte: (HERPICH, 2015) e adaptado pela autora.

A Figura 25 apresenta a conexão do APA com o PandoraBots.

Figura 25 – Scripts implementados no APA para conexão com o PandoraBots

```

botid="db39c80d1e340cc3":
    requestid = llHTTPRequest("http://www.pandorabots.co
m/pandora/talk-xml?botid="+botid+"&input="+llEscapeURL(msg)+
"&custid="+cust,[HTTP_METHOD,"POST"], "");

cust_begin=llSubStringIndex(body, "custid=");
cust=llGetSubString(body, cust_begin+8, cust_begin+23);
that_begin = llSubStringIndex(body, "<that>");
that_end = llSubStringIndex(body, "</that>");
reply = llGetSubString(body, that_begin + 6, that_end - 1);
newreply = SearchAndReplace(reply, "%20", " ");
reply = newreply;
newreply = SearchAndReplace(reply, "&quot;", "\"");
reply = newreply;
newreply = SearchAndReplace(reply, "&lt;br&gt;", "\n");
reply = newreply;
newreply = SearchAndReplace(reply, "&gt;", ">");
reply = newreply;
newreply = SearchAndReplace(reply, "&lt;", "<");

osNpcSay (npc, newreply);

```

Fonte: (OUTWORLDZ, 2016) e adaptado pela autora.

Na figura 25, a linha segmenta duas etapas do agente: na primeira é definida o código “botid”, identificador do *chatterbot* que é implementado no PandoraBots e a requisição do agente para acessar as classes AIML. A segunda etapa é responsável pelo retorno da informação solicitada pelo estudante, como na Figura 26.

Figura 26 - Interação do agente e o estudante



Fonte: Elaborado pela autora.

A comunicação do agente com o usuário ocorreu através do canal “/12” do *chat*, o qual fez uma requisição à base de conhecimento, retornando uma informação pré-definida.

Quanto à criação e inserção de áudios no agente pedagógico animado, o processo é descrito na próxima seção.

6.2.1 Criação e inserção de áudios no agente pedagógico animado APEC

Pretendendo tornar o agente pedagógico animado mais comunicativo e receptivo, foram inseridos alguns áudios, como já informado anteriormente.

Os áudios foram gravados por uma voz masculina no formato WAVE (.wav), formato de som atual suportado pelo OpenSim, que delimita o seu tempo máximo de 10 segundos. Esses áudios foram armazenados no inventário do mundo virtual.

Para a reprodução dos áudios foi introduzido um sensor no agente pedagógico animado, que primeiramente identifica a presença do usuário e se comunica no momento da seleção de um *emoticon*. Ainda, reproduz os áudios no momento da saída do usuário do ambiente virtual, tendo ele finalizado ou não o percurso de atividades. No Quadro 7 é possível observar as falas do agente pedagógico animado.

Quadro 7 - Roteiro de áudios do agente pedagógico animado

No início do percurso de atividades:		No final do percurso de atividades	
Emoção positiva	<p>APEC: Seja bem-vindo ao Mundo Virtual TCN⁵!</p> <p>APEC: Sou o APEC (Agente Pedagógico Animado).</p> <p>APEC: Vou acompanhar você durante o percurso dentro do ambiente.</p> <p>APEC: No qual você deve ler os slides, os textos, assistir aos vídeos, visualizar as imagens e após realizar as atividades e os questionários.</p> <p>APEC: Ao finalizar todas atividades será exibido um feedback das suas interações.</p> <p>APEC: Me acompanhe!</p>	Finalizar percurso e sair	<p>APEC: Agradeço seu estímulo dentro do ambiente! Espero que tenha gostado!</p> <p>APEC: Até breve!</p>
Emoção negativa	<p>APEC: Se anime! Vamos lá!</p> <p>APEC: Seja bem-vindo ao Mundo Virtual TCN⁵!</p> <p>APEC: Sou o APEC (Agente Pedagógico Animado).</p> <p>APEC: Vou acompanhar você durante o percurso dentro do ambiente.</p> <p>APEC: No qual você deve ler os slides, os textos, assistir aos vídeos, visualizar as imagens e após realizar as atividades e os questionários.</p> <p>APEC: Ao finalizar todas atividades será exibido um feedback das suas interações.</p> <p>APEC: Me acompanhe!</p>	Não finalizar e sair	<p>APEC: Por que deseja sair?</p> <p>APEC: Finalize suas atividades! Já está terminando!</p> <p>APEC: Vamos lá!</p>

Fonte: Elaborado pela autora.

Os áudios reproduzidos pelo agente (Figura 27), foram inseridos através de *scripts*.

Figura 27 - Interação do agente através de áudios.



Fonte: Elaborado pela autora.

Na Figura 28 é exibido o *script* que reproduz as falas no início do percurso de atividades, conforme o humor selecionado pelo estudante.

Figura 28 - Script para as falas do agente APEC

```
listen(integer channel, string name, key id, string msg)
{
  if(channel==777)
  {
    tipo = name;

    if(cont)
    {
      llSetTimerEvent(0.0);
      llStopSound();
      llSay(0, "Finish");
    }
    else
    {
      if(tipo == "Triste" || tipo == "Medo" || tipo == "Preocupado")
      {
        cont = 0;
      }
      else
      {
        if(tipo == "Feliz" || tipo == "Alegre" || tipo == "Orgulhoso")
        {
          cont = ([] != som);
        }
      }

      llPreloadSound(llList2String(som, cont));
      llPlaySound( llList2String(som, cont), 1.0);
      osNpcPlayAnimation("talk");
      llSay(0, "llList2String( som, cont)+"llList2String( som, cont));
      llResetTime();
      llSetTimerEvent(8.9);
    }
  }
}
```

Fonte: Elaborado pela autora.

A função “*listen*” é executada cada vez que o estudante tocar um *emoticon* (objeto). Ao tocar o *emoticon*, a função “*touch_start*” vai enviar uma mensagem, como “*llSay* (777, “feliz”), no canal 777 (Figura 29) para a função “*listen*” escutar e então reproduzir o áudio.

A função “*llPlaySound*” é responsável por essa reprodução, então chama a variável “*som*”, que é do tipo *lista* e armazena os áudios que estão no inventário, conforme sua ordem. A função “*llPreloadSound*” é responsável por pré-carregar o áudio no alcance do estudante e a função “*llSetTimerEvent()*” é responsável pelo tempo de cada áudio.

Figura 29 - Script de seleção do emoticon

```
touch_start(integer total_number)
{
    llResetTime();

    llSay(777, "feliz");
}
```

Fonte: Elaborado pela autora.

Para o *script* das falas do final do percurso de atividades, o que muda é a condição “*if*”, para verificar se finalizou todas as atividades ou se deseja sair sem finalizar.

Ao finalizar o processo de implementação do agente pedagógico verificou-se que os objetivos de criação e adaptação com base de conhecimento do agente inteligente ELAI foram alcançados.

No capítulo 7 é apresentada a avaliação e análise dos resultados.

7 APEC - AVALIAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo está descrita a realização das avaliações, bem como a análise dos resultados obtidos com este trabalho, salientando que este estudo teve como objetivo principal o desenvolvimento do agente pedagógico animado afetivo APEC, com expressões faciais e corporais, e interativo por meio de áudios e *chat* no mundo virtual TCN⁵. Para que esse objetivo fosse alcançado, foram modeladas expressões faciais e corporais conforme as emoções propostas na pesquisa, além da interatividade através de áudios e mensagens via *chat*, com a adaptação da base de conhecimento do agente ELAI e algumas alterações no cenário do MV, como os *emoticons*.

Para verificar possíveis melhorias no agente pedagógico animado, foram realizadas questões sobre o seu desenvolvimento para, após, aplicar a avaliação da qualidade do produto - agente pedagógico animado.

Na seção 7.1 são apresentadas questões de desenvolvimento do agente pedagógico animado, na seção 7.2 é mostrada a avaliação da qualidade do produto e na seção 7.3, as ameaças à validade da pesquisa.

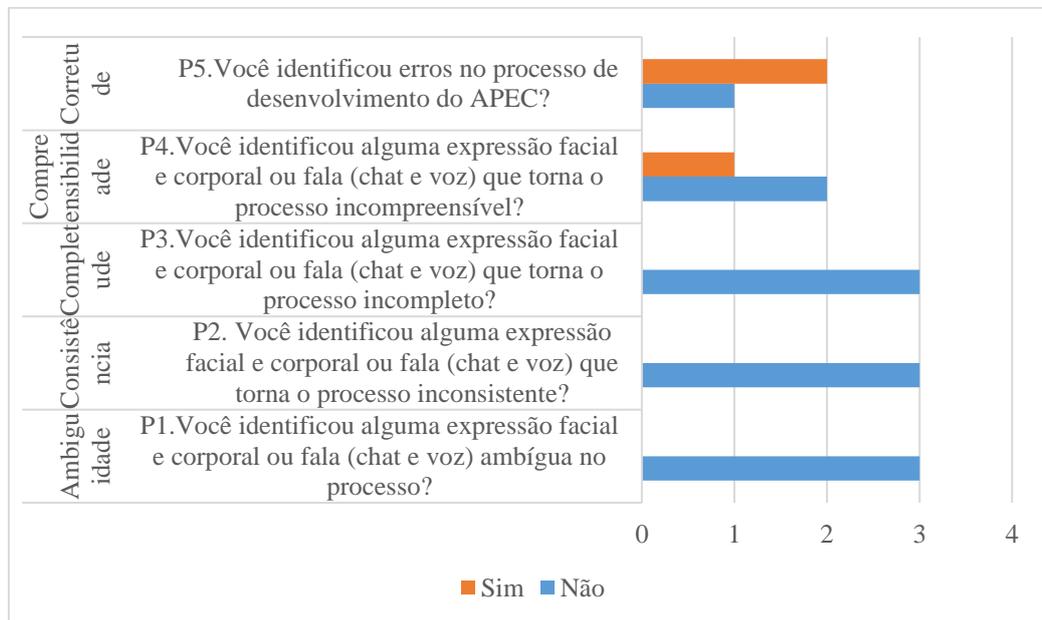
7.1 QUESTÕES DE DESENVOLVIMENTO - AGENTE PEDAGÓGICO ANIMADO

Para verificar se o APEC apresentava problemas no seu desenvolvimento, foi feito um questionário, do qual participaram 3 especialistas, estudantes da área de computação, com conhecimento na disciplina de redes de computadores, os quais pesquisam e estudam sobre mundos virtuais e agentes. Os especialistas se colocaram na posição de criador do agente pedagógico animado para analisar seu desenvolvimento, respondendo o questionário de desenvolvimento do APEC do Apêndice B.

De acordo com o método definido na seção 5.6.1, procurou-se verificar o desenvolvimento do APEC em relação à ambiguidade, consistência, completude, compreensibilidade, corretude, usabilidade e utilidade. Na figura 30 é possível observar os resultados em relação à ambiguidade, consistência, completude, compreensibilidade, corretude.

A respeito da primeira pergunta (P1), os usuários foram questionados se identificaram alguma expressão facial e corporal ou fala (*chat* e *voz*) ambíguos. Do total de três especialistas, todos afirmaram que não identificaram nenhuma ambiguidade.

Figura 30 - Gráfico de desenvolvimento do APEC, conforme: ambiguidade (P1), consistência (P2), completude (P3), compreensibilidade (P4), corretude (P5)



Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação à segunda pergunta (P2), foi questionado aos usuários se identificaram alguma expressão facial e corporal ou fala (*chat* e voz) que tornasse o desenvolvimento inconsistente. Neste sentido, os especialistas responderam que não detectaram nenhuma inconsistência no desenvolvimento do APEC.

Sobre a terceira pergunta (P3), os usuários foram questionados se identificaram alguma expressão facial e corporal ou fala (*chat* e voz) que tornasse o desenvolvimento incompleto. Os especialistas responderam que o desenvolvimento estava completo.

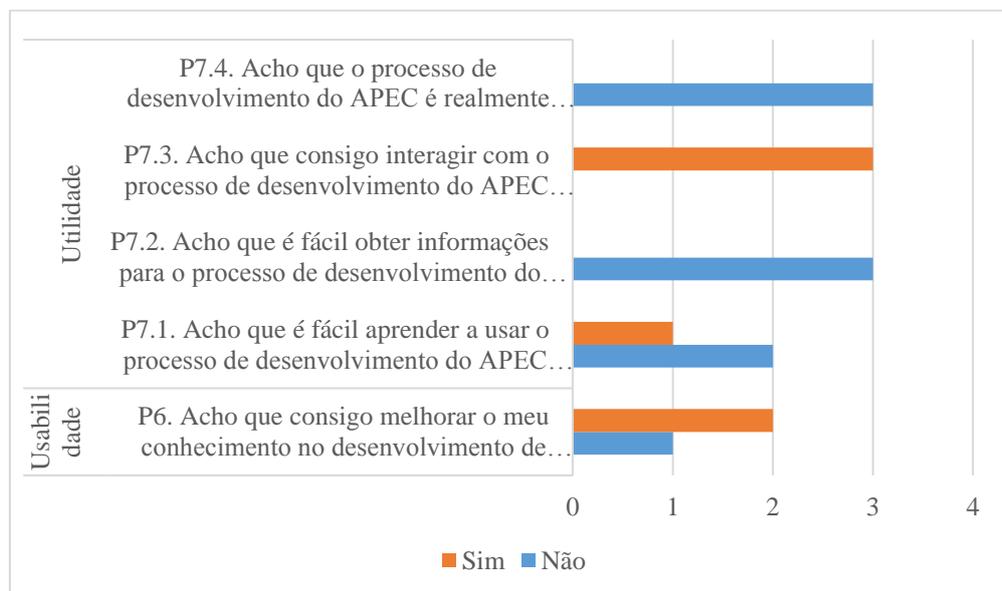
A respeito da quarta pergunta (P4), os usuários foram questionados se identificaram alguma expressão facial e corporal ou fala (*chat* e voz) que o tornasse incompreensível. Do total de três especialistas, dois afirmaram que as expressões faciais e corporais ou falas (*chat* e voz) do APEC eram compreensíveis. Entretanto, um especialista respondeu que a modelagem da expressão de alívio prejudicava a compreensibilidade de tal expressão. Para a confecção da animação do movimento dos braços foi utilizada a ferramenta QAvimator que, para essa animação era considerada adequada, mas quando inserida no mundo virtual Opensim, apresentava algumas limitações que impediram a animação por completo.

Em relação à quinta pergunta (P5), foi questionado aos usuários se identificaram erros no desenvolvimento do APEC. Neste sentido, dois especialistas responderam que não detectaram nenhum erro no desenvolvimento do APEC. Porém, um informou que detectou

erros no momento da troca de expressão de neutralidade para, por exemplo, alívio e outro erro detectado foi nos áudios com tempos menores de 10 segundos. Os erros informados foram detectados, porém, não corrigidos até o momento da avaliação final. O erro dos áudios ocorreu porque os mesmos estavam numa *lista* e eram reproduzidos conforme a sua ordem e tempo pré-definidos, caso alterasse a ordem estabelecida, impactava em todos os áudios. Já o erro na troca de expressão de neutralidade para outra, ocorreu devido à opção de vestir, que estava no *notecard* e necessitava de um certo tempo para fazer tal troca de aparência.

Na figura 31 é possível observar os resultados em relação usabilidade e utilidade.

Figura 31 - Gráfico de desenvolvimento do APEC, conforme: usabilidade (P6) e utilidade (P7)



Fonte: Elaborado pela autora.

A respeito da sexta pergunta (P6) sobre usabilidade, os usuários foram questionados se conseguiriam melhorar os seus conhecimentos no desenvolvimento de agentes, entendendo o processo de desenvolvimento APEC. Do total de três especialistas, dois responderam que sim, que o método utilizado para o desenvolvimento do agente poderia ser usado para criar agentes em outros mundos virtuais Opensim. Já um especialista respondeu que não, devido às limitações do mundo virtual Opensim, que dificulta melhorias na confecção de animações.

As perguntas P7.1, P7.2, P7.3 e P7.4 são relacionadas a utilidade de desenvolvimento do APEC.

Em relação à pergunta (P7.1), foi questionado aos usuários se era fácil aprender a usar o desenvolvimento do APEC com as suas interações. Neste sentido, dois especialistas responderam que não era fácil devido à falta de documentação disponível para configurar o Opensim para a funcionalidade do APEC. Um especialista informou que acha fácil, pois tem um maior conhecimento sobre agentes, mas sabe das limitações para configurar o Opensim e fazer funcionar o APEC em outra região.

Sobre a pergunta (P7.2), foi questionado aos usuários se era fácil obter informações para o desenvolvimento do APEC. Em relação a esta pergunta, todos os especialistas responderam que não era fácil, pois conforme as situações eram necessárias informações de *scripts* da linguagem LSL do Second Life para algumas funcionalidades do APEC ou até mesmo de outras linguagens. Muitos dos *scripts* utilizados para as animações foram utilizados da linguagem LSL.

Em relação à questão (P7.3), foi perguntado aos usuários se eles conseguiram interagir com o desenvolvimento do APEC de modo claro e compreensível. Neste sentido, os três especialistas responderam que sim, que era possível interagir com o processo desenvolvimento do APEC de modo claro e compreensível.

A respeito da pergunta (P7.4), os usuários foram interrogados se o desenvolvimento do APEC é realmente fácil de adaptar para outros mundos virtuais. Os três especialistas informaram que não, principalmente as aparências, que são vestidas pelo *notecard*.

Como sugestões, os especialistas recomendaram melhorias nos movimentos dos braços do APA feitos na ferramenta QAviator e no tempo da reprodução dos áudios menores de 10 segundos. Com o prazo reduzido para as avaliações finais, não foi possível realizar os ajustes do agente APEC com as observações visualizadas até este momento.

Essa seção buscou investigar possíveis melhorias a serem implementadas no desenvolvimento do APEC, a partir de observações realizadas por especialistas. Desta forma, os resultados em relação à ambiguidade, consistência, completude, compreensibilidade, usabilidade e utilidade foram considerados positivos, pois não apresentaram nenhuma incompatibilidade com o desenvolvimento do APEC. Já em relação a corretude, os resultados foram considerados negativos, pois apresentaram necessidades de melhorias na expressão de alívio e em alguns áudios.

Na próxima seção será apresentada a avaliação da qualidade do produto – agente pedagógico animado, realizado por dez estudantes de redes de computadores.

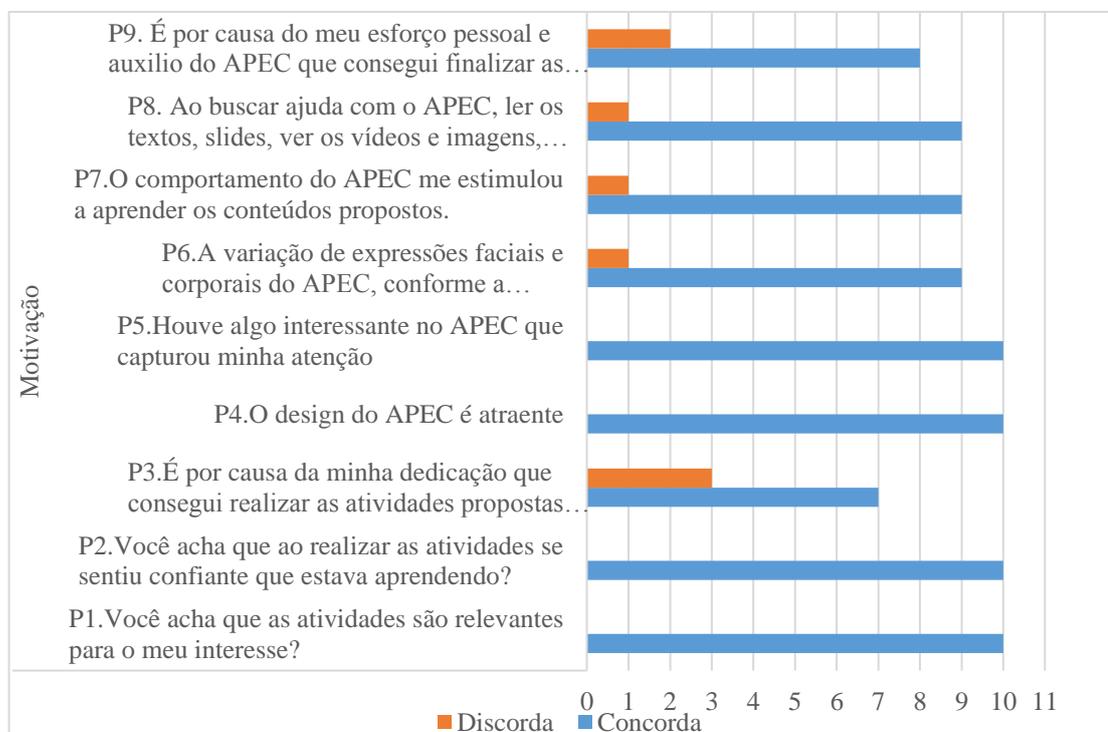
7.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO PRODUTO - AGENTE PEDAGÓGICO ANIMADO

A avaliação da qualidade do produto ocorreu por meio de testes com o agente pedagógico animado imerso no mundo virtual TCN⁵, com especialistas, estudantes da área de computação, todos com conhecimento na disciplina de redes de computadores. Nesse caso, os especialistas se colocaram na posição de estudantes de redes de computadores para analisar a qualidade do produto, respondendo o questionário de avaliação do Apêndice C.

Essa análise obteve a participação de 10 estudantes. De acordo com o método definido na seção 5.6, que procurou avaliar o objetivo da qualidade do produto - agente pedagógico animado no geral - APA, atividades, mundo virtual, por meio da compreensão dos estudantes em relação à motivação, experiência e aprendizagem.

Na figura 32 foi avaliada a qualidade do produto em relação à motivação que procurou abordar questionamentos sobre satisfação, confiança, relevância e atenção dos estudantes.

Figura 32 - Gráfico de avaliação da qualidade do produto - agente pedagógico animado - motivação



Fonte: Elaborado pela autora.

A respeito da primeira pergunta (P1), os usuários foram questionados se as atividades eram relevantes para os seus interesses. Do total de dez estudantes, todos concordaram, pois, os assuntos eram relevantes aos seus interesses, já que tratavam de temas relacionados a proteção de dispositivos eletrônicos e segurança na internet.

Em relação à segunda pergunta (P2), os usuários foram questionados se, ao realizar as atividades, se sentiram confiantes que estavam aprendendo. Os dez estudantes concordaram, informando que a presença de diversos recursos didáticos e o acompanhamento do agente promoveu uma maior confiança na realização das atividades.

Sobre a terceira pergunta (P3), os usuários foram questionados se foi devido à sua dedicação que conseguiram realizar as atividades propostas pelo APEC. Sete estudantes afirmaram que se dedicaram a realizar as atividades propostas e que o agente contribuiu com essa dedicação e três não concordaram. Dos que não concordaram, eles informaram que realizaram as atividades conforme aprenderam, com os recursos didáticos e com os seus conhecimentos, mas não retornaram em algum assunto quando tiveram dúvidas nas respostas.

Em relação à quarta pergunta (P4), os usuários foram questionados se o *design* do APEC era atraente. Os dez estudantes concordaram com a pergunta, mas alguns informaram que os *designs* das salas poderiam ser modificados, como a disposição das classes na segunda sala ou a disposição de todos recursos didáticos dentro de apenas uma sala.

A respeito da quinta pergunta (P5), os usuários foram questionados se houve algo interessante no APEC que capturou a sua atenção. Todos concordaram, informando que as expressões exibidas pelo agente prenderam as suas atenções.

Sobre a sexta pergunta (P6), os usuários foram questionados se a variação de expressões faciais e corporais do APEC, conforme a apresentação dos conteúdos ou de atividades, ajudou a se manter atento. Nove estudantes concordaram e um estudante discordou, visto que as expressões do agente chamaram a sua atenção, mas não o ajudaram a ficar mais atento na resolução das atividades.

Em relação à sétima pergunta (P7), os usuários foram questionados se o comportamento do APEC estimulou-os a aprender os conteúdos propostos. Do total de dez estudantes, nove afirmaram que sim e um não concordou. Este informou que talvez pelo seu conhecimento nos conteúdos ser avançado, não percebeu nenhum estímulo do agente. Dos nove estudantes que concordaram, dois mencionaram que pensaram em desistir de realizar o percurso de atividades em determinadas situações, porém o agente estimulou-os a permanecer no ambiente e a realizar as atividades. No geral, estes que concordaram, relataram que as expressões apresentadas pelo agente foi o que mais os estimulou a aprender.

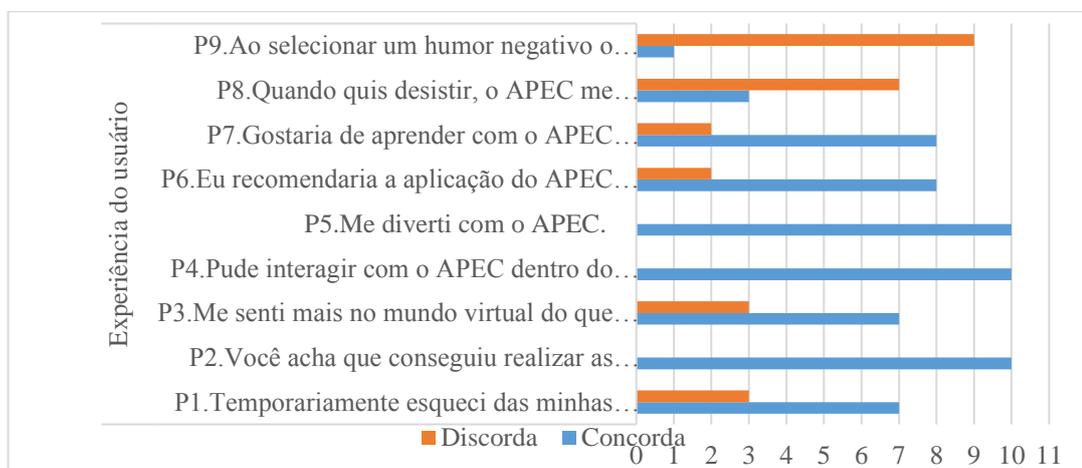
A respeito da oitava pergunta (P8), os usuários foram questionados se ao buscar ajuda com o APEC, ler os textos, slides, ver os vídeos e imagens, sentiram-se confiantes de que estavam aprendendo. Do total de dez estudantes, nove concordaram com a afirmação de que, em algum momento, buscaram sanar as suas dúvidas com o agente. Um estudante discordou, pois disse que não teve dúvidas, mencionando que o conteúdo era de fácil entendimento.

Sobre a nona pergunta (P9), os usuários foram questionados se era por causa do seu esforço pessoal e auxílio do APEC que conseguiram finalizar as tarefas e atividades propostas. Nesse caso, oito estudantes concordaram com a afirmação e dois não concordaram. Esses que não concordaram, disseram que os conteúdos eram fáceis e que quiseram contribuir com a pesquisa. Um destes dois estudantes informou que tirou dúvidas com o agente para verificar o seu conhecimento.

Os resultados alcançados com a qualidade do produto em relação à motivação dos estudantes foram positivos quanto à confiança, dedicação e atenção no APA como todo (agente, atividades e mundo virtual), além da atenção, estímulo, confiança, esforço e auxílio do agente. Desta forma, pode-se perceber que os estudantes se sentiram estimulados a aprender com a colaboração do APA e que sua contribuição foi um reforço fundamental para o desempenho dos mesmos no MV, pois a aprendizagem nesse ambiente, sem o incentivo de um agente, pode levar ao desinteresse.

Na figura 33 foi avaliada a qualidade do produto em relação à experiência do usuário, que procurou abordar questionamentos sobre imersão, competência, desafio e divertimento.

Figura 33 - Gráfico de avaliação da qualidade do produto - agente pedagógico animado - experiência do usuário



Fonte: Elaborado pela autora.

A respeito da primeira pergunta (P1), os usuários foram questionados se temporariamente, esqueceram das suas preocupações do dia a dia, ficando totalmente concentrados no APEC, para perceberem as suas expressões. Do total de dez estudantes, sete concordaram e três discordaram. Dos que discordaram, um informou que tinha muito barulho no laboratório, dificultando a sua avaliação e os demais buscaram prestar atenção para visualizar as expressões no agente, mas não totalmente.

Em relação à segunda pergunta (P2), os usuários foram questionados se consideraram que solucionaram as atividades com a ajuda do APEC e com os seus conhecimentos. Todos concordaram e ainda alguns relataram que o agente ajudou na resolução das atividades, nos momentos de dúvidas.

Sobre a terceira pergunta (P3), os usuários foram questionados se se sentiram mais no mundo virtual do que no mundo real, esquecendo o que estava ao seu redor, devido às animações do APEC. Neste sentido, sete estudantes concordaram com a pergunta, porém, três informaram que era impossível, devido ao ambiente e afazeres particulares.

Em relação à quarta pergunta (P4), os usuários foram questionados se puderam interagir com o APEC dentro do mundo virtual. Todos os estudantes confirmaram que interagiram com o agente.

A respeito da quinta pergunta (P5), os usuários foram questionados se se divertiram com o APEC. No total, todos concordaram que era divertido aprender com um agente pedagógico animado, devido as suas emoções e interações através de áudios e mensagens no *chat*.

Sobre a sexta pergunta (P6), os usuários foram questionados se recomendariam a aplicação do APEC para aprender outras disciplinas. Neste sentido, três estudantes informaram que não saberiam responder, mas dependeria do contexto e os demais concordaram, pois, desta forma, seria mais fácil a aprendizagem.

Em relação à sétima pergunta (P7), os usuários foram questionados se gostariam de aprender com o APEC novamente. Neste caso, oito estudantes concordaram, mencionando que gostariam de aprender com o APEC novamente, já dois discordaram, sendo indiferentes.

A respeito da oitava pergunta (P8), os usuários foram questionados se quando quiseram desistir, o APEC estimulou-os a continuar no mundo virtual e realizar as atividades até o final. Neste caso, sete estudantes discordaram, pois em nenhum momento tentaram desistir, já os três que concordaram, informaram que queriam visualizar a reação do agente ao tentar sair do ambiente, sem ter finalizado as atividades, mas após continuaram no MV.

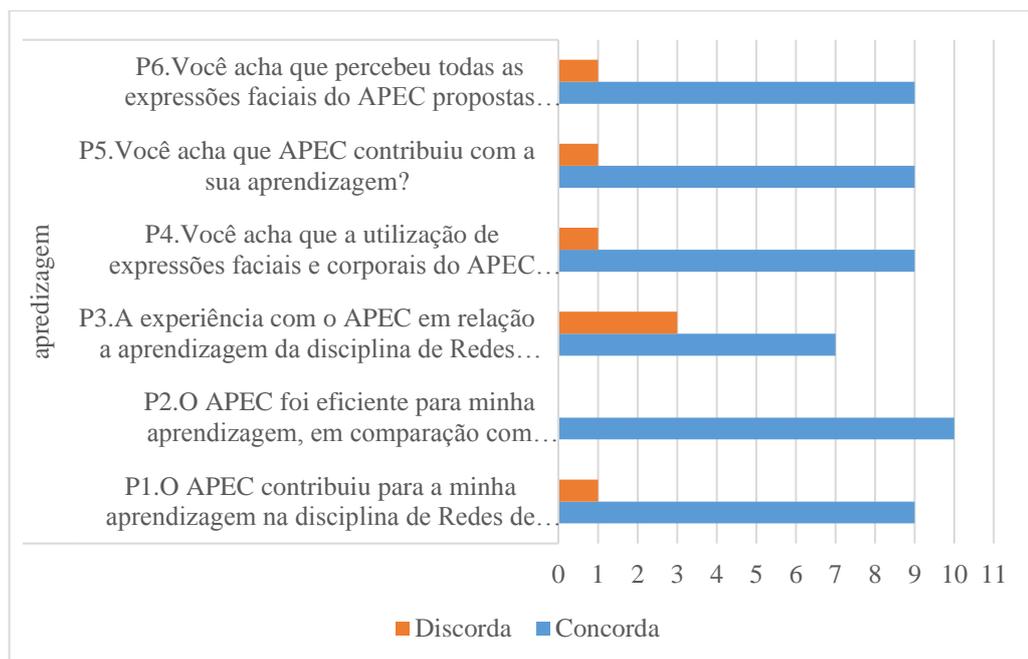
Sobre a nona pergunta (P9), os usuários foram questionados se, ao selecionarem um humor negativo, o APEC estimulou-os a participar das atividades. Nessa pergunta apenas um

estudante selecionou um humor negativo e informou que o agente buscou a estimulá-lo, já os demais não concordaram, pois, os seus humores eram positivos, sendo indiferentes.

A avaliação da qualidade do produto sobre a experiência do usuário foi considerada boa, pois os questionamentos que se referiam a imersão, desafio, confiança e divertimento foram respondidos positivamente. Neste sentido, percebeu-se que as experiências dos estudantes com o agente pedagógico animado foram animadoras, visto que o APEC prendeu a atenção dos estudantes, contribuiu, estimulou e incentivou a aprendizagem, através de expressões faciais e corporais que buscavam atrair os estudantes a permanecer no ambiente e a realizar as atividades propostas.

Na figura 34 foi avaliada a qualidade do produto em relação à aprendizagem do estudante.

Figura 34- Gráfico de avaliação da qualidade do produto – agente pedagógico animado – aprendizagem



Fonte: Elaborado pela autora.

A respeito da primeira pergunta (P1), os usuários foram questionados se o APEC contribuiu com a sua aprendizagem na disciplina de Redes de Computadores. Do total, nove concordaram e apenas um discordou, sendo indiferente em sua resposta.

Em relação à segunda pergunta (P2), os usuários foram questionados se o APEC foi eficiente para a sua aprendizagem, em comparação com outras atividades da disciplina. No geral, todos concordaram, informando que em algum momento, o agente foi eficiente.

Sobre a terceira pergunta (P3), os usuários foram questionados se as experiências com o APEC em relação à aprendizagem da disciplina de Redes de Computadores, iriam contribuir para os seus conhecimentos profissionais. Neste sentido, sete estudantes informaram que sim, pois foi instigador, divertido e animador aprender com um agente pedagógico animado. Os que não concordaram, foram indiferentes.

Em relação à quarta pergunta (P4), os usuários foram questionados se consideraram que a utilização de expressões faciais e corporais do APEC vieram a estimular seus conhecimentos. Nove estudantes concordaram, mencionando que foram desafiados a aprender com o agente, porém um estudante relatou que não se sentiu estimulado a aprender com o agente nesse MV, mas no caso de um jogo, ele disse que sim.

A respeito da quinta pergunta (P5), os usuários foram questionados se consideraram que APEC contribuiu com os seus aprendizados. No geral, nove concordaram e apenas um discordou. Os que concordaram, informaram que o agente buscou de algum modo, contribuir com a aprendizagem, chamando a atenção, estimulando a realização de atividades, tirando dúvidas, entre outros.

Sobre a sexta pergunta (P6), os usuários foram questionados se consideraram que perceberam todas as expressões faciais do APEC, propostas durante o tempo que levaram para a realização das atividades. Neste momento, nove estudantes concordaram e apenas um discordou, informando que se distraiu e não percebeu uma das emoções.

A aprendizagem da qualidade do produto resultou positivamente, visto que o agente pedagógico animado buscou interagir, estimular, dinamizar, motivar e entusiasmar os estudantes em seus aprendizados. Desta forma, verificou-se que a aprendizagem com a presença do agente pedagógico animado APEC no mundo virtual TCN⁵ foi significativa para os estudantes de redes de computadores.

Nas perguntas abertas tentou-se identificar, junto aos estudantes, em quais momentos o agente apresentou emoções e quais seriam essas emoções.

Conforme as observações realizadas pelos estudantes, foram percebidas as emoções no agente durante a realização de atividades e no momento de dúvidas, como alegria, decepção, gratidão e esperança. Portanto, as emoções eram verificadas conforme a realização ou não das atividades. Desta forma, algumas destas não foram percebidas ou visualizadas ou até mesmo não identificadas, talvez pelo fato de a emoção não ter ficado clara para o estudante.

Em outro momento foi perguntado sobre os pontos fortes observados pelos estudantes no agente pedagógico animado. Nesta, informaram os estímulos proporcionados na realização das atividades e na permanência no MV, o auxílio no caso de dúvidas e a presença das emoções.

Na última pergunta realizada, sugeriu-se melhorias no APA, cujas respostas resultaram em recomendações sobre a alteração de algumas emoções, para que o conjunto de expressões fossem exibidos ao mesmo tempo, a inserção de outras emoções na entrada como um aperto de mão e, ao sair, um abano de “tchau”, ajuste no tempo de reprodução dos áudios e a inserção da comunicação por voz do usuário com o agente.

Na seção a seguir são apresentadas ameaças à validade da pesquisa.

7.3 AMEAÇAS À VALIDADE DA PESQUISA

Os resultados alcançados com esta pesquisa foram expostos com precauções, considerando ameaças à sua validade.

A avaliação da qualidade do produto apresentou um número pequeno de participantes, podendo comprometer os resultados. Esse número foi baixo devido à quantidade de estudantes com conhecimento em redes de computadores e que estavam dispostos a realizar a avaliação. Outro fator determinante foi a dificuldade enfrentada com o sinal da *internet* e configuração da rede, que não permitiu que estudantes de fora da Universidade Federal de Santa Maria, com esses conhecimentos, realizassem a avaliação no ambiente, na data estipulada. Porém, essas ameaças foram reduzidas, devido à avaliação ser realizada por especialistas e não por estudantes da disciplina de redes de computadores, assim não sendo avaliado em âmbito real.

No capítulo 8 é descrita a conclusão deste trabalho.

8 CONCLUSÃO

Com o propósito de diversificar o processo de ensino e aprendizagem, a partir da utilização dos recursos tecnológicos disponíveis nos meios de ensino, foram pesquisadas formas de integrar agentes de *software* em mundos virtuais 3D. Considera-se, a partir das pesquisas, que MV são ambientes que possibilitam simulações reais ou fictícias, em que os usuários são capazes de imergir, manipular e interagir com artefatos e outros usuários e, desta forma, ampliar as possibilidades e estratégias de aprendizagem. Nesse sentido, percebeu-se a necessidade de integrar APA em mundos virtuais, a fim de auxiliar na realização das atividades.

Diante dessa percepção, este trabalho abordou a implementação de um agente pedagógico animado afetivo APEC, com características emocionais, a fim de contribuir com a aprendizagem dos estudantes de redes de computadores, que passarão a dispor de computação afetiva no mundo virtual TCN⁵. Desta forma, o APA contou com características de CA, de modo que o estudante pudesse perceber entusiasmo, fascínio, interesse em aprender imerso no mundo virtual.

Para a contribuição e definição da problemática e tema dessa pesquisa, foi realizado um mapeamento sistemático, com a finalidade de identificar trabalhos que tratassem sobre modelos de emoções em agentes pedagógicos, nos períodos de 2011 a 2015. Desse mapeamento, resultaram 18 trabalhos com maior relevância, que abordavam sobre diferentes modelos de emoções utilizados em agentes pedagógicos animados.

A partir desse estudo, foi definido que as emoções seguiriam os modelos OCC e Ekman, para a modelagem das diferentes expressões faciais e corporais do APA. As emoções aplicadas no agente foram definidas através de um questionário, o qual foi aplicado a dois grupos de pesquisa, (Grupo de Redes e Computação Aplicada - GRECA e estudantes do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Educacionais em Redes) sendo respondido por 21 professores e estudantes. Dentre as emoções propostas pelos dois modelos, as escolhidas para serem aplicadas no APA foram: alegria, satisfação, alívio, felicidade, esperança, decepção e gratificação.

O APA foi criado através de um NPC e adaptado à base de conhecimento do agente inteligente ELAI. Suas expressões foram modeladas conforme as características de cada emoção, utilizando animações da linguagem LSL, animações feitas com o auxílio da ferramenta QAvimator e a opção de “vestir” do Opensim. Para a gravação dos áudios foi utilizado o programa Audacity.

Para que o APA identificasse e se comunicasse com o estudante foi criado o estado de humor: os *emoticons*. O *emoticon* (emoção positiva: felicidade, alegria e orgulho, e negativa: tristeza, medo e preocupação) era selecionado pelo estudante, logo que entrava no MV.

Como contribuições para esta pesquisa destacam-se: implementação do agente pedagógico animado APEC com características afetivas; integração do APA com a base de conhecimento do agente inteligente ELAI referente a tópicos de segurança de redes; implementação de áudios ao APA; criação dos *emoticons*, atribuindo-os ao estado de humor dos estudantes; e a avaliação da qualidade do produto - agente pedagógico animado no geral.

A fim de promover melhorias no desenvolvimento do agente pedagógico animado APEC, foram realizadas questões neste sentido, que contaram com a participação de 3 especialistas, estudantes da área de computação, com conhecimento na disciplina de redes de computadores e que pesquisam e estudam sobre mundos virtuais e agentes. Estes assumiram o papel de criadores do agente pedagógico animado, a fim de responder um questionário. Os resultados obtidos foram considerados positivos em relação à ambiguidade, consistência, completude, compreensibilidade, usabilidade e utilidade, pois não apresentaram nenhuma incompatibilidade com o desenvolvimento do APEC. Já em relação a corretude, os resultados foram considerados negativos, pois apresentaram necessidades de melhorias na expressão de alívio e em alguns áudios, nos quais não foram possíveis correções até o momento da avaliação.

Na avaliação da qualidade do produto - agente pedagógico animado no geral, contou-se com a participação de 10 especialistas, estudantes da área de computação com conhecimento na disciplina de redes de computadores. Estes se colocaram na posição de estudantes de redes de computadores para analisar a qualidade do produto, respondendo um questionário de avaliação. Os resultados obtidos indicaram que o agente pedagógico animado no geral proporcionou motivação, experiência do usuário e aprendizagem, porém os resultados só vão ser confirmados quando aplicados com estudantes reais.

Entre as limitações encontradas estão: falhas na animação dos braços para expressão de alívio, erro na troca de expressão de neutralidade para, por exemplo, alívio e nos áudios com tempos menores de 10 segundos. Além das dificuldades com o sinal de *internet* e configuração de rede para avaliações que poderiam ser realizadas fora da universidade Federal de Santa Maria, no momento da avaliação final.

Como trabalhos futuros propõem-se a inserção de outras expressões faciais e corporais no agente pedagógico animado, bem como explorar melhorias para a modelagem de seu comportamento e também ajustes no tempo definido para cada áudio. Além de uma interação verbal por voz entre o agente pedagógico animado e o usuário.

A implementação do APA no mundo virtual TCN⁵ permitiu uma maior motivação ao estudante, estimulando a aprendizagem e sendo um reforço fundamental para o desempenho dos mesmos, pois um MV sem a presença de um APA pode levar ao desinteresse. Para os avaliadores, o APA com suas expressões faciais e corporais possibilitaram desenvolver habilidades como confiança, estímulo, incentivo, dedicação, atenção em sua proposta. Portanto verificou-se que a aprendizagem, com a presença do agente pedagógico animado APEC no mundo virtual TCN⁵, foi significativa para os estudantes de redes de computadores.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, E. V. B. **Aprimoramento das Habilidades Cognitivas de Resolução de Problemas com o Apoio de um Agente Conversacional**. 2011. 200p. Tese (Doutorado em Informática na Educação)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 2011.
- AGUIAR, E. V. B. As novas tecnologias e o ensino-aprendizagem. **VÉRTICES**, Campos dos Goytacazes, v.10, n.1, p. 63-72, 2008.
- ARAMBURÚ, L. G. C. **Agentes pedagógicos animados: desenvolvendo uma retroalimentação (feedback) não verbal**. 2009. 97 p. Dissertação (Mestre em Sistemas e Processos Industriais)-Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, Santa Cruz do Sul, RS, 2009.
- AVILA, B. G. et al. Autoria nos Mundos Virtuais: um novo desafio ao docente. **RENOTE**, v. 12, n. 2, p. 1-11, 2014.
- BASILI, V.; CALDIERA, G.; ROMBACH, H. D. Goal Question Metric Approach. **Encyclopedia of Software Engineering**, v. 2, p. 528-532, 1994.
- BATES, J. The role of emotion in believable agents. **Communications of the ACM**, v. 37, n. 7, p. 122-125, 1994.
- BATES, J.; LOYALL, A. E REILLY, W. An architecture for action, emotion and social behavior. **Springer Berlin Heidelberg**, p. 55-68. 1992.
- BATES, J.; LOYALL, B.; REILLY, W. S. Broad agents. **ACM SIGART Bulletin**, v.2, n.4, p. 38–40. 1991.
- BATTISTELLA, P. E.; VON WANGENHEIM, C. G. ENgAGED: Um Processo de Desenvolvimento de Jogos para Ensinar Computação. **Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**, v. 27, n. 1, p. 380, 2016.
- BAYLOR, A. L. **Promoting motivation with virtual agents and avatars: role of visual presence and appearance**. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B**, v. 364, n.1535, p. 3559–3565, 2009.
- BAYLOR, A. L.; KIM; Y. Simulating instructional roles through pedagogical agents. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, v. 15, n. 2, p. 95-115, 2005.
- BENNETT, S.; MATON, K.; KERVIN, L. The digital natives debate: a critical review of the evidence. **British Journal of Educational technology**, v.39, n.5, p. 775-786, 2008.
- BERCHT, M. **Em direção a agentes pedagógicos com dimensões afetivas**. 2001. 152p. Tese (Doutorado em Ciência da Computação)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2001.

BOCCA, E. W.; JAQUES, J.; VICARI, R. Modelagem e implementação da interface para apresentação de comportamentos animados e emotivos de um agente pedagógico animado. **RENOTE**, v.1, n.2, 2003.

BOFF, E.; OLIVESKI, A. Personalização de Agentes Pedagógicos Animados. **RENOTE**, v. 10, n. 3, 2012.

BOOK, B. Moving Beyond the Game: Social Virtual Worlds. **State of play**, v. 2, n. 1-13, 2004.

BORIN, M. P. **O uso de ambientes virtuais de aprendizagem com agentes pedagógicos emocionais para capacitação em organizações**. 2010. 120p. Dissertação (Mestrado em Sistemas e Processos Industriais)-Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, Santa Cruz do Sul, RS, 2010.

BRADLEY, J. The technology acceptance model and other user acceptance theories. **Handbook of research on contemporary theoretical models in information systems research**, p. 277-294, 2009.

BRADSHAW, Jeffrey M. **Software agents**. MIT press, 1997.

BRANDÃO, C. F.M. **Avaliação de Agente de Conversão: A influência de elementos Multimédia**. 2012. 78p. Tese (Mestrado em Multimédia)-Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2012.

BROWN, J. S. Growing up digital: How the Web changes work, education, and the ways people learn. **Change: The Magazine of Higher Learning**, v. 32, n. 2, p.11-20, 2000.

CALDERÓN, A.; RUIZ, M. A systematic literature review on serious games evaluation: An application to software project management. **Computers & Education**, v. 87, p. 396-422, 2015.

CARNEIRO, J. M. R. **SATISFAÇÃO DE AGENTES AFECTIVOS NO PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO EM GRUPO**. 2011. 157p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Informática)-Instituto Superior de Engenharia do Porto - Isep. Porto, 2011.

CHAO, C. et al. An Affective Learning Interface with an Interactive Animated Agent. In: **Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning (DIGITEL), 2012 IEEE Fourth International Conference on**. IEEE, 2012. p. 221-225.

CHOI, S.; CLARK, R. E. Cognitive and affective benefits of an animated pedagogical agent for learning English as a second language. **Journal of Educational Computing Research**, v. 34, n. 4, p. 441-466, 2006

CORREIA, C. L. **Ambiente virtual de aprendizagem integrado a um personagem 3D**. 2013. 82p. Dissertação (Mestrado em Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional)-Universidade Candido Mendes, Campos dos Goytacazes, RJ, 2013.

CORREIA, C. L.; MONTANÉ, F. A. T.; TAMARIZ, A. D. R. Processo de Criação e Desenvolvimento de um Agente Pedagógico Animado 3D para Ambientes Virtuais de Aprendizagem. **InterSciencePlace**, v.1, n.29, p. 107-175, 2014.

COUTINHO, C. P.; LISBÔA, E. S. Sociedade da Informação, do Conhecimento e da Aprendizagem: Desafios para Educação no Século XXI. **Revista de Educação**, v. 28, n. 1, pag. 5 – 22, 2011.

DA SILVA, T. G.; BERNARDI, G. Desenvolvimento de um objeto de aprendizagem apoiado por um agente pedagógico animado capaz de interagir afetivamente com o aluno. **Nuevas Ideas en Informática Educativa**, v. 5, p. 61-71, 2009.

DAVIS, F. D. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. **MIS quarterly**, p. 319-340, 1989.

DAVIS, F. D.; BAGOZZI, R. P.; WARSHAW, P. R. User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. **Management science**, v. 35, n. 8, p. 982-1003, 1989.

DE MOURA GALVÃO, A. **Persona-AIML: uma arquitetura para desenvolver Chatterbots com personalidade**. 2003. 144p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação)-Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

DESCARTES, R. **The philosophical writings of descartes**. Cambridge, UK: Cambridge University Press. v.2, 1985, 444p.

DIEZ, H. V. et al. 3D animated agent for tutoring based on WebGL. In: **Proceedings of the 18th International Conference on 3D Web Technology**. ACM, 2013. p. 129-134.

EKMAN, P. Facial expressions. **Handbook of cognition and emotion**, v. 16, p. 301-320, 1999.

EKMAN, P.; DAVIDSON, R. J. **The Nature of Emotion: Fundamental Questions**. Oxford University Press: Ed. 1994. 512 p.

EKMAN, P.; FRIESEN, W V. **Manual for the facial action coding system**. Consulting Psychologists Press, 1978.

EKMAN, P.; FRIESEN, W. V. Constants across cultures in the face and emotion. **Journal of personality and social psychology**, v. 17, n. 2, p. 124, 1971.

EKMAN, P.; FRIESEN, W. V. **Emotion in the Human Face**. Cambridge, England: Cambridge University Press, 1982.

ELLIOTT, C. D. **The affective reasoner: A process model of emotions in a multi-agent system**. 1992.

FALCADE, A. **Design Instrucional Aplicado ao Mundo Virtual TCN⁵**. 2015. 125p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2015.

FICAGNA, T. V. **Sim.b.a.: avaliação do impacto afetivo de personagens virtuais em um ambiente virtual de aprendizagem voltado para capacitação de professoras de educação infantil.** 2012. 131p. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada)-Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, SC, 2012.

FONTES, L. M. O. et al. Um Agente Pedagógico Animado de Apoio à Aprendizagem Baseada em Problema Utilizando o Moodle. In: **Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação.** 2012.

FROZZA, R. et al. Agentes Pedagógicos Emocionais atuando em um Ambiente Virtual de Aprendizagem. **RENOTE**, v. 9, n.1, p. 1-10, 2011.

FROZZA, R. et al. Dóris 3D: Agente pedagógico baseado em emoções. In: **Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação.** v. 1, n.1, 2009.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa.** PLAGEDER, 120p., 2009.
GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2006. GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa,** v. 5, 2010.

GIRAFFA, L. M. M. **Uma arquitetura de tutor utilizando estados mentais.** 1999. 177p. Tese (Doutorado em Ciência da Computação)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul- UFRGS, Porto Alegre, RS. 1999.

GRIESANG, G. **Desenvolvimento de um mecanismo de comunicação entre agentes pedagógicos em um ambiente virtual de aprendizagem.** 2013.168p. Dissertação (Mestrado em Sistemas e Processos Industriais)- Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, Santa Cruz do Sul, RS. 2013.

HAMDI, H. et al. Emotion assessment for affective computing based on physiological responses. In: **Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE), 2012 IEEE International Conference on.** IEEE, 2012. p. 1-8.

HARRIS, T.; GITTENS, C. Modeling believable agents using a descriptive approach. **Biologically Inspired Cognitive Architectures,** v. 14, p. 10-21, 2015.

HERNÁNDEZ, Y.; ARROYO-FIGUEROA, G.; SUCAR, L. E. A Model of Affect and Learning for Intelligent Tutors. **Journal of Universal Computer Science,** v. 21, n. 7, p. 912-934, 2015.

HERPICH, F. **ELAI: Intelligent Agent Adaptive to the Level of Expertise of Students.** 2014. 196p. Dissertação (Mestrado em Informática)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2015.

HERPICH, F. et al. Ambiente Virtual Imersivo para ensino em Redes de Computadores: uma proposta usando Agentes Inteligentes. In: **Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação.** 2014. p. 65.

HO W. C. et al. Towards learning ‘Self’ and Emotional Knowledge in Social and Cultural human-Agent Interactions. In: **International Journal of Agent Technologies and Systems.** v.1, n.3, p.51-78, jul./set. 2009.

HUANGFU, L. et al. OCC model-based emotion extraction from online reviews. In: **Intelligence and Security Informatics (ISI), 2013 IEEE International Conference on.** IEEE, 2013. p. 116-121.

ISMAAIL, M.; ARIFFIN, S. M. Z. S. Z. Adapting to learner's emotions through Animated Pedagogical Agent. In: **User Science and Engineering (i-USEr), 2014 3rd International Conference on.** IEEE, 2014. p. 164-167.

ISO/IEC 25023:2016. **Systems and software engineering -- Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) -- Measurement of system and software product quality.** ISO/IEC JTC 1/SC 7, 06 de jun. 2016. Disponível em: <http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=35747>. Acesso em: 07 jan. 2017.

JAQUES, P. A. et al. Computação Afetiva aplicada à Educação: Dotando Sistemas Tutores Inteligentes de Habilidades Sociais. In: **Anais do Workshop de Desafios da Computação Aplicada à Educação.** 2012. p. 50-59.

JAQUES, P. A.; NUNES, M. A. S.N. Ambientes Inteligentes de Aprendizagem que inferem, expressam e possuem emoções e personalidade. **Jornada de Atualização em Informática na Educação – JAIE.** p. 30-38, 2012.

JAQUES, P. A.; VICARI, R. M. Estado da arte em ambientes inteligentes de aprendizagem que consideram a afetividade do aluno. **Revista informática na educação: teoria & prática,** v. 8, n. 1, p. 15-38, 2005.

KENDALL, F. P. et al. **Músculos, provas e funções; com Postura e dor.** Editora Manole, 453p, 1995.

KONZEN, A. A. **Análise da interação de crianças com um agente pedagógico afetivo em um jogo digital:** contribuições a partir do dialogismo bakhtiniano. 140p. 2015. Tese (Doutora em Informática na Educação)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS. 2015.

LEMOS, S. **Nativos digitais x aprendizagens: um desafio para a Escola.** B. Téc. Senac: a R. Educ. Prof., Rio de Janeiro, v. 35, n. 3, set./dez. 2009.

LESTER, J. C. et al. The persona effect: affective impact of animated pedagogical agents. In: **Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human factors in computing systems.** ACM, 1997. p. 359-366.

LOYALL, A. B.; BATES, J. Real-time control of animated broad agents. In: **Proceedings of the Fifteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society.** 1993. p. 664-669.

LOYALL, A. Bryan. **Believable agents: building interactive personalities.** 1997. Tese de Doutorado. Mitsubishi Electric Research Laboratories.1997.

LUCENA, J. M. et al. **TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO: A prática docente frente às novas tecnologias educacionais em escolas da rede pública.** XIII Congresso Internacional de

- Tecnologia na Educação. 2015. Disponível em: <http://goo.gl/pMmDIF>. Acessado em: 18 abr. 2016.
- MAHAPATRA, R. P. et al. Adding interactive interface to E-Government systems using AIML based chatterbots. In: **Software Engineering (CONSEG), CSI Sixth International Conference on**. IEEE, 2012. p. 1-6.
- MARCELINO, R. et al. Mundo Virtual 3D aplicado aos Anos Iniciais do Ensino Fundamental. **ICBL2013 – International Conference on Interactive Computer aided Blended Learning**. p. 207-214, 2013.
- MARREIROS, M. G. C. **Agentes de Apoio à Argumentação e Decisão em Grupo**. 2007. 251p. Tese (Doutorado em Informática)-Universidade do Minho, Escola de Engenharia. 2007.
- MATOOK, S. e INDULSKA, M. Improving the quality of process reference models: A quality function deployment-based approach. **Decision Support Systems** v. 47, n. 1, p. 60-71, 2009.
- MATTAR, J. **Games em educação: como os nativos digitais aprendem**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010. 181 p.
- MAYES, J. T.; FOWLER, C. J. Learning technology and usability: a framework for understanding courseware. **Interacting with computers**, v. 11, n. 5, p. 485-497, 1999.
- MELLO, R. M. DE. **Técnica para inspeção de diagramas de atividades**. 2011. 181p. Dissertação (Mestrado em Ciência em Engenharia de Sistemas e Computação)-Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia – COPPE UFRJ. Rio de Janeiro, RJ, 2011.
- MOON, Y. **Intimate self-disclosure exchanges: Using Computers to Build Reciprocal Relationship with Consumers**. Harvard Business School, Cambridge, MA. Working paper 99-59. 1998.
- MORAES, M. C.; SILVEIRA, M. S. Critérios para Avaliação de Agentes Pedagógicos Animados: Uma Proposta de Método. **VI Encontro Nacional de Inteligência Artificial**, p. 1142-1151, 2007.
- MORENO, R. **Multimedia learning with animated pedagogical agents**. R. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning*, Cambridge University Press, New York, p. 507–524. 2005.
- MORENO, R.; FLOWERDAY, M. **Students' choice of animated pedagogical agents in science learning: A test of the similarity-attraction hypothesis on gender and ethnicity**. *Contemporary Educational Psychology*, 31, p. 186–207, 2006.
- MOURA, R. B. C. et al. Possibilidades Educacionais Ampliadas pelo Uso das Novas Tecnologias no Cenário dos Nativos Digitais. *Simpósio de Pesquisa e Desenvolvimento em Computação*, v. 1, n. 1, 2016.

NETO, A. F. B. **Uma Arquitetura para agentes inteligentes com personalidade e emoção.** 2010. 127p. Dissertação (Mestre em Ciências)-Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2010.

NETO, F. M. M.; SOUZA, R.; GOMES, A. S. Handbook of Research on 3-D Virtual Environments and Hypermedia for Ubiquitous Learning. 2016. 673 p.

NUNES, C. S. et al. O ambiente virtual de aprendizagem Moodle: recursos para os processos de Aprendizagem Organizacional. In: **Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação.** 2012.

NUNES, F. B. et al. Viewers para ambientes virtuais imersivos: Uma análise comparativa teórico-prática. **RENOTE**, v. 11, n. 1, 2013.

NUNES, M. A. S. N. Computação Afetiva personalizando interfaces, interações e recomendações de produtos, serviços e pessoas em ambientes computacionais. **Projetos e Pesquisas em Ciência da Computação no DCOMP/PROCC/UFS**, v. 1, p. 115-151, 2012.

NUNES, T. M.; JAQUES, P. A. Analisando a influência da presença de um Agente Pedagógico Animado em relação ao Gaming The System. In: **Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação.** 2013. p. 758.

OLIVEIRA, E. R. DE; PRATES, R. O.; WERNECK, G. AM. Considerações sobre aplicação do método de avaliação de comunicabilidade ao domínio educacional. In: **Proceedings of the IX Symposium on Human Factors in Computing Systems.** Brazilian Computer Society, 2010. p. 41-50.

OLIVEIRA, E. **Um sistema de inferência de expressões faciais emocionais orientado no modelo de emoções básicas.** 2011. 115p. Dissertação (Mestre em Computação Aplicada)-Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, São Leopoldo, RS, 2011.

ORTONY, A.; CLORE, G. L.; COLLINS, A. **The cognitive structure of emotions.** Cambridge University Press, 1988.

OSIEK, B. A. **Reconhecimento de sentimento em texto abordado através da computação afetiva.** 2014. 191p. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas e Computação)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2014.

OUTWORLDZ. **Adventures in Opensim and Second Life.** 2010. Disponível em: <<http://www.outworldz.com/cgi/freescripts.plx?ID=603/>>. Acesso em: 17 de ago. 2016.

OZOGUL, G. et al. **Investigating the impact of pedagogical agent gender matching and learner choice on learning outcomes and perceptions.** Elsevier Ltd - Computers & Education, v. 67, p. 36–50, set. 2013.

PASSARELLI, B.; JUNQUEIRA, A. H.; ANGELUCI, A. C. B. Os nativos digitais no Brasil e seus comportamentos diante das telas: digital natives in Brazil and their behavior in front of the screens. **MATRIZES**, v.8, n. 1, p. 159-178, 2014.

- PESCADOR, C. M. **Tecnologias Digitais e Ações de Aprendizagem dos Nativos Digitais**. V CINFE – Congresso Internacional de Filosofia e Educação. Caxias do Sul, RS. 2010.
- PICARD, R. **Affective Computing**. MIT Press, Cambridge. 1998.
- PICARD, R. W.; PICARD, R. **Affective computing**. Cambridge: MIT press, 293 p. 1997.
- PICARD, R.W. Affective computing: challenges. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 59, n. 1, p. 55-64, 2003.
- PILASTRI, A. L.; BREGA, J. R. F. **Chatterbot com Interatividade ao Avatar Encapsulado no Ambiente Virtual Second Life usando a base de conhecimento em AIML**. Workshop de Realidade Virtual e Aumentada (WRVA), 2009.
- PORTER, A. A.; VOTTA, L. G.; BASILI, V. R. Comparing detection methods for software requirements inspections: A replicated experiment. **IEEE Transactions on software Engineering**, v. 21, n. 6, p. 563-575, 1995.
- PRADO, A. **Entendendo o aluno do século XXI e como ensinar a essa nova geração**. Educação & Evolução. 2015. Geekie. E-book. Disponível em: <https://goo.gl/Gb3oKM>. Acesso em: 18 abr. 2016.
- PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. **Design de Interação: Além da interação homem-computador**. Porto Alegre, RS: Bookman. 2007. 600p.
- PRENSKY, M. **Digital natives, digital immigrants**. On the Orizon – Estados Unidos – NcB University Press, v.9, n.5, oct., 2001.
- PRESSMAN, Roger S. **Engenharia de Software**. 7ª. Ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2009.
- REATEGUI, E. B.; MORAES, M. C. Agentes pedagógicos animados. **Renote**, v. 4, n. 2, p. 1-10, 2006.
- RITTGEN, P. Quality and perceived usefulness of process models. In: **Proceedings of the 2010 ACM Symposium on Applied Computing**. ACM, 2010. p. 65-72.
- RODRIGUES, P. S. L. **Um sistema de geração de expressões faciais dinâmicas em animações faciais 3D com processamento de fala**. 2007. 159p. Tese (Doutorado em Informática)-Pontifca Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. 2007.
- RUSSEL, S, J.; PETER, N. **Artificial Intelligence: a modern approach**. Rio de Janeiro: Prentice Hall do Brasil, 932p. 1995.
- SAVI, R.; WANGENHEIM, C.; BORGATTO, A. Um Modelo de Avaliação de Jogos Educacionais na Engenharia de Software. **Anais do XXV Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software (SBES 2011)**, São Paulo, 2011.
- SCHERER, K. R. Appraisal considered as a process of multilevel sequential checking. **Appraisal processes in emotion: Theory, methods, research**, v. 92, p. 120, 2001.

- SGANDERLA, R. B.; FERRARI, D. N.; GEYER, C. FR. BonoBOT: Um Chatterbot para Interação com Usuários em um Sistema Tutor Inteligente. In: **Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**. 2003. p. 435-444.
- SILVA PORTELA, T. DA; KAMPPFF, A. J. C. Jogos Educacionais: Interação apoiada por Agentes Animados. **RENOTE**, v. 7, n. 3, p. 221-232. 2009.
- SILVA, A. C. B. DA; DE FRANÇA, R. S. Avaliação de software educativo na formação docente: articulando teoria e prática. In: **Anais do Workshop de Informática na Escola**. 2014. p. 106.
- SILVA, J. H.; COUTO, L. S.; ODAKURA, V. Aparência de um agente pedagógico animado para um ambiente virtual de aprendizagem. In: **Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**. 2012.
- SLOMAN, A. Explorations in design space. Paper presented at the 11th European conference on artificial intelligence. Amsterdam, Holland. 1994.
- SLOMAN, A.; POLI, R. SIM_AGENT: A toolkit for exploring agent designs. In: **International Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages**. Springer Berlin Heidelberg, 1996. p. 392-407.
- THOMPSON, N.; MCGILL, T. J. The Application of Affective Computing Technology to E-Learning. **Pedagogical Considerations and Opportunities for Teaching and Learning on the Web**, p. 109, 2013.
- VALDATI, L. P. et al. Modelagem baseada em Agentes em um Sistema de Apoio ao Ensino e Diagnóstico de Lombalgia. **Anais SULCOMP**, v. 4, 2015.
- VALENTE, C.; MATTAR, J. **Second Life e web 2.0 na educação: o potencial revolucionário das novas tecnologias**. São Paulo, SP: Novatec, jan. 2007. 280p.
- VOSS, G. B. et al. Ambientes Virtuais de Aprendizagem e Ambientes Imersivos: um estudo de caso utilizando tecnologias de computação móvel. In: **Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**. 2013. p. 12.
- VOSS, G. B. **TCN⁵: Teaching Computer Networks In A Free Immersive Virtual Environment**. 2014. 159p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2014.
- WILGES, B.; LUCAS, J. P.; SILVEIRA, R. A. Um agente pedagógico animado integrado a um ambiente de ensino a distância. **RENOTE**, v. 2, n. 1, 2004.
- WOOLDRIDGE, M. **An introduction to multiagent systems**. John Wiley & Sons Ltda, 2002.

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO PARA INVESTIGAR AS EMOÇÕES QUE O AGENTE PEDAGÓGICO ANIMADO DEVE EXPRESSAR.

<p>1- Emoção que o agente deve expressar no momento em que o aluno entrar no mundo virtual:</p> <p>Escolher ▾</p>	<p>3.c - ... não iniciar a realização da atividade após 6 (seis) minutos de visualização da mesma (neste caso, o agente irá expressar uma emoção e, além disso, enviar mensagens de texto estimulando o estudante a participar das atividades):</p> <p>Escolher ▾</p>
<p>2. Emoção que o agente deve expressar quando o aluno estiver em frente a um recurso educacional (conteúdo ou atividade) e...</p> <p>2.a - ... clicar para visualizar o mesmo em menos de 1 (um) minuto:</p> <p>Escolher ▾</p> <p>2.b - ... clicar para visualizar o mesmo considerando um tempo entre 1 (um) e 4 (quatro) minutos:</p> <p>Escolher ▾</p> <p>2.c - ... clicar para visualizar o mesmo após 4 (quatro) minutos:</p> <p>Escolher ▾</p>	<p>4 - Quando o aluno errar algum exercício o agente deve expressar a emoção de:</p> <p>Escolher ▾</p> <p>5 - Quando o aluno for tirar uma dúvida com o agente sobre os assuntos apresentados, o agente deve expressar a emoção de:</p> <p>Escolher ▾</p>
<p>3. Emoção que o agente deve expressar quando o aluno tiver selecionado uma atividade) e...</p> <p>3.a - ...iniciar a interação para realizar a mesma em menos de 2 (dois) minutos:</p> <p>Escolher ▾</p> <p>3.b - ... não iniciar a realização da atividade após 2 (dois) minutos de visualização (considerando um tempo inferior a 6 minutos):</p> <p>Escolher ▾</p>	

Fonte: elaborado pela autora

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO DO DESENVOLVIMENTO APEC

Você está sendo convidado (a) a participar do questionário de desenvolvimento do APEC. Ele apresenta questões sobre a criação do agente pedagógico animado - APEC para ensino em redes de computadores. O objetivo do estudo é verificar a qualidade do desenvolvimento do APEC, do ponto de vista de especialistas em mundos virtuais, agentes e computação afetiva.

O estudo faz parte de um projeto de pesquisa do GRECA – Grupo de Pesquisa de Redes de computadores e Computação Aplicada do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação – PGCC da UFSM – Universidade Federal de Santa Maria, da mestranda Vania Cristina Bordin Freitas sob a orientação da professora Dr^a. Roseclea Duarte Medina.

A sua participação nessa avaliação constitui-se em responder o questionário a seguir com base em seu conhecimento em mundos virtuais, agentes e computação afetiva.

Todas as informações coletadas são confidenciais.

Agradeço sua participação.

Dados de identificação do pesquisador	
1) Qual o seu nome?	
2) Qual o seu conhecimento em mundos virtuais, agentes e computação afetiva?	() básico () avançado () intermediário () nenhum
3) Qual é o nível da sua formação acadêmica?	
4) Qual é a área da sua formação acadêmica?	

Feedback do Processo de desenvolvimento do APEC

5) Você identificou alguma expressão facial e corporal ou fala (chat e voz) ambígua no processo?

Não (___)

Sim (___), Quais?

6) Você identificou alguma expressão facial e corporal ou fala (chat e voz) que tornam o processo inconsistente?

Não (___)

Sim (___), Quais?

7) Você identificou alguma expressão facial e corporal ou fala (chat e voz) que tornam o processo incompleto?

Não (___)

Sim (___), Quais?

8) Você identificou alguma expressão facial e corporal ou fala (chat e voz) que tornam o processo incompreensíveis?

Não (___)

Sim (___), Quais?

9) Você identificou erros no processo de desenvolvimento do APEC?

Não (___)

Sim (___), Quais?

10) Você gostou da utilidade do APEC para a aprendizagem?

Não (___)

Sim (___), Quais?

11) Acho que consigo melhorar o meu conhecimento no desenvolvimento de agentes, entendendo o processo de desenvolvimento APEC?

Não (___)

Sim (___), Quais?

12) O que mais gostou do processo do APEC?

13) Acho que é fácil aprender a usar o processo de desenvolvimento do APEC com suas interações?

Não (___)

Sim (___), Quais?

14) Acho que é fácil obter informações para processo de desenvolvimento do APEC?

Não (___)

Sim (___), Quais?

15) Acho que consigo interagir com o processo de desenvolvimento do APEC de modo claro e compreensível?

Não (___)

Sim (___), Quais?

16) Acho que o processo de desenvolvimento do APEC é realmente fácil de adaptar para outros mundos virtuais?

Não (___)

Sim (___), Quais?

17) O que você acha que deve melhorar no processo do APEC?

18) Mais algum comentário:

Agradeço sua Participação!

APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DO MUNDO VIRTUAL TCN⁵ COM A PRESENÇA DO APEC.

Nome:

Gostaria da sua participação para responder o questionário a fim de avaliar a qualidade do agente pedagógico animado em relação à percepção dos estudantes.

Todas as informações coletadas são confidenciais.

Agradeço sua participação.

Por favor, informar um número de acordo com o quanto você concorda ou discorda de cada afirmação abaixo e justificar.

Discordo Fortemente	-2-1 0 +1 +2	Concordo Fortemente
--------------------------------	-------------------------	--------------------------------

1) O design do APEC é atraente?

()

Justifique: _____

2) Houve algo interessante no APEC que capturou minha atenção?

()

Justifique: _____

3) A variação de expressões faciais e corporais do APEC, conforme a apresentação dos conteúdos ou de atividades ajudou a me manter atento.

()

Justifique: _____

4) O comportamento do APEC me estimulou a aprender os conteúdos propostos.

()

Justifique: _____

5) Ao buscar ajuda com o APEC, ler os textos, slides, ver os vídeos e imagens, senti-me confiante de que estava aprendendo?

Justifique: _____

6) É por causa do meu esforço pessoal e auxílio do APEC que consegui finalizar as tarefas e atividades propostas.

Justifique: _____

7) Temporariamente esqueci das minhas preocupações do dia-a-dia, fiquei totalmente concentrado no APEC para perceber suas expressões.

Justifique: _____

8) Me senti mais no mundo virtual do que no mundo real, esquecendo do que estava ao meu redor, devido às animações do APEC.

Justifique: _____

9) Pude interagir com o APEC dentro do mundo virtual?

Justifique: _____

10) Me diverti com o APEC.

Justifique: _____

11) Eu recomendaria a aplicação do APEC para aprender outras disciplinas?
()

Justifique: _____

12) Gostaria de aprender com o APEC novamente.
()

Justifique: _____

13) Quando quis desistir, o APEC me estimulou a continuar no mundo virtual e realizar as atividades até o final?
()

Justifique: _____

14) Ao selecionar um humor negativo o APEC me estimulou a participar das atividades?
()

Justifique: _____

15) O APEC contribuiu para a minha aprendizagem na disciplina de Redes de Computadores?
()

Justifique: _____

16) O APEC foi eficiente para minha aprendizagem, em comparação com outras atividades da disciplina?
()

Justifique: _____

17) A experiência com o APEC em relação à aprendizagem da disciplina de Redes de Computadores, vai contribuir para meu conhecimento profissional.
()

Justifique: _____

18) Você acha que a utilização de expressões faciais e corporais do APEC vieram a estimular sua aprendizagem?
()

Justifique: _____

19) Você acha que APEC contribuiu com a sua aprendizagem?
()

Justifique: _____

20) É por causa da minha dedicação que consegui realizar as atividades propostas pelo APEC?
()

Justifique: _____

21) Você acha que conseguiu realizar as atividades com a ajuda do APEC e com seu conhecimento?
()

Justifique: _____

22) Você acha que as atividades são relevantes para o meu interesse?
()

Justifique: _____

23) Você acha que ao realizar as atividades se sentiu confiante que estava aprendendo?
()

Justifique: _____

24) Você acha que percebeu todas as expressões faciais do APEC propostas durante o tempo que levou na realização das atividades?
()

Justifique: _____

25) Você observou expressões faciais e corporais no APEC durante quais momentos?

Justifique: _____

26) Quais expressões faciais e corporais você observou no APEC?

Justifique: _____

27) Cite 3 pontos fortes do APEC:

Justifique: _____

28) Cite 3 sugestões para a melhoria do APEC:

Justifique: _____

Muito obrigado pela sua contribuição!