

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

MONCK CHARLES NUNES DE ALBUQUERQUE

**FÓRUM LV FUZZIFICADO: AVALIANDO A PRESENCIALIDADE
EM AMBIENTES VIRTUAIS**

Fortaleza – CE

5 de março de 2018

MONCK CHARLES NUNES DE ALBUQUERQUE

FÓRUM LV FUZZIFICADO: AVALIANDO A PRESENCIALIDADE EM AMBIENTES VIRTUAIS

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

Linha de Pesquisa: Computação Aplicada.

Orientador: Prof. Dr. Gilvandenys Leite Sales

Coorientador: Prof. Dr. Cláudio Marques de Sá Medeiros

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

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

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

Fortaleza – CE

5 de março de 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI

Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

ALBUQUERQUE, MONCK CHARLES NUNES DE.
FÓRUM LV FUZZIFICADO : AVALIANDO A PRESENCIALIDADE EM AMBIENTES VIRTUAIS
/ MONCK CHARLES NUNES DE ALBUQUERQUE. - 2018.
98 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Ciência da Computação, Campus
Fortaleza, 2018.

Orientação: Prof. Dr. Gilvandenys Leite Sales.

Coorientação: Prof. Dr. Cláudio Marques de Sá Medeiros.

1. Avaliação da Presencialidade. 2. Fórum de discussão. 3. Lógica Fuzzy. 4. Modelo LV. I. Título.
CDD 004

MONCK CHARLES NUNES DE ALBUQUERQUE

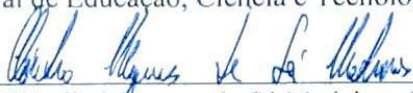
FÓRUM LV FUZZIFICADO: AVALIANDO A PRESENCIALIDADE EM AMBIENTES
VIRTUAIS

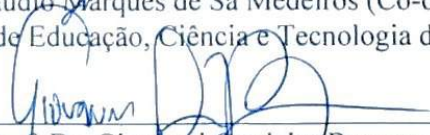
Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-graduação em Ciência da Computação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação, área de concentração Ciência da Computação.

Aprovada em 29/01/2018

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Gilvandenys Leite Sales (Orientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE


Prof. Dr. Cláudio Marques de Sá Medeiros (Co-orientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE


Prof. Dr. Giovanni Cordeiro Barroso
Universidade Federal do Ceará - UFC

*Dedico este trabalho aos meus queridos pais, a minha esposa Flávia Dantas e a minha
filha Victória Albuquerque por todas as alegrias ...*

Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por estar do meu lado guiando os meus pensamentos, soprando palavras, e me mostrando o caminho.

Agradeço aos meus pais João Bosco e Geresa Albuquerque, por sempre terem incentivado os meus estudos e que sem eles jamais teria conseguido.

A minha esposa Flávia Dantas pelo seu carinho e contribuição nas noites em que passou em claro me acompanhado nessa jornada. E a minha filha Victória Dantas Albuquerque que me trouxe muitas alegrias. Um agradecimento especial a minha sogra Teresinha Dantas que durante muitos dias cuidou da minha filha para que eu pudesse desenvolver esse trabalho.

Aos meus Irmãos Sharly, Sharlon, Sheyla e Shirley e aos meus sobrinhos Heloíse, Manuela, Dante, Lucas, André Luiz e Isabela, pelo convívio familiar.

Aos meus amigos de trabalho, os professores Sandro Araújo, Marcelo Ribeiro, Gilmário Freitas e Bruno Silva que me incentivaram a realizar mais esta conquista.

Aos membros do grupo de pesquisa Pedro Preste e também ao professor Giovanni Barroso - UFC que muito contribuiu com suas orientações.

A todos os meus Professores do mestrado, ao Coordenador do PPGCC Pedro Pedrosa e Wendell, pela condução e organização deste curso.

Aos meus Professores orientadores Gilvandenys Leite Sales e Cláudio Marques de Sá Medeiros, pelos ensinamentos que colhi e pela certeza da contribuição árdua desses profissionais para o meu crescimento, pela dedicação, incentivo e apoio nesta grande conquista.

A todos os meus colegas do mestrado Adaías, Jackanderson, Laysa, Marcelo, Ricky, Alexandra Joca, Wallison, Denyse. Pelos momentos que dedicamos às pesquisas, aos projetos e aos artigos.

E a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

*“Não se preocupe com a distância entre seus sonhos e a realidade. Se você pode sonhá-los
você pode realizá-los.”
(Belva Davis)*

Resumo

Em cursos na modalidade Educação a Distância (EaD) um fator que vem ganhando destaque é a aferição da presencialidade dos alunos nas diversas ferramentas que dão suporte aos Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA). Logo é importante que essa presencialidade também seja avaliada, bem como venha a compor a nota final dos alunos em determinada atividade, seja como contribuição parcial ou total, dependendo do grau de subjetividade a ser considerada. Desta forma, este trabalho apresenta um modelo de avaliação da presencialidade em um AVA. Para sua implementação, optou-se pela ferramenta assíncrona, Fórum de discussão no AVA Moodle, por ser uma ferramenta muito utilizada nos cursos em EaD na interação Tutor - Alunos e Alunos - Alunos, e por saber que o sistema de avaliação disponível no Moodle tem tendência tradicional e não proporciona avaliação da participação ativa dos alunos envolvidos, como também, não possibilita a mensuração das características qualitativas e quantitativas inter-relacionadas. Assim, para a avaliação da presencialidade com o uso desta ferramenta, buscou-se fundamentação teórica no Modelo LV, por se tratar de um modelo de avaliação processual que faz uso de menções qualitativas associadas a uma linguagem iconográfica, bem como o suporte da Lógica Fuzzy por meio de seus processos de fuzzificação, defuzzificação e de inferência difusa de Mandani. O modelo tem como entrada uma matriz de mensagens enviadas e recebidas dos alunos no fórum, as interações com outros alunos e a quantidade de citações pelos colegas. As regras difusas e os pesos da complexidade e importância serão definidos pelo professor especialista na disciplina. A saída do modelo é uma nota correspondente à presencialidade que será componente da nota final do aluno no Fórum LV. O modelo foi aplicado em seis Fóruns LV de dois cursos de Especialização em EaD da Universidade Federal do Ceará (UFC). Como resultado desta pesquisa foi concebido um mecanismo de avaliação da presencialidade em um Fórum LV que foi baseado em um modelo formativo de avaliação não-linear aplicado ao fórum, fundamentado no Modelo LV e Lógica Fuzzy. O Fórum LVF é semi-automatizado e proporciona uma redução da carga de trabalho do Professor/Tutor no momento da avaliação.

Palavras-chave: Avaliação da presencialidade. Fórum de discussão. Lógica Fuzzy. Modelo LV.

Abstract

In Distance Education (DE) courses, one factor that has gained prominence is the assessment of the presence of students in the various tools that support Learning Management Systems (LMS). Therefore it is important that this presence is also evaluated, as well as to compose the final grade of the students in a certain activity, either as partial or total contribution, depending on the degree of subjectivity to be considered. In this way, this paper proposes to present a model of assessment of presence in LMS. For its implementation, the asynchronous tool, LMS Moodle Discussion Forum, was chosen because it is a widely used tool in the (DE) courses in the interaction Tutor - Students and Students, and for knowing that the evaluation system available in Moodle has traditional tendency and does not provide an evaluation of the active participation of the students involved, nor does it allow the measurement of inter-related qualitative and quantitative characteristics. Thus, for the evaluation of the presence with the use of this tool, we sought theoretical basis in the LV Model, because it is a process evaluation model that makes use of qualitative mentions associated to an iconographic language, as well as the support of the Fuzzy Logic by means of its processes of fuzzification, defuzzification and diffuse inference of Mandani. The model has as input an array of messages sent and received from the students in the forum, interactions with other students and the amount of quotes by colleagues. The diffuse rules and the weights of complexity and importance will be defined by the specialist teacher in the discipline. The output of the model is a notes corresponding to the presence that will be a component of the student's final grade in the LV Forum. The model was applied in 6 (six) LV Forums of 2 (two) Specialization Courses in (DE), from the Federal University of Ceará (UFC). As a result of this research, the computational design of a mechanism based on a non-linear training model, applied to the LV Model Forum using Fuzzy Logic is expected and that the proposed model can be applied not only to Discussion Forums, from the Fuzzy Logic to the LV Model and that the proposed model can be applied not only to the Forum, but also to all the evaluation tools present in the LMS to support learning in (DE).

Keywords: Presential Assessment. Discussion Forum. Fuzzy Logic. LV Model.

Lista de ilustrações

Figura 1 – LV Ícones	25
Figura 2 – (a) Módulos positividade(LVx) e negatividade(LVy) ; (b) Vetor-Aprendizagem e suas projeções.	25
Figura 3 – Escala de Menções qualitativas e correspondência com o CP	26
Figura 4 – Tela do Fórum LV	28
Figura 5 – Simulador do Cálculo LV	29
Figura 6 – Representação do tempo em minutos de uma pessoa, (a) sob o ponto de vista da Lógica convencional e (b) Lógica Fuzzy.	30
Figura 7 – Funções de Pertinência dos termos linguísticos para variável Tempo . .	32
Figura 8 – Fuzzificação das variáveis linguísticas de entrada (a)Tempo e (b)Acertos e seu resultando nos seus respectivos conjuntos fuzzy e graus de pertinência	34
Figura 9 – Conjuntos fuzzy e graus de pertinência da variável linguística de saída Desempenho	35
Figura 10 – Conjunto fuzzy resultante do processo de agregação das regras fuzzy 1, 2 e 3	36
Figura 11 – Esquema da máquina fuzzy	37
Figura 12 – Avaliação da EaD.	38
Figura 13 – Modelo do FLC	39
Figura 14 – Equação semântica para Competência	41
Figura 15 – <i>Fuzzy Logic Controller</i> - Representa as entradas, processo de inferência e saída.	47
Figura 16 – Representação das funções de pertinências das entradas e saída do FLC. (a) <i>Input</i> do fator tempo, (b) Quantidade de interações, (c) Quantidade de Referências e (d) Saída do sistema.	48
Figura 17 – Gráfico <i>boxplot</i> das entradas	52
Figura 18 – (a) Gráfico <i>boxplot</i> QTag; (b) Gráfico <i>boxplot</i> Nota do Fórum.	52
Figura 19 – Correlação de Pearson entre as características	53
Figura 20 – <i>Fuzzy Logic Control</i> - Representa as entradas, processo de inferência e saída em cascata.	54
Figura 21 – (a) Funções de pertinência para QPR; (b) e (c) Funções de pertinência para QPE; (d) QTag; (e) Funções de pertinência da saída FLC1-Comunicação e (f) FLC2-Afetividade	56
Figura 22 – (a) Gráficos de superfície do controlador Comunicação ; (b) Afetividade. .	57
Figura 23 – (a) e (c) Funções de pertinência para QR; (b) Funções de pertinência para QRef; (d)Funções de pertinência FLC1-Comunicação; (e) Funções de pertinência da saída FLC3 e Funções de pertinência da saída FLC4 (F)	58

Figura 24 – (a) Gráficos de superfície do controlador Popularidade; (b) Interação Social.	59
Figura 25 – Funções de pertinência para (a) valores para Afetividade. (b) Valores para Popularidade. (c) Interação social e (d) Saída para Presencialidade	60
Figura 26 – (a) Gráficos de superfície do controlador Presencialidade entra as entradas Afetividade e Popularidade; (b) Interação e Popularidade.	61
Figura 27 – Gráfico de comparação Nota do fórum e Fator Presencialidade.	63
Figura 28 – Gráfico de comparação entre Nota do Especialista, Fator Presencialidade e Presencialidade com arredondamento. Fórum 1.	66
Figura 29 – Gráfico de comparação entre Nota do Especialista, Fator Presencialidade e Presencialidade com arredondamento. Fórum 2.	66
Figura 30 – Gráfico de comparação Nota do Especialista e Fator Presencialidade da amostra.	67
Figura 31 – Gráfico Percentual de acerto por erro	69
Figura 32 – Gráfico correlação de <i>Pearson</i>	70
Figura 33 – Vetor Aprendizagem do Fórum LVF com seus respectivos valores referentes a primeira postagem e seu deslocamento máximo pelo Fator Presencialidade.	74
Figura 34 – Ilustração das regras fuzzy	86

Lista de tabelas

Tabela 1 – Valores da Variação Angular I e Correspondentes Valores de Notas. . .	26
Tabela 2 – Matriz de Produto $m \times CP$	27
Tabela 3 – Tempo de Participação: Conjuntos fuzzy e graus de pertinência para alguns valores de x	32
Tabela 4 – Comparativo dos autores.	42
Tabela 5 – Matriz contendo as informações de cada aluno.	46
Tabela 6 – Conjunto de Regras de Inferência.	47
Tabela 7 – Matriz contendo as informações de cada aluno.	50
Tabela 8 – Dados estatísticos extraídos da base por meio do RStudio.	51
Tabela 9 – Regras difusas para determinar fator Comunicação (A) e Afetividade (B). .	57
Tabela 10 – Regras difusas para o grau de Popularidade (a) e Interação Social (b). .	59
Tabela 11 – Regras difusas para determinar a presencialidade.	60
Tabela 12 – Notas e Fator Presencialidade.	62
Tabela 13 – Resultado Experimento 2 - Fórum 1 e 2.	65
Tabela 14 – Erro Quadrático Médio da amostra com os três tipos de funções. . . .	68
Tabela 15 – EQM1-Triangular; EQM com arredondamento para menor; EQM com arredondamento para maior.	68
Tabela 16 – Tabela com os valores da correlação de <i>Pearson</i>	70
Tabela 17 – Tabela da variação angular para a primeira postagem e suas respectivas notas.	74
Tabela 18 – Valores do avanço angular resultante do Fator Presencialidade $\times$ Passo(3,75°). .	74
Tabela 19 – Regras Fuzzy	86
Tabela 20 – Continuação	94

Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas;
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem;
B	Bom;
CP	Coeficiente do Passo;
CoG	Centro de Gravidade;
EaD	Educação a Distância;
EQM	Erro Quadrático Médio;
F	Fraco;
FLC	Controlador de Lógica Fuzzy;
FP	Fator Presencialidade;
LV	<i>Learning Vectors</i> ;
LV _x	Componente horizontal do LV (LV _x);
LV _y	Componente vertical do LV (LV _y);
M	Muito Bom;
MOODLE	Modular <i>Object-Oriented Dynamic Learning Environment</i> ;
ΔT	Variação Angular Total;
HTML	<i>HyperText Markup Language</i> , que significa Linguagem de Marcação de Hipertexto.
PS	Presencialidade Social;
QI	Quantidade de interações;
QPE	Quantidade de <i>Posts</i> Enviados;
QPR	Quantidade de <i>Posts</i> recebidas;
QR	Quantidade de Relacionamentos;
QRef	Quantidade de Referências;

Q _{tag}	Quantidade de TAGs.
R	Regular;
UFC	Universidade Federal do Ceará;
T	Tempo;

Lista de símbolos

α	Letra grega Alfa. É a primeira letra do alfabeto grego e tem um valor numérico de 1;
Δ	Letra grega Delta. É a quarta letra do alfabeto grego;
θ	Letra grega Teta. Em matemática, a letra representa a medida de um ângulo;
μ	Letra grega Mi. É a décima segunda letra do alfabeto grego;
$\in$	Pertence;
$\notin$	Não Pertence;
Σ	Somatório.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Motivação para a Dissertação	20
1.2	Descrição do Problema	20
1.3	Objetivos Geral e Específicos	22
1.4	Produção Científica	22
1.5	Plano da Estrutura da Dissertação	23
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
2.1	O Modelo LV	24
2.1.1	O Modelo Fórum LV	27
2.2	Lógica Fuzzy	29
2.2.1	Lógica convencional x Lógica Fuzzy	30
2.2.2	Pertinência e Funções de Pertinência	31
2.2.3	Operação com conjuntos difusos(Fuzzy)	32
2.2.4	Variáveis Linguísticas	33
2.2.5	Regras Se - Então	34
2.2.6	Fuzzificação	34
2.2.7	Defuzzificação	36
2.2.8	Máquina Fuzzy	37
2.3	Trabalhos Relacionados	37
2.4	Considerações Finais	43
3	METODOLOGIA	44
3.1	Classificação da Pesquisa	44
3.2	Universo da Pesquisa	44
3.3	Experimento 1 - Um ensaio com a Lógica Fuzzy	45
3.4	Experimento 2 - Em busca do Fator Presencialidade	48
3.4.1	Regras difusas para determinar FLC1 - Comunicação e FLC2 - Afetividade	55
3.4.2	Regras difusas para determinar o FLC3-Popularidade e FLC4-Interação Social	58
3.4.3	Regras difusas para determinar o grau de presencialidade	59
3.5	Considerações Finais	61
4	RESULTADOS	62
4.1	Resultados do Experimento 1	62
4.2	Resultados do Experimento 2	64
4.3	Considerações finais	71

5	ESPECIFICAÇÃO DO FÓRUM LV FUZZIFICADO	72
5.1	Especificação do Fórum LV Fuzzificado	72
5.2	Considerações Finais	75
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
6.1	Conclusões	76
6.2	Dificuldades e Limitações	77
6.3	Outras Contribuições	77
6.4	Trabalhos Futuros	78
	REFERÊNCIAS	79
	APÊNDICES	83
	APÊNDICE A – ALGORITMOS	84
A.1	Algoritmos para MATLAB utilizado no experimento 1	84
A.2	Algoritmos Fuzzy utilizado no experimento 2	85
	APÊNDICE B – REGRAS FUZZY	86
B.1	Conjunto de Regras Fuzzy Utilizado no Experimento-1	86
B.2	Conjunto de Regras Fuzzy Utilizado no Experimento-2	88
	APÊNDICE C – BASE DE DADOS UTILIZADO NO EXPERIMENTO-2	89
C.0.1	Tabela contendo os resultados de cada FLC e Nota LV	93
	APÊNDICE D – DOCUMENTAÇÃO DE SCRIPTS SQL	95
	ANEXOS	97
	ANEXO A – EQUAÇÕES MATEMÁTICAS E ESTATÍSTICAS UTILIZADA	98

1 INTRODUÇÃO

A modalidade de Educação a Distância (EaD) estabelecida na lei 9.394 (BRASIL, 1996) ou LDB¹ e regulamentada pelo decreto nº 5.622 (BRASIL, 2005) e alterada pela reforma do ensino médio na Lei 13.415 (BRASIL, 2017b). A EaD vem crescendo e cada vez mais ganhando espaço no ensino básico e superior, fato esse reforçado com a homologação do parecer CNE/CES nº 462/2017, favorável ao projeto de resolução que cria o mestrado e o doutorado na modalidade EaD (BRASIL, 2017a).

De acordo com informações retiradas do site da Associação Brasileira de Educação a Distância (ABED) em seu senso EaD 2016/2017 o quantitativos de alunos matriculados em cursos regulares foi de 498.683 em 2015 para 561.667 em 2016 sendo que a maioria são de cursos de especializações lato sensu, com uma oferta de 1.098 cursos e 799 ofertas de cursos em nível superior (ABED, 2017).

Para gerenciar esse quantitativo de cursos e alunos dessa modalidade de ensino surgiram os *Content Management System* (CMS) e os *Learning Management Systems* (LMS), também denominados Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) são plataformas que permitem a gestão do curso e o acompanhamento do aluno permitindo a EaD desempenhar seu importante papel, visto o número de cursos e alunos no cenário educacional dos dias atuais (AZEVEDO, 2009).

Um AVA que vem ganhando destacando e é muito utilizado pelas universidades do Brasil é o Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) é uma plataforma de aprendizagem a distância baseada em Software Livre. Em 2017, ele possuía mais de 93 mil sites, mais de 14,7 milhões de cursos, quase 125,5 milhões de usuários em 229 países. O Brasil é o terceiro no ranking de registros com 5.079 instalações registradas (MOODLE, 2018).

O Moodle é um sistema de gerenciamento de cursos *on-line* de código aberto, na qual é possível desenvolver módulos para atender a necessidades específicas e está baseado na adoção de uma pedagogia socioconstrucionista, que busca promover colaboração, atividades individuais e compartilhadas, reflexão crítica, autonomia, entre outros aspectos. Ele oferece um ambiente seguro e flexível, podendo ser adaptado às necessidades de qualquer curso a distância ou daqueles que, mesmo sendo presenciais, desejem utilizar um AVA como recurso adicional (VIDAL; MAIA, 2015).

O Moodle disponibiliza uma gama de recursos que poderão ser empregados no processo de educação a distância, tais como: *download* e *upload* de materiais diversos (texto,

¹ Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional.

imagem, som, vídeo), e atividades síncrona e assíncronas² como: fóruns, *chat*, diários, tarefas, *wiki*, pesquisas de opinião e avaliação, questionários (permitem a criação de exames *on-line*)(MOODLE, 2018). Além disso, possibilita a inclusão de novas funcionalidades disponíveis na forma de *plugins*³, como, por exemplo, visualizador de arquivos no formato pdf⁴ e o envio de e-mail.

Para reforçar os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA), pelos quais os cursos nessa modalidade se desenvolvem, cresce a exigência por novos mecanismos para avaliações mais efetivas, o que tem proporcionado o desenvolvimento de várias pesquisas e trabalhos científicos focados em métodos de avaliação para esta modalidade.

Diversos são os modelos propostos de avaliação em EaD. Bai e Chen (2008), Saleh e Kim (2009), Arias et al. (2012a) e Dias e Diniz (2013) utilizaram a lógica Fuzzy em seus processos avaliativos. Losada (1999), Sales (2010) e Gonçalves (2016) buscaram uma avaliação quali-quantitativa e não-linear. Porém, um modelo de avaliação formativa e contínua, que possa realizar uma avaliação, como também mensurar a presencialidade dos alunos, especificamente nos fóruns de um AVA, é tema ainda pouco explorado.

Os ambientes virtuais com suas atividades síncronas e assíncronas podem possibilitar o engajamento dos alunos na resolução de problemas. Todos os registros dos alunos como, acesso a plataforma, acesso ao fórum, visualização, *uploads* e *downloads* ficam registrados na base de dados do AVA, como por exemplo, o Moodle. Com base nessas informações é possível mensurar as participações e as interações dos alunos, bem como, extrair um indicador de presencialidade no curso.

Para Bizzo (2009), a presencialidade remete à ideia de conectado, sincronizado. Assim a comunicação em tempo real entre um professor e um aluno, seja em curta ou longa distância, é considerada como presencial, podendo, desta forma, atestar-se sua presença social no grupo.

Segundo Valente (2000), aprendizagem e educação são processos “presenciais”, ou seja, exigem o encontro, a troca, a cooperação que podem ocorrer mesmo com os sujeitos estando “a distância”. Nesse sentido o termo presencialidade pode significar também, o “estar juntos virtualmente” (VALENTE, 2000).

Diante desse cenário o espaço físico da sala de aula está dando lugar ao ciberespaço⁵,

² Assíncronas - Que não é síncronico, que não se realiza ao mesmo tempo.

³ *Plugin* ou módulo de extensão é um programa de computador usado para adicionar funções a outros programas maiores, provendo alguma funcionalidade especial ou muito específica. Geralmente pequeno e leve, é usado somente sob demanda.

⁴ O PDF (Portable Document Format) é um formato de arquivo, desenvolvido pela Adobe Systems em 1993, para representar documentos de maneira independente do aplicativo, do hardware e do sistema operacional.

⁵ Ciberespaço - é o espaço de comunicação aberto na rede mundial de computadores. Consiste de uma realidade multidirecional, artificial ou virtual incorporada a uma rede global, sustentada por computadores que funcionam como meios de geração de acesso(LEVY, 2010).

ou melhor, à construção de “redes de aprendizagem”, onde professores e alunos aprendem, interagem e cooperam entre si (LÉVY; GUIMARÃES, 1998; PRETI, 2000).

Segundo Vidal e Maia (2015), para integrar ao ciberespaço é necessária a utilização dos múltiplos mecanismos de comunicação no campo educacional, através da internet (*e-mail*, *chats*, *news*, *web* conferências e fóruns) que ampliam as possibilidades da aprendizagem dinâmica e participativa, transpondo o conceito tradicional de tempo e espaço e “estabelecendo novas pontes entre o estar juntos fisicamente e virtualmente” (MORAN, 2002).

A presencialidade virtual na EaD é vital para o desenvolvimento e conclusão dos cursos. Muitos cursos têm suas cargas horárias divididas em uma parte presencial e outra a distância, e esta última representa um percentual significativo do total do curso (KAMPFF, 2009).

Por se tratar de um ambiente fora da sala de aula, fora do contexto tradicional de aprendizagem aluno/professor, é necessário um contato através do AVA, e isso se dá por meio da tecnologia, onde o aluno e o professor, mesmo estando longe e separados fisicamente, estão bem próximos virtualmente e podem tirar suas dúvidas, passar conteúdos, interagir etc. Essa proximidade virtual equivale a uma distância psicológica ao que Moore (1993) denomina de distância transacional (MOORE, 1993).

O conceito de distância transacional (PETERS, 2001) trata da distância comunicativa ou psicológica estabelecida na relação pedagógica, transcendendo a questão da distância geográfica posta em EaD. A distância transacional é analisada a partir da combinação das dimensões estrutura (do curso), diálogo (entre os participantes) e autonomia (do aluno). A combinação dessas variáveis depende de cada curso, de seus objetivos e público-alvo (KAMPFF, 2009).

Relativo a pesquisa de presencialidade *online*, ou presença social, seu surgimento ocorreu a partir de um estudo mediado *human-to-human* na pesquisa de Short, Williams e Christie (1976). Short e colaboradores definem a presença social como o grau de relevância da outra pessoa na interação, ou seja, a definição enfoca a consciência dos usuários de tecnologia da outra pessoa em um ambiente mediado. Um termo que define melhor esse conceito definido por Short, Williams e Christie (1976) seria a popularidade do usuário no ambiente online. À medida que as tecnologias evoluem, a noção de presencialidade social aumenta (KIM, 2011). Assim, as pessoas experimentariam a presença social em qualquer tipo de ambiente virtual e em qualquer tipo de contexto de interação mediado pela tecnologia.

Presencialidade, estar juntos virtualmente, presença virtual, conectividade e outros termos, são utilizados para definir interação ou a presença social do aluno em um ambiente mediado por tecnologia.

1.1 Motivação para a Dissertação

A motivação maior para a realização desta pesquisa é contribuir para o processo de ensino e aprendizagem em EaD, através de uma avaliação baseada na presencialidade social em ambientes virtuais de aprendizagem.

Ainda que os AVAs tenham suporte à avaliação e ofereçam uma infinidade de indicadores de desempenho, há certa dominância das avaliações somativas⁶ e quantitativas e ainda há as dificuldades em se nivelar as subjetividades presentes no ato de avaliar. Poucas são as opções de avaliações qualitativas que expõem as várias facetas da aprendizagem do aluno nesses ambientes virtuais de aprendizagem que podem ser avaliadas simultaneamente, como: domínio de conteúdo, interação e presencialidade.

Informar ao aluno o grau de participação ou passar *feedbacks* de sua presença no fórum, favorece o sentimento de pertencimento ao grupo, na medida em que o estudante se sente acompanhado e percebe a presença dos outros alunos e do professor. Perceber o que ele fez, e que alguém se importa e dá a devida atenção, faz o aluno se sentir parte do processo. O fator presencialidade abre espaço para o aprofundamento das relações em um fórum, possibilitando conhecer detalhes importantes como a citação pelos colegas e o grau de pertencimento ao grupo.

1.2 Descrição do Problema

Os Fóruns de discussões em ambientes virtuais são ferramentas assíncronas de trabalho colaborativo e participativo. Neste tipo de atividade, o Professor/Tutor⁷ realiza uma avaliação após o aluno apresentar uma resposta à pergunta geradora da discussão. Neste caso o Professor/Tutor faz uma leitura e reflexão da resposta produzida pelo aluno e aplica seu julgamento de valor e atribui uma nota. As demais avaliações estão relacionadas com a discussão gerada a partir da questão principal, ou seja, com as interações entre eles.

Otsuka e Rocha (2002) ressaltam que fazer uma avaliação baseada em contribuições é uma tarefa árdua. E que o Professor/Tutor precisa estar sempre atento ao grupo a fim de verificar a qualidade das contribuições. Observa-se também que o formador tem que acompanhar, avaliar e motivar as demais interações”.

Foi encontrado na literatura a indicação de vários procedimentos e ferramentas para acompanhar os alunos nos fóruns de discussão. Alguns Professores/Tutores utilizavam o papel para calcular as postagens e interações e atribuir as notas. Outros fazia uso de planilhas eletrônicas para controlar a quantidade de postagens e interações entre os alunos,

⁶ Somativa - Tipo de avaliação que ocorre ao final da instrução com a finalidade de verificar o que o aluno efetivamente aprendeu

⁷ Professor/Tutor: Representa o professor virtual, ou seja, a pessoa que acompanha e avalia uma turma no Ambiente Virtual de Aprendizagem.

e tinha os que faziam uso de algum softwares para facilitava o processo de avaliação, atribuindo uma nota a cada postagem por meio de ícones, figuras ou conceitos. Porém, estes últimos não incluíam em seus processos avaliativos a presencialidade do aluno.

Em muitos fóruns de discussões é comum observar que vários alunos fazem sua participação no início da discussão do fórum e desaparecem, voltando a participar apenas nos últimos dias do fórum. Enquanto que outros alunos, participam do começo ao fim das discussões.

Segundo Otsuka et al. (2006) no contexto da EaD, onde não se tem a percepção das interações face a face, as características informativa e reguladora da avaliação formativa têm revelado uma especial importância por favorecer a percepção do comportamento dos aprendizes e a identificação de problemas mesmo a distância, possibilitando uma orientação mais efetiva das aprendizagens em andamento.

Dependendo do tamanho do grupo e do volume de mensagens gerada pela discussão, fica impossível o tutor avaliar a presencialidade de todos os alunos no fórum, pois são inúmeras as contribuições individuais de cada aluno na discussão.

Diante da situação de avaliar as contribuições e mensurar de forma subjetiva a presencialidade de cada participante no fórum, principalmente quando essas atividades são realizadas na modalidade EaD, percebe-se a necessidade de buscar alternativas de avaliação nessa modalidade.

Segundo Lino (2007), o professor precisa avaliar todo o processo de construção do conhecimento e não avaliar o estudante somente ao final do processo. Sendo assim, é importante que outros aspectos sejam considerados como a frequência do estudante, sua participação e evolução no decorrer do curso, dentre outros critérios subjetivos.

Ciente das dificuldades de realizar essa avaliação por parte Professor/Tutor é que se elabora a seguinte questão de pesquisa:

- É possível definir um modelo utilizando Lógica Fuzzy que consiga avaliar a presencialidade em um Fórum de discussão de forma semi-automatizada, capaz de reduzir a sobrecarga do Professor/Tutor através das postagens, relacionamentos e interações dos alunos no Ambiente Virtual de Aprendizagem?

Tal indagação suscita a seguinte hipótese de trabalho:

- É possível desenvolver uma máquina capaz de mensurar a presencialidade, a partir de um conjunto de ações dos alunos, com base nas especificações de um especialista em EaD.

Percebendo essa dificuldade específica em avaliar a presencialidade dos alunos em fóruns existentes nos AVA, identificou-se a necessidade de agregar ao Fórum LV, uma modelagem que trabalhasse com avaliação da presencialidade utilizando a Lógica Fuzzy.

Desta forma, propõe-se nesta dissertação um mecanismo que poderá viabilizar esses anseios e que mediante reflexões sobre as necessidades da avaliação da presencialidade, conduz-se à elaboração dos objetivos, descritos na próxima seção.

1.3 Objetivos Geral e Específicos

O objetivo desta dissertação é especificar e modelar por meio de mecanismos de Lógica Fuzzy o Fator Presencialidade do aluno no Fórum LV como contribuição ao Modelo LV de avaliação formativa em fóruns de discussão aplicada ao AVA Moodle.

Para consecução deste objetivo geral precisam-se alcançar os seguintes objetivos específicos:

- Extrair características da discussão de um Fórum LV que possam indicar a presencialidade;
- Utilizar a Lógica Fuzzy para mensurar a presencialidade;
- Validar a metodologia através de experimentos.
- Propor um modelo de avaliação que inclua a avaliação da presencialidade ao Fórum LV de discussão;

1.4 Produção Científica

Durante este projeto de mestrado, os seguintes trabalhos científicos foram aceitos e publicados. A saber:

- **ALBUQUERQUE, M.C.N.; SALES L.G.; FILHO, P.P.R.; MEDEIROS, C.M.S,** 2017. **Avaliação da Presencialidade em um Fórum LV Utilizando Lógica Fuzzy.** Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE), p.1357.DOI: <http://dx.doi.org/10.5753/cbie.sbie.2017.1357>;
- **ALBUQUERQUE, M.C.N.; CUNHA, J. L. L.; SALES, G. L.,** 2015. **O Uso de Ambientes Virtuais na Progressão de Alunos do Ensino Presencial.** In: IV CHIP - Colóquio Nacional de Hipertexto:, 2015, Fortaleza. Tecnologias Digitais Aplicadas ao Ensino e Aprendizagem: Desafios da Atualidades. Fortaleza: IFCE, 2015. v. 1. p. 1-84.
- **LIMA, A. J.; ALBUQUERQUE, M.C.N.; LOPES, I. B. F. SICA - Sistema Integrado para Controle de Aprendizagem.** In: III Fórum Mundial de Educação Profissional e Tecnológico, Recife-PE, 2015.

1.5 Plano da Estrutura da Dissertação

A dissertação é desenvolvida em seis capítulos: Introdução, Metodologia, apresentação e discussão dos resultados, Especificação do Fórum LV Fuzzificado e por último as conclusões.

- **Capítulo 1:** Introdução.

Apresentação da contextualização do tema de estudo, motivação, descrição da problemática, questão da pesquisa, hipóteses, objetivo Geral e Específicos, produção científica.

- **No Capítulo 2:** Revisão Bibliográfica

Neste capítulo é apresentado o Modelo LV e suas equações da positividade e negatividade para encontrar o fator β (beta), como também o funcionamento do Fórum LV. Em seguida é feita uma abordagem sobre a Lógica Fuzzy e seus processo de fuzzificação e defuzzificação. É apontado algumas trabalhos relacionados sobre educação a distância, e seus processos avaliativos, a fim de entender melhor a sistematização do processo de avaliação nesta modalidade de ensino como também trabalhos utilizando lógica fuzzy na educação.

- **No Capítulo 3:** Metodologia

Neste capítulo tem-se a caracterização da pesquisa, os métodos e técnicas utilizados no estudo, a definição do modelo para fuzzificar o Fórum LV. São definidos os valores de entrada, o processo de fuzzificação, inferência e defuzzificação para o experimento 1. São definidos novas variáveis de entrada e definido um modelo que faz uso de 5 (cinco) controladores fuzzy para a realização do experimento 2.

- **No Capítulo 4:** Resultados

São apresentados os resultados dos experimentos 1 e 2 e as implicações encontradas. No Experimento 1 é apresentado os resultados e limitações. No Experimento 2 é discutido os resultados e comparado com os valores dos especialistas. São apresentados dados estatísticos dos erros e acertos. São apresentados as contribuições para a modelagem de uma nota composta também pela presencialidade.

- **No Capítulo 5** Especificação do Fórum LV Fuzzificado.

É apresentada a proposta de especificação ou modelagem para o novo Fórum LV Fuzzificado. Modelagem esta, que possibilita um fórum mais automatizado e mantém a mesma dinâmica de funcionamento do Modelo LV.

- **No Capítulo 6** Conclusões

São apresentadas as considerações finais e a conclusão, além das dificuldades e limitações, contribuições e trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Trata-se nesse capítulo da apresentação dos modelos de avaliação que serviram para guiar a modelagem para fuzzificação do Fórum LV. É feita uma abordagem do Modelo LV, da lógica Fuzzy e dos principais trabalhos desenvolvidos nessa área.

2.1 O Modelo LV

O Modelo *Learning Vectors* (LV) foi idealizado como um modelo de função dupla de suporte e de gerenciamento para ser aplicado a AVAs e dessa forma permitir um acompanhamento qualitativo e quantitativo do desempenho/rendimento dos estudantes de EaD. Os ambientes virtuais requerem o engajamento contínuo e regular dos alunos, possuindo para isso, várias ferramentas síncronas e assíncronas que possibilitam atividades de resolução de problemas e discussões de temas, possibilitando dessa forma sua participação e interação e, por conseguinte, sua presencialidade no AVA.

O Modelo LV, foi adaptado para 4 atividades avaliativas do Moodle (*wikis*, fórum, *chats* e tarefa) que passaram a ser chamadas de *Wikis* LV, Fórum LV, *Chat* LV e Tarefa LV. É dado destaque nesta pesquisa à ferramenta Fórum LV. Incorporada a partir de pesquisas e estudos, tornando-se assim uma das ferramentas de avaliação do Modelo LV, que tem seu modelo qualitativo com base nas interações dos alunos. O Modelo LV aplica-se ao suporte e gerenciamento da avaliação formativa em AVA. Está fundamentado na interação e aplicação de vetores e equações trigonométricas em sua especificação (SALES, 2010), que por sua vez, baseiam-se no modelo não linear e psicomatemático *Meta Learning* (LOSADA, 1999).

Os LV gerenciam as notas das atividades presenciais e a distância, assim como a frequência do cursista. Facilitam a mediação e a interação Tutor – Cursista, por empregar linguagem iconográfica, denominada de LV Ícones (FIGURA 1).

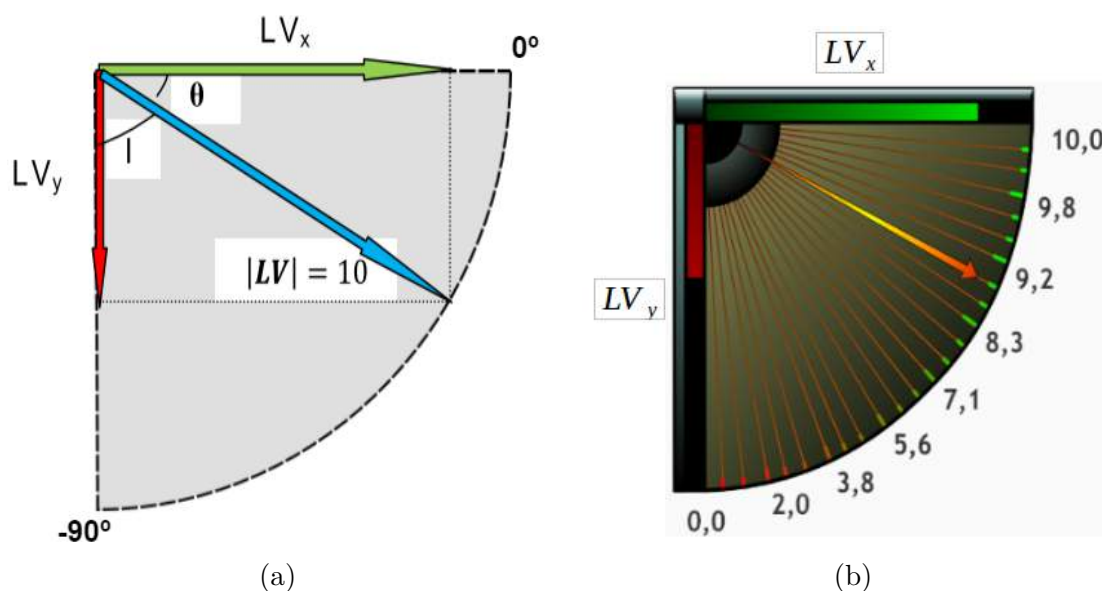
Figura 1 – LV Ícones



Fonte: HELPCCLASSONLINE, 2017.

Para apresentação das notas, o LV usam representações geométricas vetoriais, denominadas de Vetores-Aprendizagem, que possuem módulo fixo de 10 unidades com direção inicial em $\theta = -90^\circ$ (nota mínima) até $\theta = 0^\circ$ (nota máxima) (FIGURA 2b).

Figura 2 – (a) Módulos positividade(LVx) e negatividade(LVy) ; (b) Vetor-Aprendizagem e suas projeções.



Fonte:SALES; BARROSO; SOARES, 2012.

O módulo positividade, componente horizontal do LV (LVx) representa as notas referentes às ações do aluno, e a componente vertical (LVy) relaciona-se à negatividade de desempenho do aluno (FIGURA 2a). Os componentes horizontais e verticais refletem diretamente no rendimento e no resultado final da nota do aluno. A razão entre os fatores positividade/negatividade (P/N) contribui para a métrica pedagógica não-linear denominada Fator β , que se relaciona à natureza qualitativa do modelo de avaliação LV (SALES; BARROSO; SOARES, 2012; SALES, 2010).

As Equações 2.1 e 2.2 expressam o módulo do componente horizontal LV_x (Positividade) e Vertical LV_y (Negatividade), como segue:

$$LV_x = 10 * \cos [(-90^\circ + I)] \quad (2.1)$$

e

$$LV_y = 10 * \sin [(-90^\circ + I)] \quad (2.2)$$

Dependendo dos valores da variável I , a direção do vetor modifica-se discretamente.

Na tabela abaixo são representados os 25 possíveis valores discretos da variável I e suas correspondentes notas ao aplicar a Equação 2.1

Tabela 1 – Valores da Variação Angular I e Correspondentes Valores de Notas.

I	Nota	I	Nota	I	Nota	I	Nota	I	Nota
0°	0,00	18,75°	3,21	37,50°	6,09	56,25°	8,31	75,00°	9,66
3,75°	0,70	22,50°	3,83	41,25°	6,59	60,00°	8,66	78,75°	9,81
7,50°	1,31	26,25°	4,42	45,0°	7,07	63,75°	8,97	82,50°	9,91
11,25°	1,95	30,00°	5,00	48,75°	7,52	67,50°	9,24	86,25°	9,98
15,00°	2,59	33,75°	5,56	52,50°	7,93	71,25°	9,47	90,00°	10,0

Fonte: SALES, 2010.

A escala utilizada para fazer menções qualitativas é construída sobre seis itens de apreciação: Muito Bom, Bom, Regular, Fraco, Não Satisfatório e Neutro, associadas a uma escala numérica (Coeficiente do Passo - CP) e a ícones (LV Ícones) (FIGURA 3).

Figura 3 – Escala de Menções qualitativas e correspondência com o CP

Menções Qualitativas	Muito Bom	Bom	Regular	Fraco	Não Satisfatório	Neutro
Coeficiente do Passo (CP)	4	3	2	1	0	-
LV Ícones						

Fonte: SALES, 2010.

Sales (2010) afirma que estes “itens de apreciação da Escala de Menções relacionam-se ao nível da interação do aluno (passivo/ativo) e a sua profundidade de reflexão (domínio de conteúdo) exprimindo a subjetividade da avaliação”.

A escala de ícones representada pelo Coeficiente do Passo (CP) atua nas mudanças de direção do vetor LV e origina os diversos valores de I , apresentados na Tabela 1, que perfaz a Variação Angular Total (ΔT) (EQUAÇÃO 2.3):

$$\Delta T = \sum (m * CP_i) 7,5^\circ \quad (2.3)$$

Sendo m o Fator Multiplicador definido por:

$$m = \left\{ \left(\frac{x}{2}, x \in N | 1 \leq x \leq 6 \right) \right\} \quad (2.4)$$

Os valores do produto Fator Multiplicador (m) versus Coeficiente do Passo CP garantirá uma das 25 possíveis notas contidas na Tabela

Tabela 2 – Matriz de Produto $m \times CP$.

m	Coeficiente do Passo				
	4	3	2	1	0
1/2	2,0	1,5	1,0	0,5	0
1	4,0	3,0	2,0	1,0	0
3/2	6,0	4,5	3,0	1,5	0
2	8,0	6,0	4,0	2,0	0
5/2	10,0	7,5	5,0	2,5	0
3	12,0	9,0	6,0	3,0	0

Fonte: SALES, 2010.

Tal combinação apresentada nessa matriz produto permite a flexibilidade de configurar as ferramentas fóruns, *chat* e *wiki* de forma a estabelecer um mínimo de mensagens postadas para que o aluno possa atingir a nota máxima.

Na próxima seção é apresentada a modelagem do Fórum LV e seu funcionamento.

2.1.1 O Modelo Fórum LV

O Fórum LV de discussão se diferencia dos outros fóruns por fazer uso de avaliação iconográfica, de forma qualitativa. Sales (2010) estabeleceu os seguintes critérios de categorização das mensagens postadas:

M1 - Mensagem Principal – mensagem postada no fórum que revela a compreensão do aluno acerca do tema proposto para discussão.

M2 – 1ª Mensagem de Interação - mensagem postada no fórum que vem como resposta, comentário, sugestão, crítica ou concordância, seguida de justificativa a alguma

mensagem já depositada no fórum, com fins de provocar dinamismo nas discussões e gerar mais interações acerca do tema em estudo.

Mn – Demais Mensagens de Interação – inserções a partir da terceira mensagem ($n \geq 3$) de um mesmo aluno que pode suscitar ainda mais interações.

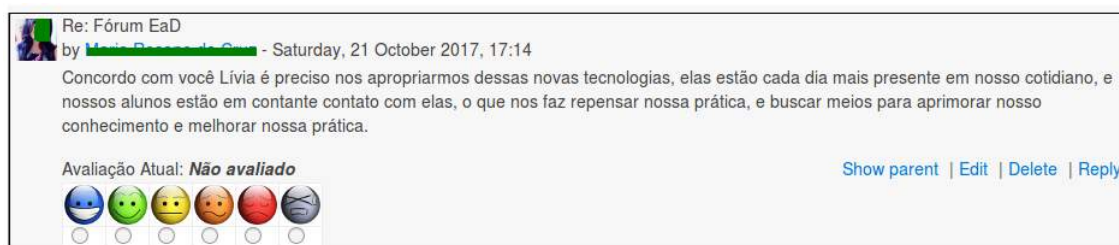
No cálculo o módulo do vetor FórumLV_(1:n), Sales(2010) valeu-se da seguinte equação 2.5:

$$I_n = \left\{ \begin{array}{ll} 0; \text{ para } n=0; & \\ (m * CP) 7,5^\circ + I_{n-1} & \left\{ \begin{array}{l} \text{para } n=1 \text{ e } n=2; \\ m \in \left\{ \frac{1}{2}, 1, \frac{3}{2}, 2, \frac{5}{2}, 3 \right\} \end{array} \right\} \\ -7,5 + I_{n-1}; \text{ para } & n \geq 3; \text{ se } cp=0 \text{ ou } 1; \\ +7,5 + I_{n-1}; \text{ para } & n \geq 3; \text{ se } cp=2,3 \text{ ou } 4; \end{array} \right\} \quad (2.5)$$

Acerca desta equação, Sales (2010) afirma que os valores do Coeficiente do Passo (CP = 0, 1, 2, 3 ou 4) correlacionam-se ao item de apreciação selecionado da Escala de Menções usado para categorizar a mensagem e ‘m’ é um dos possíveis valores do Fator Multiplicador, selecionado ao se consultar e analisar a Tabela 3. O valor escolhido para o Fator Multiplicador ‘m’ (TABELA 2) é que vai determinar a quantidade mínima de mensagens postadas pelo aluno que o habilitam à nota máxima do fórum ou máxima variação angular de 90°, desde que essas mensagens sejam categorizadas com CP = 4 ou menção qualitativa “Muito Bom”. Por exemplo, se o Fator Multiplicador ‘m’ assumir valores 1/2; 1 ou 3/2, o número mínimo de mensagens correspondentes será, respectivamente: 10, 6 ou 2; já para $m = 3$ a nota máxima pode ser alcançada logo na primeira mensagem.

Implementada no ambiente virtual Moodle, o Fórum LV permite *feedbacks* imediatos e uma avaliação formativa com interface mais afetiva (FIGURA 4), desde que o Professor/Tutor atue de forma contínua.

Figura 4 – Tela do Fórum LV

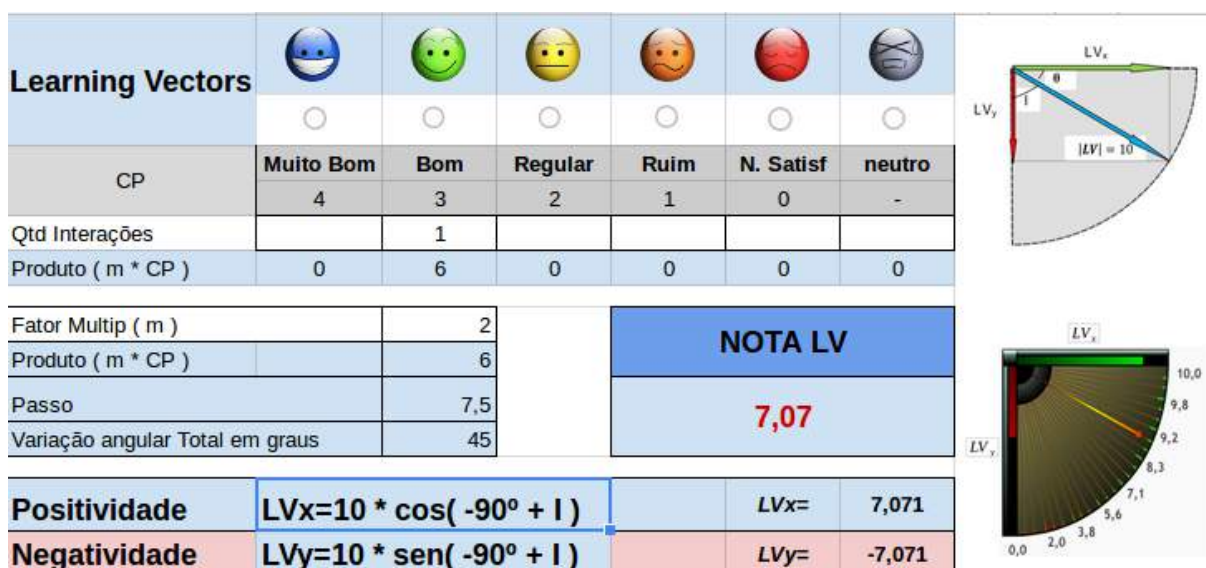


Fonte: HELPCLASSONLINE, 2017.

Como uma alternativa de compreender melhor o funcionamento do LV no fórum, foi confeccionada uma planilha eletrônica com as informações e fórmulas do Modelo LV

(FIGURA 5).

Figura 5 – Simulador do Cálculo LV



Fonte: Próprio autor.

Na Figura 5 são apresentados os Ícones LV com seus respectivos conceitos: Muito Bom, Bom, Regular, Ruim, Não Satisfatório e Neutro. Como exemplo, foi simulado a realização de apenas uma interação. Esta, classificada como ‘Bom’, o Coeficiente de Passo (CP) equivale a 3 (três). Como o Fator Multiplicador escolhido foi 2 (dois), o resultado do produto é igual a 6 (seis), que multiplicado pelo passo angular de 7,5° resulta numa Variação Angular Total percorrida pelo vetor resultante de 45°. Substituindo esse valor na (Eq. 2.1) encontrou-se o valor de 7,07 que representa a nota do aluno para uma interação do tipo ‘Bom’.

Por tudo até então apresentado percebe-se que o Modelo LV prioriza a interação e o domínio de conteúdo. Na seção a seguir, apresenta-se Lógica Fuzzy e a possibilidade de sua contribuição na modelagem da avaliação em fóruns.

2.2 Lógica Fuzzy

A Lógica Fuzzy foi inicialmente introduzida em 1930 pelo filósofo polonês Jan Lukasiewicz. Através do estudo de termos do tipo alto, velho e quente, ele propôs a utilização de um intervalo de valores $[0,1]$ que indicaria a possibilidade de que uma declaração fosse verdadeira ou falsa. Em 1937, o filósofo Max Black propôs a ideia de que continuidade descrevia graus. Ele definiu o primeiro conjunto fuzzy e descreveu algumas idéias básicas de operações com conjuntos fuzzy (MARRO et al., 2010). Em 1965, Lofti

Zadeh da Universidade de Berkeley (Califórnia, Estados Unidos) publicou o artigo Fuzzy Sets, que ficou conhecido como a origem da Lógica Fuzzy.

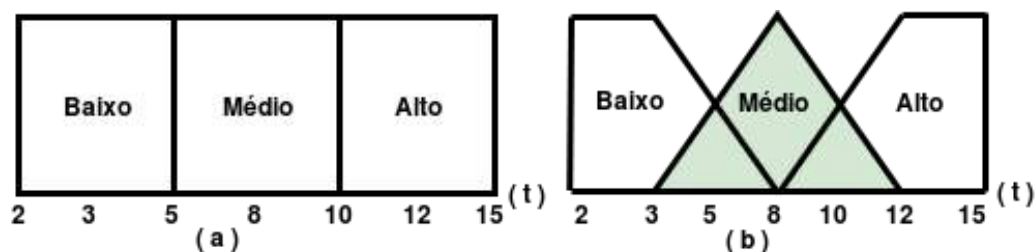
Zadeh (1965) estruturou o que, anos depois, veio a ser uma das maiores inovações no setor matemático. A Lógica Fuzzy apresenta uma quantidade infinita de possibilidades entre os dois extremos. Em outras palavras, a Lógica Fuzzy é uma teoria matemática formal para a representação de incertezas (GENDERA; MATTOSO; BOENTE, 2010). Nesta seção pretende-se apresentar a lógica Fuzzy também conhecida como lógica difusa ou nebulosa, dando ênfase aos conceitos, operadores, métodos matemáticos, variáveis linguísticas e regras difusas.

2.2.1 Lógica convencional x Lógica Fuzzy

A Lógica Fuzzy tem como principal objetivo quantificar valores imprecisos, ambíguos e vagos do cotidiano humano. Expressões do tipo alto, médio, baixo e pouco. Apresentam uma certa subjetividade, sendo difícil de representar corretamente. Por exemplo, o termo ‘um minuto, por favor’ é referente há um tempo baixo, porém, pode representar valores diferentes para pessoas diferentes.

Ao contrário da Lógica convencional, a Lógica Fuzzy utiliza a ideia de que todas as coisas (temperatura, altura, velocidade, etc.) admitem graus de pertinências. Com isso, a Lógica Fuzzy tenta modelar o senso de palavras, tomada de decisão ou senso comum do ser humano (MARRO et al., 2010). A relação de pertinência é um conceito muito importante na ‘Teoria dos Conjuntos’. A pertinência de um dado elemento com relação a um conjunto convencional refere-se ao fato de tal elemento pertencer ou não a esse conjunto (MARRO et al., 2010). De forma ilustrativa, na Figura 6(a), representa-se um exemplo típico da teoria clássica e descreve-se o tempo de participação em um fórum de uma pessoa através de três conjuntos: baixo, médio e alto.

Figura 6 – Representação do tempo em minutos de uma pessoa, (a) sob o ponto de vista da Lógica convencional e (b) Lógica Fuzzy.



Fonte: Próprio autor.

Nesse exemplo, dado um elemento x qualquer, o mesmo pertencerá a um dos conjuntos do gráfico; por exemplo, se $x = 3$ min, então x pertence ao conjunto baixo e

não aos demais, ou seja, um elemento pertence ou não a um determinado conjunto e, além disso, tal elemento não pertence a mais de um conjunto.

Ainda tomando como exemplo o gráfico da Figura 6(b), dados dois elementos $x_1=9$ min e 55 s, e $x_2=10$ min e 5 s, se a lógica clássica for utilizada, esses dois elementos pertencem à classes diferentes, sendo x_1 pertencente à classe médio e x_2 a classe alta. No entanto, na realidade fica difícil de dizer que duas pessoas com uma diferença tão pequena de tempo pertençam a classes diferentes.

Por outro lado, na Lógica Fuzzy, tanto x_1 quanto x_2 tem graus de pertinências aos conjuntos fuzzy definidos, que podem variar de 0 a 1. Zadeh (1965) definiu os conjuntos difusos mais amplamente, como a existência de elementos que pertencem a um conjunto mais do que a outros.

A mente humana opera com conceitos subjetivos, tais como alto, baixo, velho e novo, que são incorporados em classes de objetos na teoria fuzzy, onde a pertinência ou não de um elemento a um conjunto dá-se de forma gradual e não abrupta (ZADEH, 1965).

2.2.2 Pertinência e Funções de Pertinência

São apresentadas as funções de pertinência da lógica clássica 0 ou 1, conforme Equação 2.6, e na Lógica difusa no intervalo dos reais entre 0 e 1, em vez de apenas 0 ou 1 conforme Equação 2.7, considerando um conjunto A e um elemento x com relação a esse conjunto.

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{se, e somente se, } x \in A \\ 1 & \text{se, e somente se, } x \notin A \end{cases} \quad (2.6)$$

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & \text{se, e somente se, } x \in A, \\ 0 & \text{se, e somente se, } x \notin A, \\ 0 \leq \mu(x) \leq 1 & \text{se } x \text{ pertence parcialmente a } A \end{cases} \quad (2.7)$$

Na teoria dos conjuntos difusos, a função característica é normalmente chamada de função de pertinência, sendo que o valor 1 representa uma completa pertinência de um elemento no conjunto e o valor 0 indica uma completa exclusão e, os valores intermediários representam o grau de pertinência do elemento no conjunto.

Na utilização de conjuntos fuzzy, um passo importante é a escolha da função de pertinência. As funções de pertinências mais comuns são as triangulares, trapezoidais, gaussianas e sino. De acordo com Macêdo (2012), as representações trapezoidais e triangulares são as mais utilizadas em problemas de engenharia sendo que, normalmente, as funções trapezoidais são postas nas extremidades e as triangulares modelam o interior do universo de discurso.

A escolha dessa função depende do problema a ser modelado e também da capacidade computacional disponível para processar o que se deseja. Um exemplo de limites de pertinência para o tempo de participação no fórum é apresentado na Tabela 2.

Tabela 3 – Tempo de Participação: Conjuntos fuzzy e graus de pertinência para alguns valores de x .

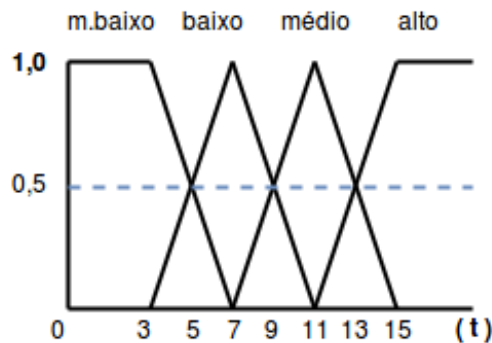
Grau de Pertinência	Muito Baixo			Baixo			Médio			Alto		
	$x \leq 3$	$x=5$	$x=7$	$x=5$	$x=7$	$x=9$	$x=9$	$x=11$	$x=13$	$x=11$	$x=13$	$x \geq 15$
$\mu(x)$	1	0,5	0	0,5	1	0,5	0,5	1	0,5	0	0,5	1

Fonte: Próprio autor.

Nesse caso, tem-se o grau de pertinência de cada um sendo analisado em relação aos minutos. Uma pessoa com tempo menor que 11 min, não pode ser considerada nem um pouco como alto. Assim como uma pessoa que participou durante os mesmos 11 min, também não pode ser considerada baixo.

Outra forma muito utilizada de apresenta as funções de pertinência apresentada na Tabela 3 é na forma de gráfico (FIGURA 7).

Figura 7 – Funções de Pertinência dos termos linguísticos para variável Tempo



Fonte: Próprio autor.

2.2.3 Operação com conjuntos difusos(Fuzzy)

Sejam A e B dois conjuntos difusos em U com suas funções de pertinência μ_A e μ_B , permitem realizar algumas operações com esses conjuntos. As principais são: a união $\cup$, a interseção $\cap$ e o complemento de $\bar{A}$.

- União: a união entre dois conjuntos difusos A e B de U , denotado por $A \cup B$ é um conjunto difuso da forma seguinte:

$$\mu(A \cup B) = \max \{ \mu_A(u), \mu_B(u) \}. \quad (2.8)$$

- Interseção: a interseção entre dois conjuntos difusos A e B de U , denotado por $A \cap B$ é um conjunto difuso da forma seguinte:

$$\mu(A \cap B) = \min\{\mu A(u), \mu B(u)\}. \quad (2.9)$$

- Complemento: o complemento de um conjunto difuso A , denotado por $\bar{A}$ é um conjunto difuso da forma seguinte:

$$\mu\bar{A} = 1 - \mu A(u). \quad (2.10)$$

2.2.4 Variáveis Linguísticas

A teoria dos conjuntos difusos é capaz de tratar situações complexas e imprecisas. Ela também nos permite trabalhar com menos variáveis numéricas e precisas, chamadas variáveis linguísticas. Facilitando o entendimento, o nome que se atribui a um conjunto difuso é a própria variável linguística como, por exemplo, os substantivos idade, tempo, acerto, conhecimento, habilidade etc. Já os termos linguísticos serão as graduações de cada variável linguística como, por exemplo, os adjetivos: fraco, médio, bom, muito bom e etc. Com o conceito de variáveis linguísticas, problemas imprecisos e complexos passam a ser manipuláveis. Segundo Zadeh (1965), uma variável linguística é caracterizada pela quintupla (L, T, X, G, M) , em que:

- L - é o nome da variável linguística;
- T - são os termos linguísticos dos subconjuntos difusos do universo de discurso;
- X - é o universo de discurso;
- G - é uma regra sintática para a geração dos termos dos valores de L ;
- M - é uma regra semântica que associa cada valor de X com seu significado.

Para cada uma das variáveis, definem-se alguns rótulos, como: baixo, mais ou menos baixo, médio, mais ou menos alto e alto. Por exemplo, para a caracterização da variável linguística Tempo, na avaliação do desempenho do aluno, tem-se:

- L - Tempo;
- T - muito baixo, baixo, médio, alto, muito alto;
- X - intervalo de $[0, 10]$;
- G - Se acerto entre 7.5 e 9.0 então $T(\text{acerto}) = \text{alto}$;
- $M - \{(x, \mu_1(x)), (x, \mu_2(x)), (x, \mu_3(x)), (x, \mu_4(x)), (x, \mu_5(x))\}$;

Os conjuntos difusos são úteis para representar conceitos com limites imprecisos. Esta capacidade de representar conceitos imprecisos naturalmente é importante para sistemas de avaliação, pois nos permite representar tipos de conceitos usados pelos humanos, como: baixo, médio, alto, jovem, pequeno, gordo, etc. (YAGER; FILEV, 1994).

2.2.5 Regras Se - Então

Os conjuntos e seus operadores fuzzy são usados juntamente as regras do tipo ‘IF-THEN’ (se-então) para formularmos as sentenças fundamentais ao raciocínio da lógica Fuzzy. Considerando a seguinte regra para avaliação:

SE Tempo é Baixo **E** Acerto é Alto **ENTÃO** Desempenho é Alto.

Temos que baixo, alto e médio são valores linguísticos definidos pelos conjuntos Fuzzy nos universos de discurso. A parte **SE** da regra, ou seja, ‘Tempo é Baixo **E** Acerto é Alto’ é denominada antecedente enquanto a parte ‘**ENTÃO**’, ou seja, ‘Desempenho é Alto’ é denominada de consequente.

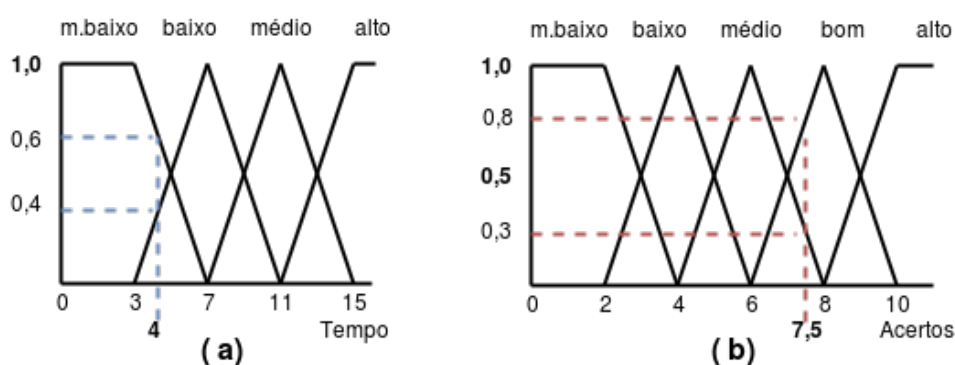
Portanto, o conjunto de regras serve a um sistema inferencial pelo qual se consegue operar as implicações entre antecedentes, obtendo-se os consequentes resultantes.

2.2.6 Fuzzificação

Para Brinckmann (2004), a ‘Fuzzificação’ refere-se à atribuição de graus de pertinência aos valores ‘ x ’ de entrada de dados, conforme a função escolhida para representar as variáveis difusas (termos linguísticos); assim, é apresentado um exemplo para demonstrar o funcionamento.

Considerando três variáveis linguísticas para uma prova *on-line* ‘Tempo (T)’ e ‘Quantidade de Acertos (A)’ e variáveis de saída ‘Desempenho (D)’, ilustrados na Figura 8, pode-se observar que para o Tempo de 4 min. e Acertos 7,5, os conjuntos Fuzzy pertinentes são:

Figura 8 – Fuzzificação das variáveis linguísticas de entrada (a)Tempo e (b)Acertos e seu resultando nos seus respectivos conjuntos fuzzy e graus de pertinência



Fonte: Próprio autor.

Para a variável de entrada Tempo, temos as funções $\mu(x = m.baixo) = 0,6$ e $\mu(x = baixo) = 0,4$ para Acertos, temos as funções $\mu(y = médio) = 0,3$ e $\mu(y = bom) = 0,8$

Logo em seguida, são criadas as regras com base nos graus de pertinência e nas correlações entre as variáveis linguísticas, têm-se as regras ativas seguintes:

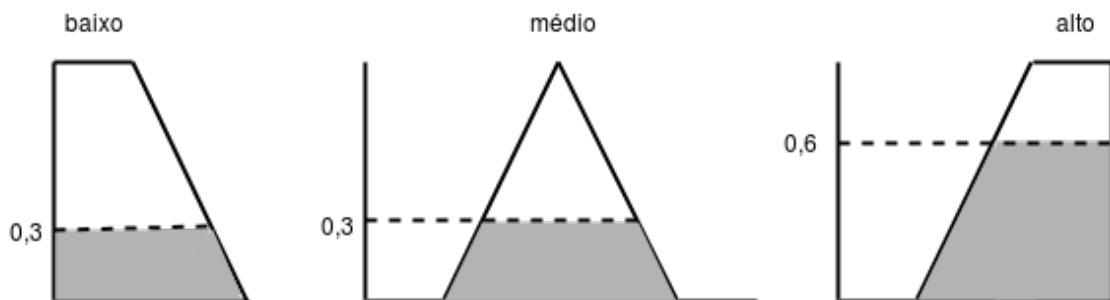
1. IF (T é médio (0,4) and A é baixo (0.3)) THEN (D é Baixo (0.3))
2. IF (T é médio (0,4) and A é médio (0.3)) THEN (D é médio (0.3))
3. IF (T é m.baixo (0,6) and A é bom (0.8)) THEN (D é alto (0.6))

O resultado das implicações para cada regra apresentada pode ser obtido a partir de algumas técnicas encontradas na literatura (MEDEIROS; BARRETO, 2017):

- Implicação de Zadeh: $\max \{ \min [\mu_D (Tempo) , \mu_D (Acerto) , 1 - \mu_E (Tempo)] \}$
- Implicação de Mamdani: $\min [\mu_E (tempo) , \mu_D (acerto)]$
- Implicação de Larsen: $\mu_E (tempo) . \mu_D (acerto)$

O mecanismo de inferência utilizado foi o de Mamdani, devido sua facilidade na formação das regras lógicas além de permitir o uso de muitas variáveis de saída. O método de inferência difusa de Mamdani é a metodologia difusa mais comumente vista (MATHWORKS, 2017). O método de Mamdani foi um dos primeiros sistemas de controle construídos usando a teoria de conjuntos difusos. Isto foi proposto por (MAMDANI, 1976) como uma tentativa de controlar uma máquina a vapor e combinação de caldeiras, sintetizando um conjunto de regras de controle linguístico obtidas a partir de operadores humanos experientes. É apresentado o grau de pertinência da saída Desempenho produzidos pela aplicação das regras fuzzy 1, 2 e 3 (FIGURA 9 e 10).

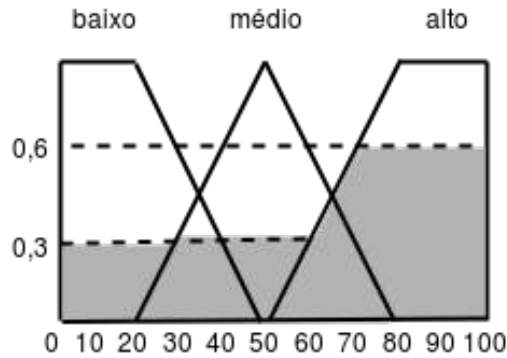
Figura 9 – Conjuntos fuzzy e graus de pertinência da variável linguística de saída Desempenho



Fonte: Próprio autor.

Na Figura 10 é apresentado o resultado da agregação de todas as regras ativas.

Figura 10 – Conjunto fuzzy resultante do processo de agregação das regras fuzzy 1, 2 e 3



Fonte: Próprio autor.

Desta forma, conhecido um valor x de Tempo e um valor y de Acerto, podemos encontrar o Desempenho.

2.2.7 Defuzzificação

Para se obter uma saída numérica é necessário defuzzificar a saída obtida na etapa anterior. Para Medeiros e Barreto (2017) e Marro et al. (2010) O método de defuzzificação mais comum é a técnica do centroide, que obtém o ponto onde uma linha vertical divide ao meio um conjunto agregado. A fórmula geral para o caso contínuo é expressa da seguinte forma:

$$CoG = \frac{\int_a^b x \cdot f(x) dx}{\int_a^b f(x) dx} \quad (2.11)$$

Com o propósito de simplificar o cálculo, costuma-se utilizar a fórmula na sua configuração amostrada:

$$CoG = \frac{\sum_a^b \mu(x) \cdot x}{\sum_a^b \mu(x)} \quad (2.12)$$

Considerando o conjunto fuzzy da Figura 10, o resultado numérico obtido com a aplicação da técnica do centroide (COG) é dado por (considerando intervalos percentuais de 10%, variando de 0% a 100%):

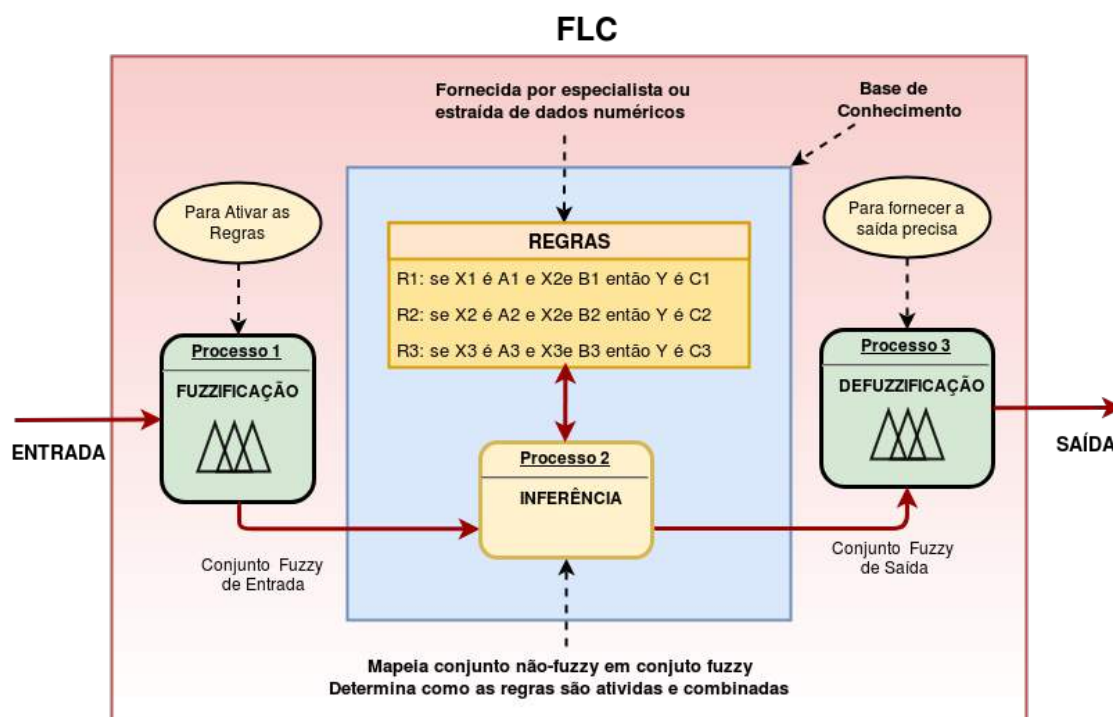
$$GoG = \frac{(0 + 10 + 20) \cdot 0,3 + (30 + 40 + 50) \cdot 0,3 + (60 + 70 + 80 + 90 + 100) \cdot 0,6}{0,3 + 0,3 + 0,3 + 0,3 + 0,3 + 0,6 + 0,6 + 0,6 + 0,6 + 0,6} = 63,34 \quad (2.13)$$

Assim, tem-se que o desempenho do aluno é de 63,34%.

2.2.8 Máquina Fuzzy

Para Santos (2014), a implementação de uma máquina fuzzy é realizada em três etapas básicas (FIGURA 11).

Figura 11 – Esquema da máquina fuzzy



Fonte: Próprio autor.

Breve descrição das etapas de uma máquina fuzzy ou controladores difusos - FLC¹:

- A primeira etapa é chamada de Fuzzificação, onde as entradas do mundo real são convertidas (fuzzificadas) em entradas fuzzy;
- Segunda etapa: Processamento Fuzzy - processamento das entradas fuzzy de acordo com conjuntos de regras e produção de saídas fuzzy;
- Terceira e última etapa chamada de Defuzzificação. Ocorre a conversão de uma saída fuzzy em um valor aplicável no mundo real.

2.3 Trabalhos Relacionados

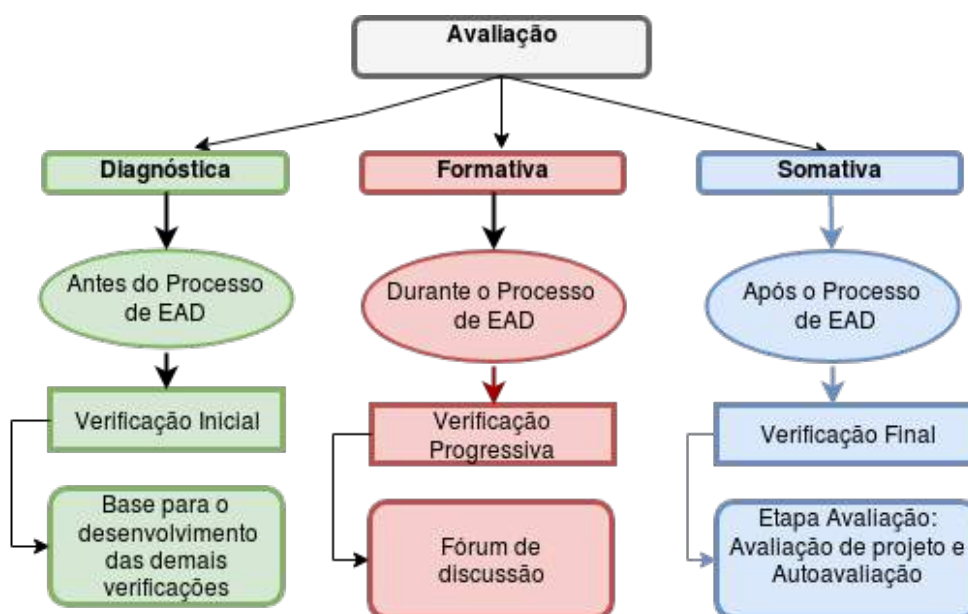
Em qualquer modalidade de ensino, o processo de avaliação da aprendizagem ainda é uma preocupação para o docente e são grandes os esforços dos profissionais, gestores e pedagogos, para definir um modelo de avaliação que possa avaliar de forma justa e integral

¹ Fuzzy logic Controller

o aluno, ou seja, uma avaliação que valoriza a sua participação, a sua presencialidade e o seu desempenho.

Existem três modalidades de avaliação muito utilizadas e amplamente conhecidas, conforme Figura 12, são elas: somativa, diagnóstica e formativa (RODRIGUES; BARCIA, 2003) e (LITTO; FORMIGA, 2014). Cada uma delas com uma função específica. A avaliação somativa tem o propósito de classificar o aluno, atribuindo-lhe uma nota; a diagnóstica é para avaliar o nível inicial do aluno e a formativa, por sua vez, é para o acompanhamento contínuo e da regulação da sua aprendizagem. Esta última utiliza diversos instrumentos e busca o aperfeiçoamento do processo de ensino e aprendizagem, sendo uma avaliação mais significativa para a EaD (LITTO; FORMIGA, 2014)(FIGURA 12).

Figura 12 – Avaliação da EaD.



Fonte: LITTO; FORMIGA, 2014.

Os fóruns de discussão são instrumentos importantes que permitem articular debates e discussões entre os atores envolvidos no processo de ensino/aprendizagem. Porém, seu processo de avaliação não é tão simples. Para Vidal e Maia (2015), num bom fórum, todos devem oferecer contribuições significativas e contribuir de forma equiparável. Não devem ficar só assistindo, ou mesmo contribuir demasiadamente, pois monopolizará o fórum.

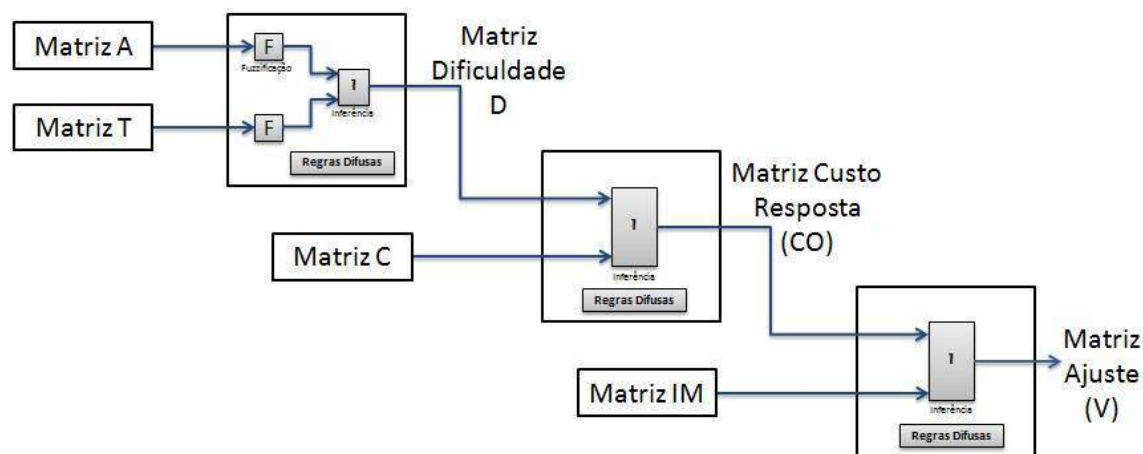
O processo de avaliação do aluno em um fórum deve seguir alguns critérios conforme Vidal e Maia (2015) que são: qualidade das mensagens, frequência de sua participação, quantidade de mensagens postadas e a relevância dessas para as discussões propostas.

Gonçalves (2016) propôs uma nova especificação de avaliação ao fórum P&R². A proposta da autora é um sistema de avaliação do desempenho de alunos em fórum P&R baseado no Modelo LV. Sua especificação definiu o Fórum LV P&R como mais uma possibilidade de avaliação de forma quali-quantitativa agregada ao LV. Apesar da avaliação ser quali-quantitativa, não era avaliada a questão da presencialidade.

Nos últimos anos, pesquisadores como Bai e Chen (2008); Saleh e Kim (2009); Arias et al. (2012a) e Dias e Diniz (2013) têm utilizado a teoria dos conjuntos difusos para realizar avaliação de desempenho de alunos. Foram diversos modelos propostos incluindo avaliação na modalidade presencial e a distância.

Bai e Chen (2008) propuseram um método que usa funções de pertinência e regras difusas para determinar o desempenho de alunos através de resoluções de questões. Para encontrar o grau de dificuldade foram analisados os acertos das respostas dos alunos e do tempo gasto para responder às questões (FIGURA 13).

Figura 13 – Modelo do FLC



Fonte: BAI; CHEN, 2008.

O método proposto inicia com o cálculo das notas dos alunos em cada questão formando a matriz taxa de acertos (A). É construída também a matriz taxa de tempos (T), formada a partir do tempo gasto pelos alunos em resolver as questões. Os autores executam a inferência difusa sobre as matrizes taxa de acertos e taxa de tempos junto com as regras difusas associadas a estas matrizes, para obter a dificuldade (D) das questões. Tendo a matriz de dificuldade (D) e a matriz de complexidade (C), executa-se a inferência difusa utilizando as regras difusas correspondentes a estas matrizes, obtendo a matriz de esforço (CO). E por fim, executa-se a inferência difusa sobre a matriz de esforço e a

² Fórum P&R (Pergunta e Resposta) O fórum P e R é uma boa opção se você tem uma pergunta para ser respondida. Por padrão esse tipo de fórum oculta as respostas de outros alunos até que se responda à pergunta. Após a postagem inicial os alunos podem ver e comentar as respostas de outros alunos. Esse recurso garante igual oportunidade aos alunos e encoraja o raciocínio independente.

matriz de importância (IM) para obter o ajuste dos pesos das questões. A complexidade e a importância são fatores de ponderação determinados pelo especialista no domínio. No entanto, o método de Bai e Chen (2008) buscava avaliar apenas o desempenho do aluno em uma tarefa.

Saleh e Kim (2009) propuseram um sistema de avaliação difusa que melhora o método de Bai e Chen (2008) e consideraram também os três fatores mencionados (WEON; KIM, 2001): a dificuldade, a complexidade e importância das questões. Para determinar o desempenho de alunos, Saleh e Kim (2009) utilizaram um sistema composto por três nós ou controladores difusos (FLC, *Fuzzy Logic Controller*), que utilizam internamente os métodos de fuzzificação, inferência e defuzzificação. Os nós do sistema estão interligados sequencialmente, onde a saída do último nó são os valores requeridos para calcular a pontuação final dos alunos de uma forma mais precisa, mediante o uso do acerto das respostas.

Na pesquisa de Arias et al. (2012b), os autores propuseram a multidimensionalidade da avaliação de desempenho como um resultado de interações complexas, empregando uma metodologia de avaliação que faz uso da lógica difusa, que é capaz de aferir o aprendizado dos estudantes. Foi utilizado o *software* educacional “Conexão do Saber” aplicado no quinto ano do ensino fundamental na disciplina de matemática.

Diante das altas taxas de desistência em cursos EaD, Silva (2012) investigou a correlação entre afetividade e emoção nos fóruns e *chats* com a evasão em curso de EaD. Foi criado um mecanismo automático para analisar a presencialidade através da mineração de dados utilizando os softwares *WordSmith* e *Eureka*. No entanto, há a necessidade de cadastrar um grande vocabulário de termos e expressões para o seu funcionamento.

Brinckmann (2004) aborda em sua pesquisa os avanços na área da pedagogia e a importância em utilizar uma avaliação formativa, que contribuísse para a formação integral do aluno e que os métodos tradicionais como atribuição de média não alcançam uma análise mais ampla incluindo aspectos quantitativos e não qualitativos. Seu trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de uma proposta metodológica para a instrumentação de processos avaliativos, com a finalidade de introduzir a matemática nebulosa como meio complementar de apoio aos professores na formação de juízo de valor.

Brinckmann (2004) conseguiu resolver essas restrições e dispor de uma solução ampla que equacione a questão. Para tanto, apresenta uma proposta metodológica para aplicação da matemática nebulosa com o objetivo de fornecer um instrumental para uma avaliação da aprendizagem holística, ou seja, pela qual a aprendizagem seja tratada na sua totalidade, a qual não pode ser explicada pelos seus distintos componentes considerados separadamente. O resultado final constitui-se numa nova instrumentação para a avaliação formativa, que permite juízo de valor semântico e numérico da aprendizagem, por meio de uma metáfora intuitiva que amplia a capacidade de cognição e negociação da medida do

desempenho.

Para realizar a avaliação por Competência Brinckmann (2004) defende a seguinte Equação semântica para Competência.

Figura 14 – Equação semântica para Competência

$$\text{Competência} = \text{Conhecimento} + \text{Habilidades} + \text{Atitudes}$$

Fonte: BRINCKMANN, 2004.

Para obter a Competência o autor fez uso de uma máquina Fuzzy com três variáveis linguísticas de entrada (Conhecimento + Habilidades + Atitudes) e uma de Saída (Competência) onde cada variável continha três termos (vermelho, verde e Azul) e definiu 27 regras de inferência. Com isso, foi possível mensurar o Conhecimento adquirido pelos alunos conforme os valores definidos e que servirão de parâmetro para formação de juízo de valor pelos professores.

Para Dias e Diniz (2013) os ambientes virtuais de aprendizagens (AVAs) nas instituições de ensino superior (IES) tem oferecido um potencial muito rico de aprendizagem baseado nas teorias construtivistas sociais e também sob o conceito de mistura *b-learning*³.

Um fator essencial, no entanto, na determinação da eficácia do ensino-aprendizagem *on-line* é a qualidade das interações dos usuários (QoI) com AVAs. Ainda, em muitos casos, a QoI não foi devidamente adquirida, principalmente, devido ao seu caráter qualitativo inerente. A partir deste último, seu estudo apresenta um novo modelo, ou seja, FuzzyQoI, que, através do emprego de construções de lógica difusa, estima quantitativamente os usuários (professores e alunos) QoI com o AVA Moodle dentro de um ambiente *b-learning*.

Em seu modelo FuzzyQoI, Dias e Diniz (2013) definiram um conjunto de 110 Métricas do Moodle AVA, 12 variáveis de entrada codificadas para um sistema de inferência fuzzy de cinco níveis equipados com 600 regras difusas definidas por um especialista. Seus resultados mostraram que o modelo proposto FuzzyQoI é eficiente na identificação de semelhanças das interações no AVA, assim como na mensuração da qualidade das interações nesse ambiente.

Na pesquisa de Freire (2017) foi apresentada uma ferramenta visual que analisa as interações dos alunos nos Fóruns em EaD. O objetivo de sua pesquisa era detectar padrões de comportamento de alunos em fórum de discussão, por meio do uso de grafos de

³ O *blended learning*, ou *b-learning*, é um derivado do *E-learning*, e refere-se a um sistema de formação onde a maior parte dos conteúdos é transmitido em curso à distância, normalmente pela internet, entretanto inclui necessariamente situações presenciais, daí a origem da designação *blended*, algo misto, combinado.

interações, para auxiliar o tutor no processo de avaliação. Foi possível obter uma análise sistemática sobre o comportamento da turma, e com isso o tutor pode verificar padrões e detectar problemas como: identificar alunos com baixa interação, alunos que se destacam pelo grande número de postagens, e os que não respondem às interações e nem participam efetivamente do fórum, dentre outras situações. A ferramenta proposta, auxilia o tutor na tomada de decisão no momento de avaliação de seus alunos, e utiliza alguns elementos que sinaliza alguns aspectos da presencialidade.

Na Tabela 4 é apresentado um comparativo das pesquisas dos autores citados.

Tabela 4 – Comparativo dos autores.

Pesquisador	Ferramenta	Unidade de Avaliação	Paradigma predominante	Proposta
SALES	Fórum	Mensagem, Interações	Quali - Quantitativo	Vetor de aprendizagem
GONÇALVES	Fórum P&R	Mensagem, Interações	Quali - Quantitativo	Fórum P&R LV
BAI e CHEN	Questionário	Acertos, tempo, dificuldade	Quali - Quantitativo	Modelo de evolução dos estudantes
SALEH e KIM	Questionário	Acertos, dificuldade, complexidade importância	Quali - Quantitativo	Modelo de evolução dos estudantes
ARIAS	Conexão do Saber	Interações, Acertos	Quantitativo	Multidimensionalidade da avaliação
BRINCKMANN, ROQUE	–	Conhecimento, Habilidade, Atitude e Competência	Quali-Quantitativo	Matemática nebulosa
DIAS e DINIZ	fórum, <i>chat</i> , tarefa,	Interações, notas,	Quali - Quantitativo	FuzzyQoI
Freire	fórum	Interações	Quali - Quantitativo	Grafos

Fonte: Próprio autor.

Foi realizado um levantamento conforme Tabela 4, onde são apresentados um consenso dos autores sobre a importância da avaliação em cursos, seja presencial ou a distância e que são inúmeras as possibilidades e ferramentas para realização dessa avaliação.

2.4 Considerações Finais

Nesta pesquisa, foram utilizados os conceitos apresentados nos trabalhos de Sales (2010) para a construção de um modelo de avaliação da presencialidade, contemplando os critérios aplicados por seus Vetores-Aprendizagens; Saleh e Kim (2009) pela utilização de um sistema composto por três nós ou controladores difusos; Dias e Diniz (2013) pelo conjunto de sistema em paralelo dos seus diagramas FLCs e pela qualidade das interações.

Esses são os fundamento para a concepção desta pesquisa, que busca remodelar a avaliação em fóruns de discussão de forma a incluir, além do domínio de conteúdo e interação, a devida presencialidade do cursista utilizando para isso a teoria dos conjuntos difusos (ZADEH, 1965).

Na próxima seção é apresentado a metodologia utilizada na pesquisa, como também os procedimentos para a realização dos experimentos 1 e 2.

3 METODOLOGIA

Este capítulo tem por objetivo classificar a natureza da pesquisa e apresentar a metodologia utilizada para a obtenção dos dados do Fórum LV no Moodle, sua ordenação e classificação para o processo de fuzzificação.

Neste capítulo, é apresentada a classificação da pesquisa quanto a natureza, a abordagem, objetivos, procedimentos técnicos e o universo da pesquisa. Em seguida são apresentados os procedimentos para a realização do experimento 1 e 2. No experimento 2 são utilizadas mais características para mensura o Fator Presencialidade.

3.1 Classificação da Pesquisa

Existem várias formas de classificar a pesquisa. Quanto à natureza, esta pesquisa se enquadra em uma pesquisa aplicada, onde os conhecimentos gerados podem ser aplicados na prática (SILVA; MENEZES, 2005). Quanto à abordagem do problema, pode ser classificada como quantitativa, pois considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las (SILVA; MENEZES, 2005).

Já do ponto de vista de seus objetivos, a pesquisa é da forma descritiva, pois visa descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis e envolve o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados.

Quanto aos procedimentos técnicos, esta pesquisa se enquadra no modelo bibliográfico e experimental. Bibliográfico, pois a maioria das fontes de pesquisas foram de livros, artigos e outros documentos, como teses e dissertações, e experimental porque após o processo de defuzzificação foram analisados os efeitos causados no objeto (GIL, 2002).

3.2 Universo da Pesquisa

Quanto a população ou universo da pesquisa foi utilizada a base de dados de alguns fóruns de discussões da plataforma helpclassonline.com.br¹. Essa plataforma é AVA e seu gerenciador é o Moodle. A plataforma helpclassonline hospeda diversos cursos de diferentes modalidades de ensino. Tendo cursos e disciplinas que são do ensino médio técnico, graduação e pós-graduação na modalidade presencial ou a distância. Foram

¹ Helpclassonline é uma AVA que utiliza o Modelo LV em suas avaliações. Optou-se por uma solução proprietária pela liberdade de acesso as informações e pela demanda de ações durante a pesquisa bibliográfica.

escolhidos os cursos de especialização em EAD da Universidade Federal do Ceará (UFC). Cursos utilizados para a coleta de dados:

- Especialização em Educação a Distância (2016);
- Especialização em Educação de Jovens e Adultos (2017).

Foi utilizada a *toolbox* do MatLab denominada *Fuzzy Logic Toolbox* para encontrar a presencialidade de cada aluno no Fórum LV. A escolha dessa ferramenta foi pela indicação dos autores Dias e Diniz (2013) e Saleh e Kim (2009), que trabalharam com aplicações com a lógica fuzzy. Foram utilizados nos processos de inferência o modelo de Mamdani(1976) e um método de defuzzificação denominado *Center of Gravity* (CoG). No experimento 1, utilizou-se as funções de pertinência ‘sino’ no processo de fuzzificação e defuzzificação, já para o experimento 2 foram utilizadas as funções triangulares e trapezoidais.

Para a coleta de dados foram realizados os seguintes passos:

- Realizar o *backup* da base de dados do helpclassonline em formato SQL e depois restaurar o *backup* em uma máquina local.
- Identificar as principais tabelas ligadas ao Fórum LV.
- Identificar os campos de armazenamento das trocas de mensagens e notas do fórum.
- Extrair as informações e montar uma base para alimentar a máquina de inferência fuzzy.
- Definir as regras de fuzzificação, inferência e defuzzificação.
- Analisar os valores da presencialidade encontrado e realizar comparações.

3.3 Experimento 1 - Um ensaio com a Lógica Fuzzy

Neste experimento buscou-se modelar uma máquina fuzzy que pudesse atribuir uma nota de presencialidade para alunos de um fórum a partir do tempo dedicado ao fórum, a quantidade de interações, a quantidade de referências e pela nota atribuída no fórum. Buscava-se analisar o comportamento da máquina e se havia a necessidade de encontrar novas variáveis de entrada.

Para a realização deste experimento foi utilizada a base de dados de um fórum de discussões da disciplina de Avaliação em Educação a Distância do curso de Especialização em EaD, da Universidade Federal do Ceará - UFC, onde foi possível extrair informações de acesso dos 36 alunos do Fórum LV para montar a base de inferência Fuzzy.

Foi utilizado o *software* MatLab[®] 2017a (The Mathworks, Inc., Natick, EUA), versão *free* para estudantes e uma *toolbox* denominada *Fuzzy Logic Toolbox*, para encontrar o Fator Presencialidade de cada aluno no Fórum LV.

O modelo proposto por Arias et al. (2012b), o qual utiliza-se apenas de uma

máquina fuzzy, foi tomado como referência para realização do estudo.

Foram utilizadas as seguintes variáveis linguísticas:

- Tempo (T);
- Quantidade de interações (QI);
- Quantidade de citações ou referências (QRef), e;
- Nota LV (N).

A escolha dessas variáveis está relacionada com o desempenho e participação do aluno no Fórum. A variável (T) foi escolhida, pois busca indicar quanto tempo o aluno permaneceu no fórum, servindo como um indicador de presencialidade. (QI) registra quantas interações esse aluno obteve, sendo mensagens enviadas e recebidas. A variável (QREF) indica quantas vezes o nome dos alunos foi citado no fórum e a variável (N) representa um valor qualitativo, atribuído pelo Professor/Tutor como nota em relação a sua participação.

Foram coletadas informações de seus tempos de acesso ao fórum, quantidade de interações no fórum, quantidade de citações/referências pelos colegas e nota de rendimento na escala LV. Todas as informações extraídas do Fórum LV contabilizaram 437 interações entre os 36 alunos no período de uma semana de participação.

Foram escolhidos 13 alunos que pudessem representar as quatro classes (muito bom, bom, regular e fraco). Esse conjunto representa bem o universo dos alunos para todas as faixas de notas. Os valores obtidos foram normalizados para o intervalo entre 0 e 1, com o objetivo de simplificar a inferência fuzzy. A nota LV não foi normalizada, pois seus valores são de fácil conversão (TABELA 5).

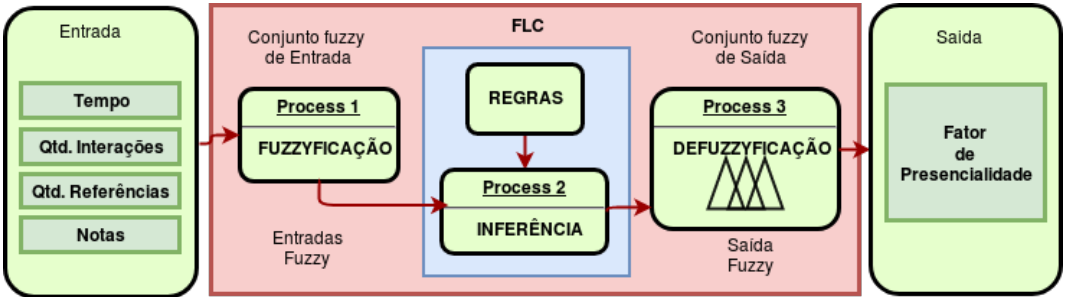
Tabela 5 – Matriz contendo as informações de cada aluno.

Base de informações dos alunos													
Ident, do aluno	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
Tempo	0,75	1,00	0,63	0,58	0,49	0,36	0,71	0,89	0,53	0,61	0,29	0,45	0,11
Qtd referências	0,28	0,34	0,52	0,52	1,00	0,07	0,07	0,34	0,31	0,21	0,07	0,17	0,17
Qtd interações	0,78	0,67	1,00	0,22	0,22	0,33	0,22	0,22	0,44	0,33	0,11	0,11	0,11
Nota LV	10,0	10,0	10,0	9,24	9,24	9,66	9,24	9,81	9,66	9,66	7,07	5,56	5,56

Fonte: Próprio autor.

Para tal fim, foi criado um *Fuzzy Logic Controller* (FLC) (FIGURA 15), onde foram definidos os conjuntos difusos para cada entrada (T, QI, Qref e N), a máquina de inferência fuzzy, e a saída, representada pelo fator de presencialidade definido conforme representação do Modelo LV. O algoritmo deste FLC pode ser encontrado no Apêndice A.

Figura 15 – *Fuzzy Logic Controller* - Representa as entradas, processo de inferência e saída.



Fonte: Próprio autor.

O processo de inferência difusa envolve a utilização de funções de pertinência, operações lógicas (*AND* e *OR*) e estruturas de decisão (*IF-THEN*). Com base nas informações do especialista, autor desta pesquisa, foram criadas 256 regras que fazem parte do motor de inferência difuso, para os quatro fatores de avaliação: Tempo (T), quantidade de citações pelos colegas (QRef), quantidade de interações (QI) e nota do fórum (N) (TABELA 6). As regras completas encontram-se no Apêndice B.

Tabela 6 – Conjunto de Regras de Inferência.

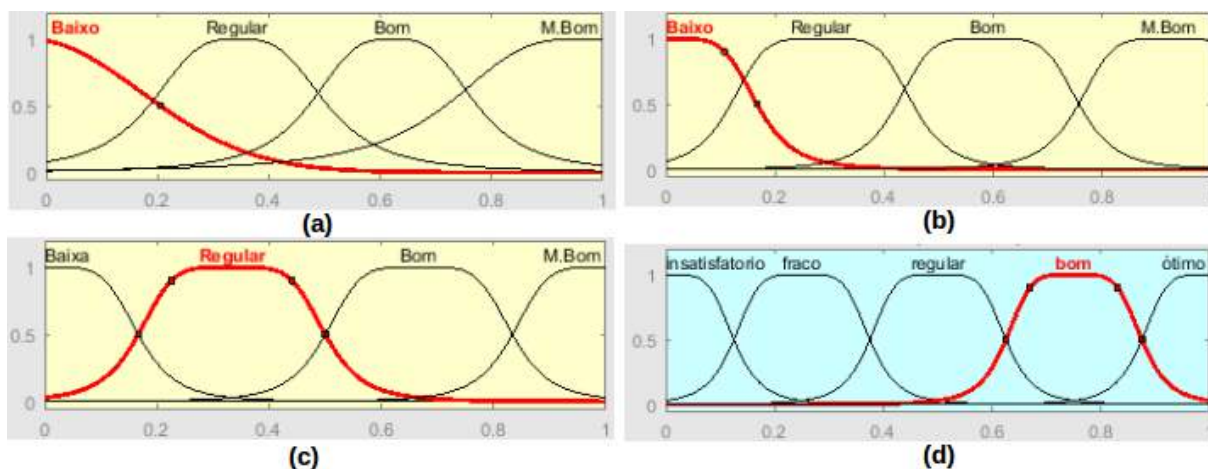
Regras		Ent. 1		Ent. 2		Ent. 3		Ent. 4	Then	Saída
1	If	T=baixo	and	QR=baixo	and	QI=baixo	and	N=baixo	Then	Baixo
2		T=baixo		QR=baixo		QI=baixo		N=Regular		Baixo
...										
256		T=M.bom		QR=M.bom		QI=M.bom		N=alta		Ótimo

Fonte: Próprio autor.

As regras difusas são a representação do conhecimento do professor especialista e que serviram para determinar as saídas no sistema Fuzzy.

É apresentado na Figura 16 o editor de funções de pertinência imerso em cada FLC. Neste editor foram criados os conjuntos difusos que representam as variáveis de entrada.

Figura 16 – Representação das funções de pertinências das entradas e saída do FLC.
(a) *Input* do fator tempo, (b) Quantidade de interações, (c) Quantidade de Referências e (d) Saída do sistema.



Fonte: Próprio autor.

A análise dos resultados do experimento 1 e suas considerações são apresentados no próximo capítulo - Resultados 4.1.

3.4 Experimento 2 - Em busca do Fator Presencialidade

Buscou-se neste experimento modelar uma máquina fuzzy que possa mensurar a presencialidade em um fórum utilizando mais fatores do que a utilizada no experimento 1 e que fosse mais eficiente em termos da redução do número de regras como também a redução do custo computacional. Foi utilizado postagens, interações, relacionamentos dos alunos, etc. Com os resultados obtidos desse experimento, pretende-se realizar uma comparação com os valores definidos pelos especialistas e verificar se a máquina fuzzy implementada aproxima-se da análise feita pelo especialista.

Para o experimento 2 foram utilizados 6 fóruns de nível de especialização. As quantidades de interações geradas nesses fóruns foram de 945 interações envolvendo um total de 217 alunos.

Iniciou-se o experimento 2 adaptando o modelo inicial proposto por Albuquerque et al. (2017) e pelos modelos de Bai e Chen (2008) e Dias e Diniz (2013), que traz uma combinação de vários FLC menores e em cascata no lugar de um único FLC. Esses modelos, possibilitam reduzir as regras definidas pelos especialistas em partes menores. A utilização de cinco controladores vai proporcionar uma redução da quantidade de regras.

Com a realização do experimento 1, observou-se a necessidade de encontrar novas variáveis, que pudessem indicar a presencialidade no fórum. Foi possível extrair do banco

de dados as variáveis: *post* recebidos, relacionamentos e Quantidade de TAG²/HTML³, para compor o experimento 2 .

Neste contexto foram definidas as seguintes Variáveis Linguísticas para este experimento:

- Quantidade de *Posts* Enviados(QPE);
- Quantidade de *Posts* recebidas(QPR);
- Quantidade de TAGs (QTag);
- Quantidade de Relacionamentos (QR), e;
- Quantidade de Referências(QRef).

Com o aumento das variáveis de entrada ou características, se fosse utilizado apenas um FLC a quantidade de regras a serem criadas poderia chegar à combinação de 1024 regras. Essa quantidade de regras, deixaria a máquina muito mais lenta para realizar o processo de inferência em todas as regras ativas.

Das características utilizadas neste novo experimento o fator tempo foi removido, pois para alguns especialistas o fator tempo é importante em atividades cronometradas como provas e questionários. No fórum, o tempo não necessariamente vai ser proporcional à produção do aluno, visto que existem alunos com o tempo de participação e interação baixo e a contribuição muito significativa (alta) para a discussão, e outros com tempo alto, porém a participação e interação são baixas. Desta forma não foi inclusa essa característica neste experimento.

Foram escolhidos aleatoriamente dois fóruns de discussão um com 38 alunos e o outro com 36 totalizando 74 alunos. Os valores de *Posts* Enviados, *Posts* Recebidos, Quantidade de *Tags*, Relacionamentos, Quantidade de Referências e Nota final do fórum (Nota) são apresentados na Tabela 7. Esses dois fóruns, foram destinados ao projeto da máquina FLC. Os outros fóruns foram destinados à validação da máquina. Os valores de todas as interações nos fóruns podem ser encontrados no apêndice C.

De posse das informações de cada fórum, foi solicitado a dois professores especialistas que atribuísem uma nota de presencialidade para cada aluno. Um professor atribuiu nota para o fórum 1 e o outro para o fórum 2. A nota dos demais fóruns foram atribuídas pelo professor especialista autor desta pesquisa. Os valores atribuídos pelos especialistas são apresentados na Tabela 7.

² Tags são estruturas de linguagem de marcação contendo instruções, tendo uma marca de início e outra de fim para que o navegador possa renderizar uma página. Há uma tendência nos dias atuais para se usar as tags apenas como delimitadores de estilo e/ou conteúdo, tanto em HTML quanto em XML.

³ HTML (abreviação para a expressão inglesa *HyperText Markup Language*, que significa Linguagem de Marcação de Hipertexto) é uma linguagem de marcação utilizada na construção de páginas na *Web*. Documentos HTML podem ser interpretados por navegadores. A tecnologia é fruto da junção entre os padrões HyTime e SGML.

Tabela 7 – Matriz contendo as informações de cada aluno.

Tabela Valores fórum 1							Tabela Valores fórum 2						
ID	QPE	QPR	QTag	QR	QRef	Nota LV	ID	QPE	QPR	QTag	QR	QRef	Nota LV
A1	3	3	11	3	1	9,66	A114	4	3	9	4	3	9,98
A2	4	3	11	3	5	9,91	A115	8	9	40	6	3	10,0
A3	5	9	72	3	7	10,0	A116	4	6	4	4	1	9,47
A4	2	2	19	2	0	10,0	A117	11	6	30	7	5	10,0
A5	1	2	4	1	2	5,56	A118	4	2	14	3	1	9,66
A6	4	1	37	3	1	10,0	A119	4	1	18	4	1	10,0
A7	3	2	0	3	2	10,0	A120	4	7	13	3	5	9,91
A8	3	0	10	1	0	9,66	A121	1	1	1	1	0	5,56
A9	4	4	10	4	0	9,91	A122	4	2	4	3	2	8,97
A10	2	3	2	2	2	9,81	A123	1	0	3	1	0	5,56
A11	5	0	73	1	2	10,0	A124	2	2	2	1	2	8,31
A12	2	0	4	2	0	9,81	A125	1	0	1	1	0	5,56
A13	3	5	57	2	3	10,0	A126	10	8	14	7	7	10,0
A14	1	1	2	1	0	5,56	A127	1	0	1	1	0	5,56
A15	2	1	0	2	0	9,24	A128	3	1	5	3	1	9,66
A16	3	0	4	3	0	9,66	A129	2	5	39	2	2	9,81
A17	3	1	0	3	1	9,66	A130	2	2	3	2	3	9,24
A18	2	1	22	1	1	10,0	A131	3	2	13	3	2	9,98
A19	5	3	18	4	2	10,0	A132	4	4	9	3	4	9,91
A20	3	2	10	2	1	9,66	A133	2	2	3	2	2	9,81
A21	2	1	8	2	0	9,81	A134	2	1	3	2	1	8,31
A22	6	3	7	6	1	10,0	A135	9	2	24	7	2	9,91
A23	2	0	6	2	0	5,56	A136	8	6	15	2	6	10,0
A24	1	1	2	1	0	7,07	A137	2	3	7	2	1	9,81
A25	3	2	15	2	2	10,0	A138	1	1	5	1	1	5,56
A26	2	3	3	1	0	9,81	A139	6	8	21	5	1	10,0
A27	7	0	71	5	5	10,0	A140	2	1	4	2	1	5,56
A28	3	1	4	3	3	9,66	A141	3	3	6	2	3	9,66
A29	1	0	2	1	0	7,07	A142	1	1	13	1	0	5,56
A30	4	1	5	3	1	9,91	A143	5	6	13	3	6	9,91
A31	1	0	2	1	0	7,07	A144	3	1	19	3	1	5,56
A32	2	1	8	2	3	9,81	A145	4	5	17	3	4	10,0
A33	5	6	37	4	5	10,0	A146	2	3	12	2	1	9,81
A34	1	0	16	1	3	7,07	A147	4	4	0	4	4	8,66
A35	9	1	42	8	1	10,0	A148	2	3	9	2	3	9,81
A36	4	4	23	3	6	10,0	A149	2	2	2	1	0	9,24
A37	2	1	12	2	1	9,81							
A38	3	1	12	3	0	9,66							

Fonte: Próprio autor.

Os dados arquivados no repositório Moodle foram exportados para .xlsm (formato *Microsoft Excel*) e importados para o ambiente Matlab e arquivados como arquivos .mat. As estruturas .fis de Fuzzy foram empregadas para a estimativa da presencialidade. Os códigos de programação desenvolvidos para o estudo são livres e estão disponíveis no Apêndice A.

Para a análise estatística e a estimativa dos parâmetros definidos foi utilizado o *RStudio* (RSTUDIO.COM), juntamente com o código de programação customizado em Matlab 2015a (The Mathworks, Inc., Natick, EUA).

A utilização do *RStudio* foi no intuito de encontrar valores de tendência central da amostra. Assim como valores de média, máximo e mínimo. Foram obtidos informações de média, mediana, mínima e máxima da amostra. Esse resultado possibilita ajustar as regras difusas para melhorar o desempenho da máquina.

Os dados estatísticos encontrados através do *RStudio* podem ser visualizados na Tabela 8.

Tabela 8 – Dados estatísticos extraídos da base por meio do RStudio.

Dados Estatísticos da Base						
	QPE	QPR	QTag	QR	QRef	Nota
Min,	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
1st,Qu,	2,0	1,0	4,0	1,0	0,0	9,0
Mediana	3,0	2,0	11,0	2,0	1,0	9,8
Média	3,5	2,4	17,0	2,5	2,1	8,9
3rd,Qu,	4,0	3,0	22,0	3,0	3,0	10,0
Max,	16,0	14,0	73,0	10,0	14,0	10,0

Fonte: Próprio autor.

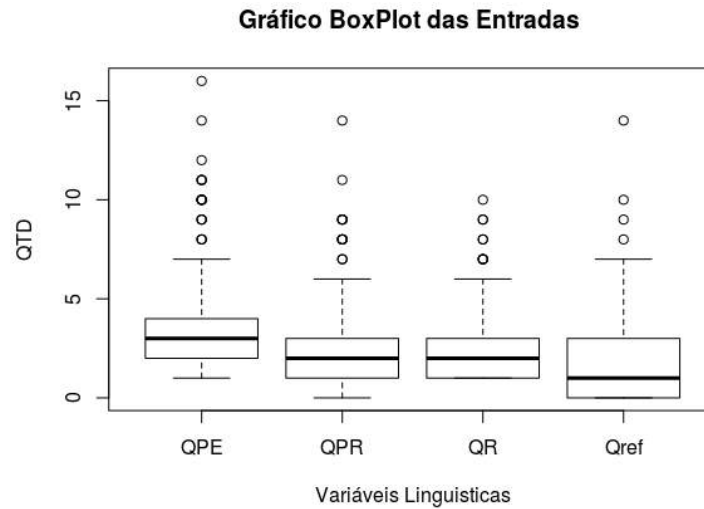
Como é possível observar na Tabela 8, o valor médio para QPE é de 3,5, já para QPR é de 2,4 enquanto que o médio de relacionamento é de 2,5 e a quantidade de referências obteve uma média de 2,06. Para ter uma visão dos limites inferiores e superiores desses dados foi utilizado o gráfico de *boxplot* para cada característica.

De acordo com Cunha e Carvajal (2009) o *boxplot* (gráfico de caixa) é um gráfico utilizado para avaliar a distribuição empírica dos dados. O *boxplot* é formado pelo primeiro e terceiro quartil e pela mediana. O *boxplot* é muito útil para descobrir se existem *outliers*⁴ no conjunto de dados.

⁴ Em estatística, *outlier*, valor aberrante ou valor atípico, é uma observação que apresenta um grande afastamento das demais da série (que está ‘fora’ dela), ou que é inconsistente. A existência de *outliers* implica, tipicamente, em prejuízos à interpretação dos resultados dos testes estatísticos aplicados às amostras.

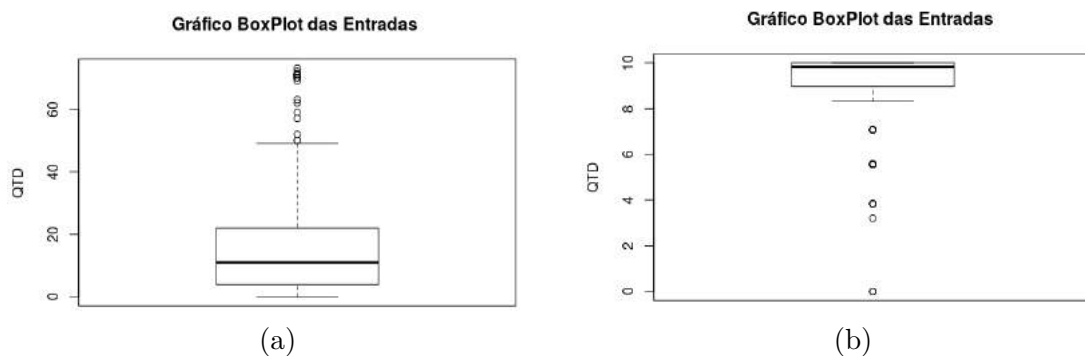
É apresentado na Figura 17 o *boxplot* das informações da base de dados.

Figura 17 – Gráfico *boxplot* das entradas



Fonte: Próprio autor.

Figura 18 – (a) Gráfico *boxplot* QTag; (b) Gráfico *boxplot* Nota do Fórum.



Fonte: Próprio autor.

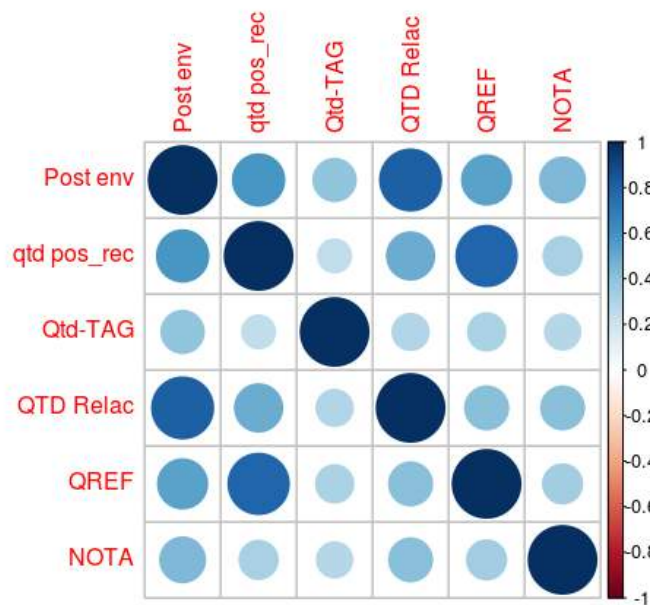
São apresentados os *boxplot* de cada variável linguística e também da nota do fórum. É possível observar o intervalo onde se encontra a maioria dos *posts*. No QPE é possível observar a tendência central para o intervalo entre 2,0 e 4,0 e os valores maiores que 7,0 são discrepantes e estão fora dos limites, por isso são considerados (*outliers*). Para QPR e Relacionamentos o intervalo foi de 1,0 e 3,0 e valores acima de 6,5 são considerados (*outliers*). Já para as Referências foi encontrado o intervalo entre 0,0 a 3,0 e valores discrepantes, acima de 7,0.

Na Figura 18a, o intervalo para *QTAGs* é de 4,0 a 22,0 e seus valores discrepantes acima de 50,0. Já na Figura 18b as faixas são bem estreitas representando as notas altas, e as notas abaixo de 8,0 são consideradas *outliers*.

Esses valores encontrados nas faixas dos *boxplot* foram utilizados para ajustar as funções de pertinência de cada variável de entrada.

Além dos dados centrais e dos *boxplot* foi analisado também pelo *RStudio* a correlação de Pearson⁵ entre as características de entrada. Essa correlação busca mostrar o grau de ligação entre duas variáveis. A correlação da base de dados utilizada neste experimento é apresentada na Figura 19.

Figura 19 – Correlação de Pearson entre as características



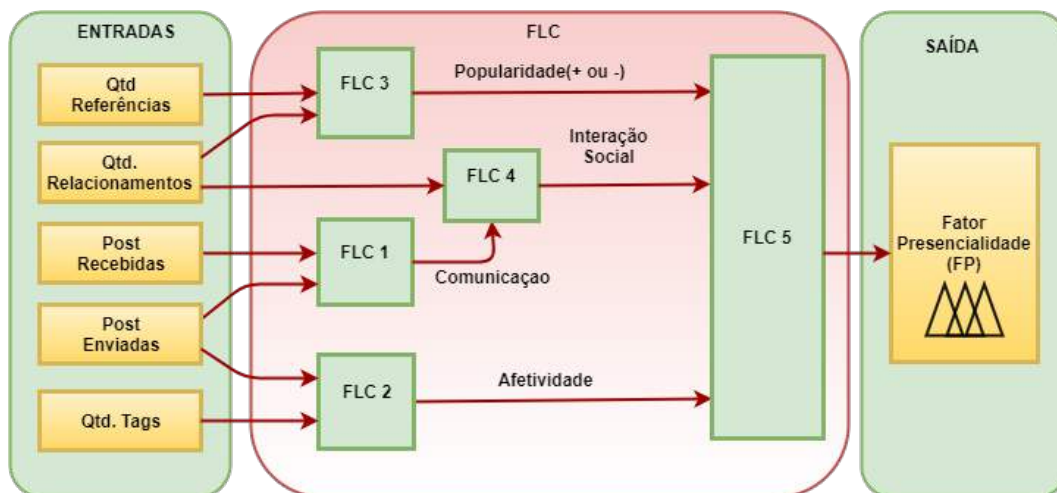
Fonte: Próprio autor.

Na Figura 19 é possível perceber a correlação forte entre *posts* enviados e *posts* recebidos, *posts* enviados com a quantidade de relacionamentos, quantidade de referências com *posts* recebidos. Como existe uma correlação forte entre duas características foi buscado na literatura nomes que pudessem representar essas relações. Para cada relação foi atribuído um adjetivo pertinente.

Com base nos dados estatísticos apresentados na Tabela 8 e nos gráficos das figuras 17, 18a e nas correlações apresentadas na Figura 19, foram definidos os limites máximos e mínimos para a criação das regras difusas e também montado o diagrama utilizado para interligar os FLCs. Esse diagrama é apresentado na Figura 20.

⁵ Em estatística descritiva, o coeficiente de correlação de Pearson, também chamado de “coeficiente de correlação produto-momento” ou simplesmente de “ ρ de Pearson” mede o grau da correlação (e a direção dessa correlação - se positiva ou negativa) entre duas variáveis de escala métrica (intervalar ou de rácio/razão).

Figura 20 – *Fuzzy Logic Control* - Representa as entradas, processo de inferência e saída em cascata.



Fonte: Próprio autor.

Em um primeiro momento pensou-se em utilizar o método proposto por (BAI; CHEN, 2008) composto por 3 FLCs no formato de cascata. O primeiro FLC seria alimentado com três variáveis (QPE, QPR e QTag) e o resultado/saída, servia de entrada para o FLC2 junto com a variável (QR) que produziria uma saída, e esta, junto com (Qref) alimentava o FLC3 que teria como saída o fator presencialidade. Porém, os valores produzidos na saída ficaram muito uniformes, não se adequando à variação das notas, e a combinação das variáveis de entrada não tinham uma ligação forte. Foi analisado a correlação entre as variáveis de entrada e então feito um *mix* entre o modelo de (BAI; CHEN, 2008) e (DIAS; DINIZ, 2013). Foram atribuídos nomes com significados para cada saída da máquina Fuzzy, que alimentavam outros FLCs.

Para cada saída de um FLC foi atribuído um adjetivo pertinente às características das variáveis de entrada.

O FLC1-Comunicação, tem como entrada as postagens enviadas e recebidas caracterizando uma comunicação. A escolha desse nome está relacionada aos elementos da comunicação pois, segundo Diana (2017) a comunicação está ligada com a interação e precisa de uma mensagem produzida por um emissor (QPE) e um receptor(QPR). Diante disso foi criado o FLC1-Comunicação, onde sua saída, serve de entrada para o FLC4-Interação Social.

O FLC2-Afetividade, tem como entrada as variáveis (QPE) e os recursos visuais atribuídos a essas postagens (QTags). Para Silva (2012) a afetividade está relacionada com a emoção, humor e autorrevelação inserida nas mensagens.

O FLC3-Popularidade. Este nome foi escolhido justamente pela combinação das

entradas (QRef) e (QR) pois, quanto mais você se relaciona, maiores são as possibilidades de citarem seu nome, seja para concordar ou discordar.

Já o FLC4 tem como entrada a saída do FLC1-Comunicação e a variável (QR), gerando assim a interação social.

O FLC5, recebe como entrada os valores produzidos pelo FLC2-Afetividade, FLC3-Popularidade e FLC4-Interação Social, gerando como saída o fator presencialidade.

Para a execução deste experimento, foram definidos os termos linguísticos para cada variável de entrada (QPE, QPR, QTag, QR, QRef) como também para os fatores Comunicação, Afetividade, Popularidade e Interação Social.

Os termos linguísticos definidos foram:

- Fraco (F);
- Regular (R);
- Bom (B);
- Muito Bom (M);

Para cada variável linguística foi definida o universo de discurso que é um intervalo, normalmente entre 0 e 10. Esses universos de discursos foram definidos com base nos dados estatísticos apresentados e também pelo especialista.

Nas seções seguintes são apresentadas as tabelas construídas com as regras difusas definidas pelo especialista no domínio.

3.4.1 Regras difusas para determinar FLC1 - Comunicação e FLC2 - Afetividade

Em busca de encontrar um conjunto de regras adequadas para cada FLC, iniciou-se escolhendo a quantidade de funções de pertinência. Segundo Simoes e Shaw (2007), um número prático de funções de pertinência é algo entre 2 e 7. Foram realizadas simulações com 4 e 6 funções. As simulações com 6 apresentaram resultados bem próximos das simulações com 4 funções. Optou-se por utilizar 4 funções devido ao universo de discurso ser muito pequeno e também para reduzir o esforço computacional.

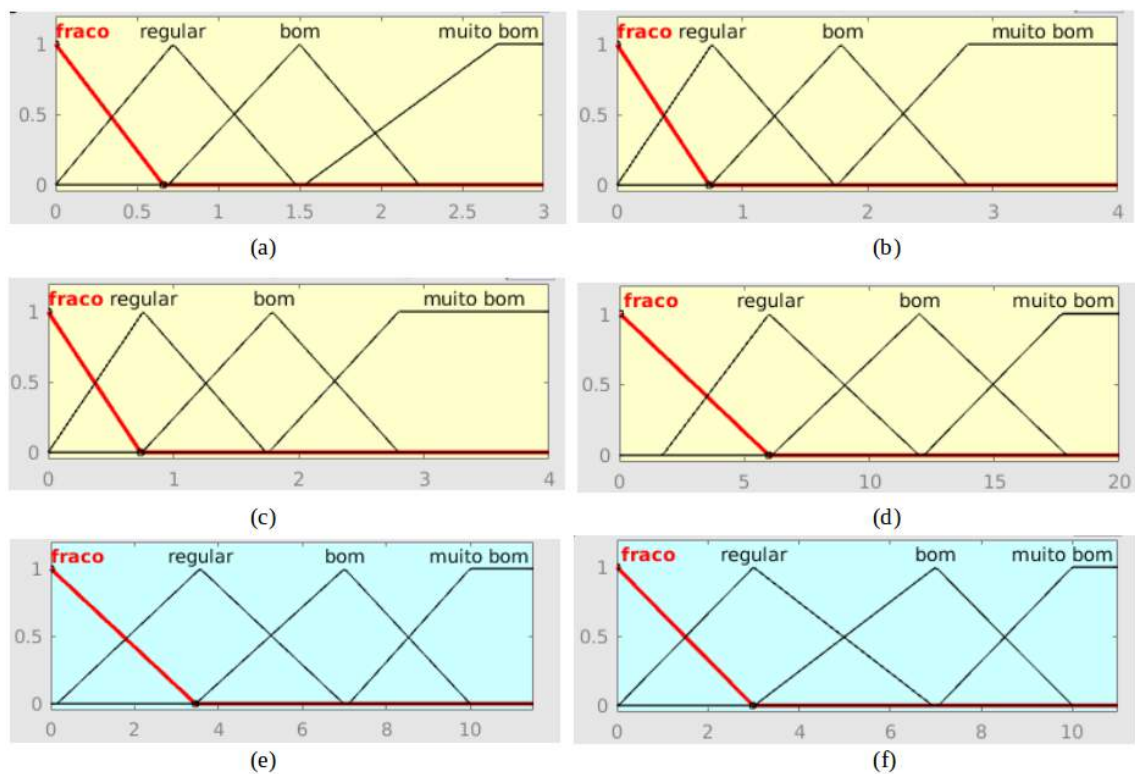
Uma das formas de se fazer a escolha dos conjuntos é a partir do conhecimento do especialista. Foram adotadas as funções de pertinências triangulares para o centro e trapezoidal nas bordas para compor o sistema.

Foram construídas regras difusas para determinar o fator comunicação dos alunos no fórum em relação às mensagens postadas e mensagens recebidas. E o Fator Afetividade em relação às mensagens enviadas e a quantidade de TAGs utilizadas nas mensagens.

Para as variáveis QPR e QPE do FLC1-Comunicação, foi definido pelo especialista

com base nos dados estatísticos o universo de discurso para as variáveis os intervalos [0 a 3] e [0 a 4] respectivamente (FIGURA 21a e 21b). Para o FLC2-Afetividade, os intervalos definidos foram [0 a 4] para QPE e [0 a 20] para QTag. Figuras 21c e 21d. O intervalo definido para as saídas FLC1 e FLC2, foram [0 a 10] e [0 a 10] respectivamente (FIGURA 21e e 21f).

Figura 21 – (a) Funções de pertinência para QPR; (b) e (c) Funções de pertinência para QPE; (d) QTag; (e) Funções de pertinência da saída FLC1-Comunicação e (f) FLC2-Afetividade



Fonte: Próprio autor.

Na Figura 21 é apresentado o conjunto de funções de pertinência da entrada e saída do controlador FLC1 e do FLC2. Para conseguir uma saída contínua e suave, cada conjunto fuzzy tem que, em algum grau, sobrepor o conjunto vizinho. Note que, o termo linguístico (bom), ficou estabelecido bem próximo do ponto central do universo de discurso, sobrepondo para a direita o termo ‘Muito Bom’, e para esquerda o termo ‘Regular’. Já o termo ‘Regular’ sobrepõe o termo ‘Fraco’. Essas funções foram definidas pelo especialista com bases em suas experiências.

Na Tabela 9 são apresentadas as regras difusas, que são a representação do conhecimento do professor especialista na disciplina, que servirão para determinar os pesos de acordo com a quantidade de mensagens enviadas e recebidas.

Tabela 9 – Regras difusas para determinar fator Comunicação (A) e Afetividade (B).

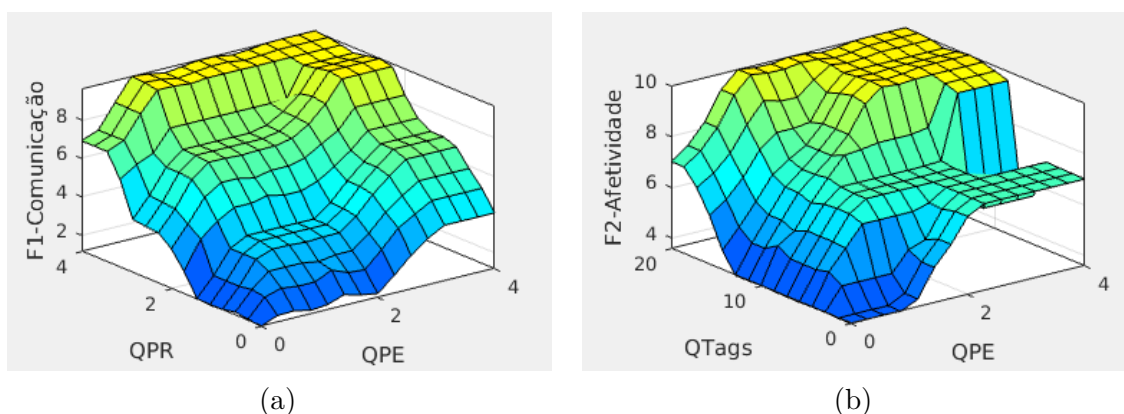
(A) Comunicação					(B) Afetividade				
QPR					TAGs				
QPE	F	R	B	M	QPE	F	R	B	M
F	F	R	B	M	F	F	R	B	B
R	F	R	B	M	R	F	R	B	M
B	R	B	M	M	B	R	B	M	M
M	B	M	M	M	M	B	B	M	M

Fonte: Próprio autor.

Na Tabela 9 apresenta-se a forma como foram estabelecidas as regras para o FLC1-Comunicação. Se QPE=F e QPR=F então a saída para essa regra é F. Se QPE=F e QPR=M então a saída para essa regra é M. Percebe-se que nesse conjunto de regras o QPR tem uma importância maior que o QPE, sobrepondo os valores fracos de QPE. Para (B) Afetividade, o conjunto de regras ficou equilibrado, onde QPE e Tags tem praticamente a mesma importância. A criação dessas regras também foi definida pelo especialista.

Em seu trabalho, Cavalcanti et al. (2012) apresentam o gráfico em três dimensões chamado de superfície de controle, que é gerada pelo controlador Fuzzy baseado em regras. Por meio desse gráfico é possível observar o comportamento das regras Fuzzy criadas para o FLC1-Comunicação e FLC-Afetividade baseados nas regras da Tabela 9. (FIGURA 22a e 22b).

Figura 22 – (a) Gráficos de superfície do controlador Comunicação ; (b) Afetividade.



Fonte: Próprio autor.

No gráfico das figuras 22a e 22b, observa-se a relação existente entre o conjunto de regras fuzzy e as variáveis linguísticas. A sobreposição das funções de pertinência

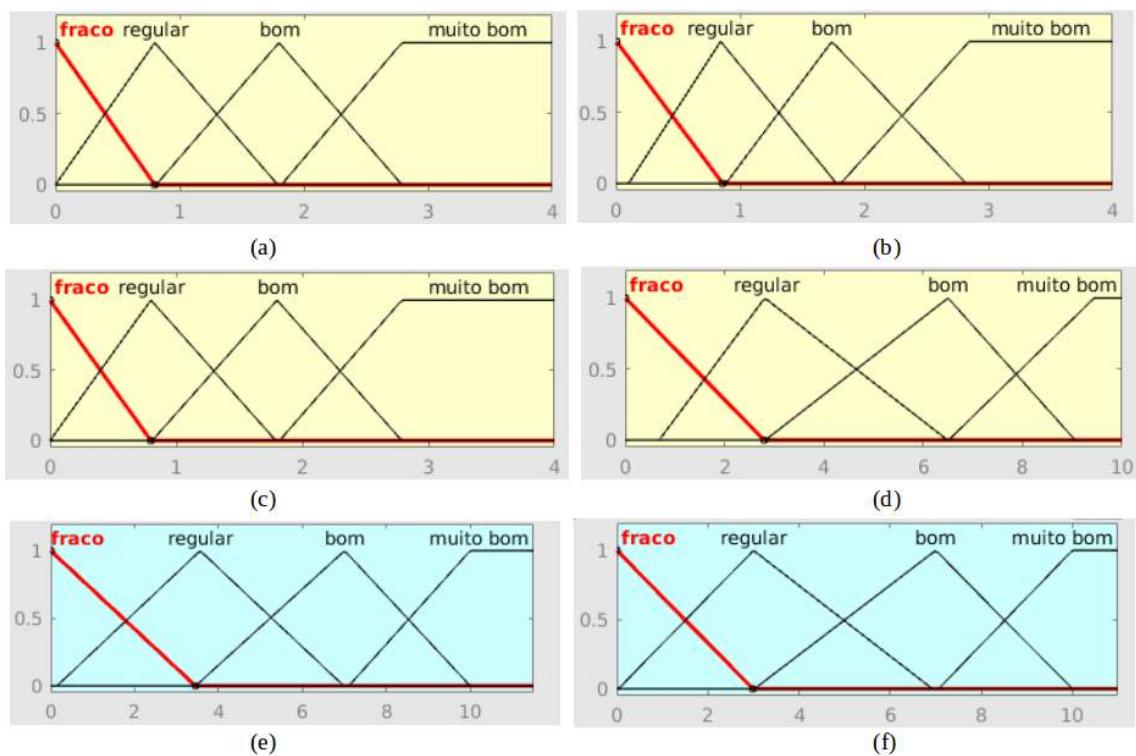
proporciona uma transição suave de cada regra, visto que as mesmas são apresentadas na forma de níveis.

3.4.2 Regras difusas para determinar o FLC3-Popularidade e FLC4-Interação Social

O grau de popularidade foi determinado pela quantidade dos relacionamentos e as referências recebidas dos outros alunos no fórum. Essas características serviram como entrada para o FLC3 gerando como saída um fator popularidade. Para obter a Interação Social, foi utilizada como entrada a quantidade de relacionamento e o fator de saída do FLC1-Comunicação. As saídas Popularidade e Interação Social são entradas para o FLC5 conforme pode ser observado na Figura 20.

Para o FLC3-Popularidade, a variável de entrada QRef ficou definida no intervalo de [0 a 4]. Para QR sua distribuição ficou [0 a 3] (FIGURA 23a e 23b). Para o FLC4-Interação Social, a variável linguística QTags, foi definida no intervalo [0 a 10]. Figuras 23d. Já para as saídas dos FLC3 e FLC4, seus valores linguísticos foram definidos no intervalo [0 a 10] (FIGURA 23e e 23f).

Figura 23 – (a) e (c) Funções de pertinência para QR; (b) Funções de pertinência para QRef; (d) Funções de pertinência FLC1-Comunicação; (e) Funções de pertinência da saída FLC3 e Funções de pertinência da saída FLC4 (F)



Fonte: Próprio autor.

Na Tabela 10 são apresentadas as regras difusas construídas pelo professor especialista na disciplina para as variáveis Popularidade e Interação Social.

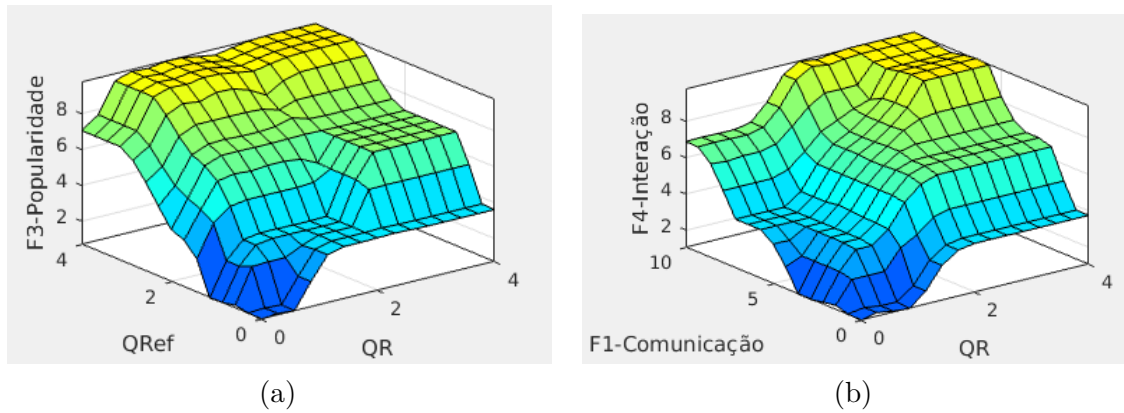
Tabela 10 – Regras difusas para o grau de Popularidade (a) e Interação Social (b).

(A) Interação					(B) Popularidade				
F1-Comunicação	QR				QR	QRef			
	F	R	B	M		F	R	B	M
F	F	R	R	B	F	F	R	B	B
R	F	R	B	B	R	R	R	B	M
B	R	B	M	M	B	B	B	B	M
M	R	B	M	M	M	B	M	M	M

Fonte: Próprio autor.

Na Figura 24a e 24b são apresentados os gráficos de superfície de controle baseados nas regras da Tabela 10 e com os valores discretos apresentados no gráfico.

Figura 24 – (a) Gráficos de superfície do controlador Popularidade; (b) Interação Social.

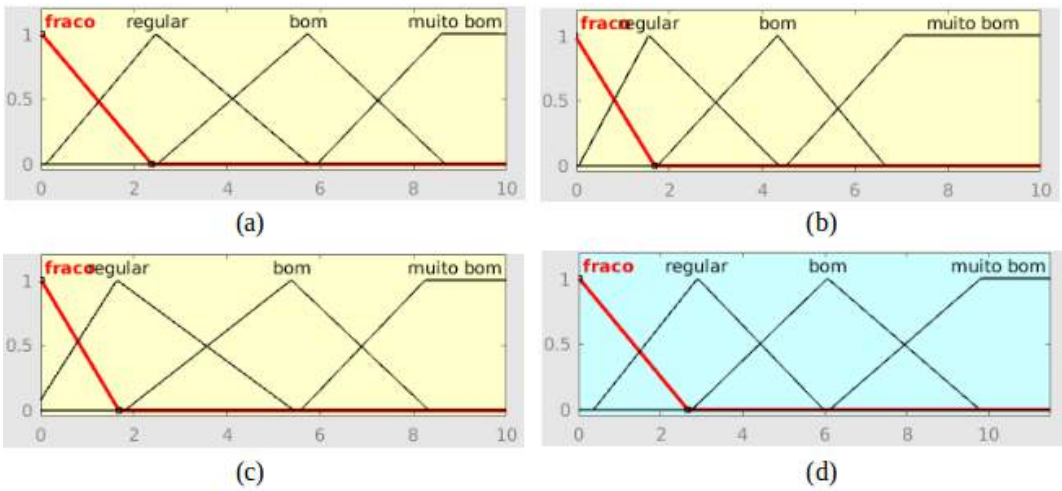


Fonte: Próprio autor.

3.4.3 Regras difusas para determinar o grau de presencialidade

Finalmente o grau de presencialidade é determinado pelas três saídas provenientes dos FLC2, FLC3 e FLC4, respectivamente, afetividade, popularidade e interação social, que servem de entrada para o FLC5 e que, após o processo de inferência resultara na Presencialidade do aluno (FIGURA 25). Foram realizadas simulações com até seis termos linguísticos na saída, porém os resultados ficaram bem próximo dos resultados obtidos com quatro termos linguísticos. Desta forma, optou-se pela permanência dos quatro termos linguísticos (Fraco, Regular, Bom e Muito Bom) por proporcionar uma redução do esforço computacional e uma redução no número de regras.

Figura 25 – Funções de pertinência para (a) valores para Afetividade. (b) Valores para Popularidade. (c) Interação social e (d) Saída para Presencialidade



Fonte: Próprio autor.

Neste caso foram construídas as regras difusas para determinar a presencialidade dos alunos no fórum de acordo com as variáveis linguísticas de entrada, Afetividade, Interação Social, Popularidade e uma variável linguística de saída, Presencialidade. Na Tabela 11 são apresentadas as regras difusas, que é a representação do conhecimento do professor especialista, que servem para determinar a presencialidade de acordo com os valores de entrada. As regras completas encontram-se no Apêndice B.

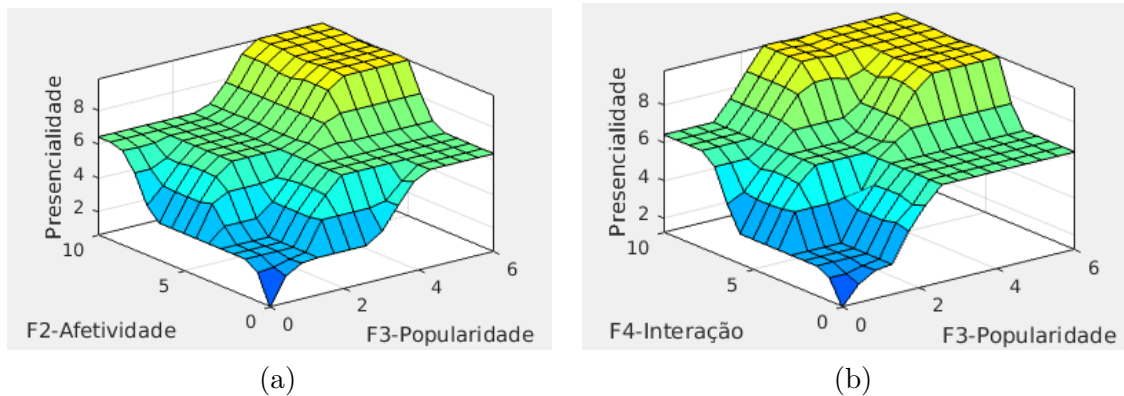
Tabela 11 – Regras difusas para determinar a presencialidade.

Regras	If	Afetividade	and	Int. Social	and	Popularidade	Then	Saída
1		Fraco		Fraco		Fraco		Fraco
2		Fraco		Fraco		Regular		Fraco
3		Fraco		Fraco		Bom		Regular
4		Fraco		Fraco		Muito Bom		Bom
5		Fraco		Regular		Fraco		Fraco
...								
64		Muito Bom		Muito Bom		Muito Bom		Muito Bom

Fonte: Próprio autor.

Na Figura 26a e 26b, são apresentados os gráficos superfície de controle baseado nas regras da Tabela 11 e a transição suave das regras difusas.

Figura 26 – (a) Gráficos de superfície do controlador Presencialidade entra as entradas Afetividade e Popularidade; (b) Interação e Popularidade.



Fonte: Próprio autor.

O Fator Presencialidade vai ser determinante para o processo de avaliação e conhecimento do comportamento do aluno. Este fator vai servir para mostrar o grau de pertencimento do aluno no grupo. Isso foi possível, mediante um processo que determina a afetividade (estilo visual), comunicação, popularidade e interação social dos alunos no fórum.

3.5 Considerações Finais

Neste capítulo foi apresentado a metodologia aplicada nesta pesquisa e sua classificação quanto a natureza, abordagens e procedimentos técnicos. Foi apresentada as etapas para a realização dos experimentos 1 que faz uso de apenas um FLC. No experimento 2 foram utilizados seis Fóruns de discussão e a participação de três especialistas. Foi utilizada uma ferramenta estatística para gerar informações dos dados e com base nessas informações foi definido o modelo composto por cinco FLC que junto com as regras realizam o processo de fuzzificação e defuzzificação gerando assim o Fator presencialidade.

O Fator Presencialidade obtido é apresentado e discutido no próximo capítulo, assim como a contribuição dessa nota no avanço angular do vetor no modelo LV de avaliação.

4 RESULTADOS

Os dados obtidos refletem as respostas dos alunos nas discussões dos fóruns, e serão avaliados pelo sistema fuzzy proposto. Os resultados refletem o Fator Presencialidade dos alunos de acordo com os critérios de avaliação propostos pelos especialistas. Neste capítulo são apresentados os resultados dos experimentos deste trabalho.

4.1 Resultados do Experimento 1

No experimento 1 o sistema difuso foi alimentado com os valores de entrada da Tabela 5, as regras são ajustadas para a máquina de inferência e são obtidos os resultados da avaliação da presencialidade. São apresentados os dados do sistema difuso e uma comparação do Fator Presencialidade com a nota final do aluno obtida com o modelo LV, fruto das seleções dos LV ícones por parte do Professor/Tutor.

Foi possível obter o desempenho de cada aluno levando em consideração o tempo de participação, a quantidade de interações, a quantidade de referências e a nota obtida.

Na Tabela 12 apresentam-se os resultados finais do processo de avaliação difusa de cada aluno, e também a nota da atividade.

Tabela 12 – Notas e Fator Presencialidade.

Base de informações dos alunos													
Ident, do aluno	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
Tempo	0,75	1,00	0,63	0,58	0,49	0,36	0,71	0,89	0,53	0,61	0,29	0,45	0,11
Qtd referências	0,28	0,34	0,52	0,52	1,00	0,07	0,07	0,34	0,31	0,21	0,07	0,17	0,17
Qtd interações	0,78	0,67	1,00	0,22	0,22	0,33	0,22	0,22	0,44	0,33	0,11	0,11	0,11
Nota LV	10,0	10,0	10,0	9,24	9,24	9,66	9,24	9,81	9,66	9,66	7,07	5,56	5,56
Presencialidade	7,86	9,42	9,93	8,82	9,37	7,97	8,58	8,82	8,52	8,83	4,21	5,68	4,17

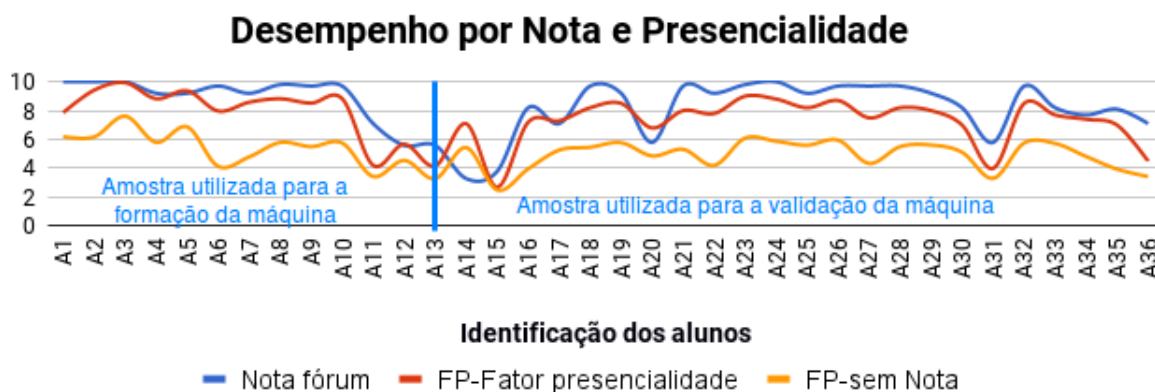
Fonte: Próprio autor.

No Tabela 12, observa-se que o aluno de identificação A13 obteve nota do fórum 5,6 e não participou ativamente do fórum, fazendo apenas uma postagem (interação) que não foi citada e nem referenciada pelos colegas. Na avaliação da presencialidade, seu rendimento ainda é menor, obtendo uma pontuação de 4,17, pois os fatores participação e interação praticamente foram inexistentes. Os alunos A1, A2 e A3 participaram ativamente do fórum e receberam em suas avaliações a nota máxima (10,00). Já na avaliação da presencialidade, foi apresentada uma variação para menor do aluno A1 e uma pequena variação entre os alunos A2 e A3. O Aluno A3 manteve praticamente o mesmo desempenho.

Apesar das notas finais terem sido iguais, o Fator Presencialidade foi bem diferente. Isso ocorreu principalmente pela quantidade de interações. O aluno A6 obteve como nota de participação do fórum, o valor de 9,70, nota muito próxima dos alunos A1, A2 e A3, porém ao verificar o Fator Presencialidade, seu rendimento foi de 7,97, uma queda de quase dois pontos, representando uma redução de 20% da nota. Essa redução foi fruto da baixa visibilidade das postagens pelos outros alunos, pois foi pouco citado e referenciado. Isso pode significar que a informação postada no fórum foi de baixa relevância para a discussão. Finalmente o aluno A5, que obteve como nota o valor de 9,20, seu Fator Presencialidade foi de 9,37, tendo um crescimento pequeno, mas que poderia ser muito maior, pois o aluno teve poucas interações, e consequentemente seu tempo foi baixo, o que reduziria a nota. Porém o impacto dessas interações no grupo proporcionou muitas referências e discussões, pois muitos alunos faziam uso da referida postagem em suas contribuições elevando o Fator Presencialidade.

Na Figura 27, apresenta-se o gráfico de desempenho de toda a turma. A comparação é feita com a nota do fórum, o Fator Presencialidade e o Fator Presencialidade sem a nota do fórum. É possível fazer também um comparativo entre a amostra que serviu para o treinamento da máquina e a da validação.

Figura 27 – Gráfico de comparação Nota do fórum e Fator Presencialidade.



Fonte: Próprio autor.

Os resultados obtidos com os experimentos realizados apontam para uma possível viabilidade de se mensurar a presencialidade dos alunos em um fórum. Porém, foi utilizado como entrada o valor nota do fórum e esse valor tem um peso muito significativo no processo de fuzzificação, deixando o fator presencialidade tendencioso para a nota recebida.

Outro fator que prejudicou o resultado do experimento foi o processo de normalização dos valores de entrada no intervalo $[0 \text{ e } 1]$. Com a normalização somente um aluno conseguiria obter a nota 10, pois a normalização é a razão entre um valor e o maior valor do conjunto. Logo, se um aluno tivesse um tempo ou quantidade de interações muito alto,

pela normatização, outros alunos que tivessem um bom tempo no fórum, mas não tão alto como o outro, ficariam prejudicados.

Foi percebido a necessidade de encontrar outras variáveis linguísticas que contribuíssem de forma a melhorar o processo de mensuração da presencialidade. Como também a comparação da nota de presencialidade produzida pela máquina com a nota de presencialidade atribuída por um especialista em EaD.

Desta forma, busca-se modelar uma nova máquina, sem a nota do fórum e com outras variáveis linguísticas que possa ser testada em um universo muito maior de alunos e que os resultados obtidos possam ser comparados com um especialista humano.

4.2 Resultados do Experimento 2

No experimento 2 o sistema difuso foi dividido em 5 FLC. Foram alimentados com os valores de entrada da Tabela 7, as regras foram ajustadas para cada FLC e foram obtidos os resultados para cada fator: Afetividade, Comunicação, Popularidade e Interação Social. Esses valores alimentam o FLC5, que realiza o processo de fuzzificação e defuzzificação, gerando o valor da presencialidade. São apresentados os valores obtidos pelo sistema difuso e uma comparação com a nota da presencialidade atribuída pelos professores especialistas em EaD.

Em busca de aproximar os valores encontrados em relação à saída do FLC5-Presencialidade, foi realizado um arredondamento das notas de presencialidade, pois os valores da presencialidade estão no formato decimal com duas casas de precisão variando entre 0,00 a 10,00. Já as notas atribuídas pelos especialistas, a maioria, são do tipo inteiro e com poucas notas quebradas em meio ponto (0,5). Em busca de minimizar essa diferença entre a nota da máquina fuzzy e a nota do especialista, foi utilizada uma função de arredondamento das notas em planilhas eletrônicas chamada *'floor'*. Foram feitos testes também com o arredondamento das notas para múltiplos de 0,5 para cima e para baixo.

São apresentados na Tabela 13 os valores de notas atribuídas pelos especialistas e também os valores da presencialidade obtidos pelo processo de fuzzificação.

Tabela 13 – Resultado Experimento 2 - Fórum 1 e 2.

Fórum 1								Fórum 2							
Aluno	Comunicação	Afetividade	Popularidade	Interação	Nota Esp.1	Presencialidade	Nota Fórum LV	Aluno	Comunicação	Afetividade	Popularidade	Interação	Nota Esp.2	Presencialidade	Nota Fórum LV
A1	9,94	9,58	6,29	9,65	7,00	7,68	9,66	A114	9,94	9,39	9,27	9,65	9,00	9,60	9,98
A2	9,94	9,58	9,27	9,65	7,00	9,60	9,91	A115	9,94	5,50	9,27	9,65	9,00	9,56	10,0
A3	9,94	5,50	9,27	9,65	9,00	9,56	10,0	A116	9,94	6,59	6,29	9,65	8,00	8,14	9,47
A4	7,98	9,56	3,30	7,60	6,00	6,21	10,0	A117	9,94	5,50	9,27	9,65	8,00	9,56	10,0
A5	7,47	5,37	6,63	5,16	6,00	7,74	5,56	A118	9,60	9,49	6,29	9,65	8,00	7,68	9,66
A6	7,61	5,50	6,29	9,44	7,50	8,81	10,0	A119	7,61	9,65	6,29	9,44	8,00	7,68	10,0
A7	9,60	6,67	6,63	9,65	6,00	8,22	10,0	A120	9,94	9,58	9,27	9,65	8,00	9,60	9,91
A8	3,56	9,49	1,84	4,32	6,50	6,21	9,66	A121	4,79	4,23	1,84	4,49	5,00	5,02	5,56
A9	9,94	9,49	3,30	9,65	8,00	6,21	9,91	A122	9,60	6,59	6,63	9,65	7,00	8,31	8,97
A10	9,83	6,65	6,63	9,57	7,00	8,25	9,81	A123	3,56	4,60	1,84	4,32	4,00	5,29	5,56
A11	3,56	5,50	6,63	4,32	8,50	7,72	10,0	A124	7,98	6,65	6,63	5,70	7,00	8,01	8,31
A12	3,56	6,62	3,30	6,92	7,70	7,58	9,81	A125	3,56	4,23	1,84	4,32	4,00	5,02	5,56
A13	9,94	5,50	9,17	9,57	7,50	9,56	10,0	A126	9,94	5,50	9,27	9,65	8,00	9,56	10,0
A14	4,79	4,28	1,84	4,49	6,00	5,06	5,56	A127	3,56	4,23	1,84	4,32	4,00	5,02	5,56
A15	5,35	6,66	3,30	6,92	5,00	7,58	9,24	A128	7,61	6,55	6,29	9,44	7,50	8,19	9,66
A16	3,56	6,59	3,30	6,94	5,00	7,61	9,66	A129	9,83	5,50	6,63	9,57	6,50	8,94	9,81
A17	7,61	6,67	6,29	9,44	5,00	8,05	9,66	A130	7,98	6,62	9,17	7,60	7,50	9,41	9,24
A18	5,35	5,50	4,10	4,37	6,00	5,92	10,0	A131	9,60	9,58	6,63	9,65	6,00	8,01	9,98
A19	9,94	9,65	6,63	9,65	7,00	8,01	10,0	A132	9,94	9,39	9,27	9,65	7,00	9,60	9,91
A20	9,60	9,49	4,31	9,57	6,00	6,20	9,66	A133	7,98	6,62	6,63	7,60	7,00	8,28	9,81
A21	5,35	7,14	3,30	6,92	5,00	7,58	9,81	A134	5,35	6,62	4,31	6,92	6,00	7,58	8,31
A22	9,94	9,17	6,29	9,65	7,00	7,68	10,0	A135	9,60	5,50	6,63	9,65	8,00	8,94	9,91
A23	3,56	6,66	3,30	6,92	5,00	7,58	5,56	A136	9,94	9,40	9,17	9,57	8,00	9,60	10,0
A24	4,79	4,28	1,84	4,49	4,50	5,06	7,07	A137	9,83	6,87	4,31	9,57	7,00	8,00	9,81
A25	9,60	9,40	6,63	9,57	8,00	8,01	10,0	A138	4,79	6,01	4,10	4,49	5,00	5,92	5,56
A26	9,83	6,62	1,84	6,92	5,00	6,33	9,81	A139	9,94	5,50	6,29	9,65	8,00	8,81	10,0
A27	3,56	5,50	9,27	6,94	9,00	8,78	10,0	A140	5,35	6,62	4,31	6,92	7,00	7,58	5,56
A28	7,61	6,59	9,27	9,44	9,00	9,42	9,66	A141	9,94	5,50	9,17	9,57	8,00	9,56	9,66
A29	3,56	4,28	1,84	4,32	3,00	5,06	7,07	A142	4,79	7,00	1,84	4,49	5,00	5,45	5,56
A30	7,61	6,55	6,29	9,44	7,00	8,19	9,91	A143	9,94	9,58	9,27	9,65	9,00	9,60	9,91
A31	3,56	4,28	1,84	4,32	3,00	5,06	7,07	A144	7,61	9,65	6,29	9,44	7,00	7,68	5,56
A32	5,35	7,14	9,17	6,92	7,00	9,27	9,81	A145	9,94	9,60	9,27	9,65	7,00	9,60	10,0
A33	9,94	5,50	9,27	9,65	8,00	9,56	10,0	A146	9,83	9,56	4,31	9,57	7,00	6,20	9,81
A34	3,56	8,03	9,17	4,32	7,00	8,27	7,07	A147	9,94	6,67	9,27	9,65	7,00	9,40	8,66
A35	7,61	5,50	6,29	9,44	8,00	8,81	10,0	A148	9,83	7,50	9,17	9,57	8,00	9,33	9,81
A36	9,94	5,50	9,27	9,65	9,00	9,56	10,0	A149	7,98	6,65	1,84	5,70	7,00	6,30	9,24
A37	5,35	9,56	4,31	6,92	7,50	6,22	9,81								
A38	7,61	9,65	3,30	9,44	5,00	6,21	9,66								

Fonte: Próprio autor.

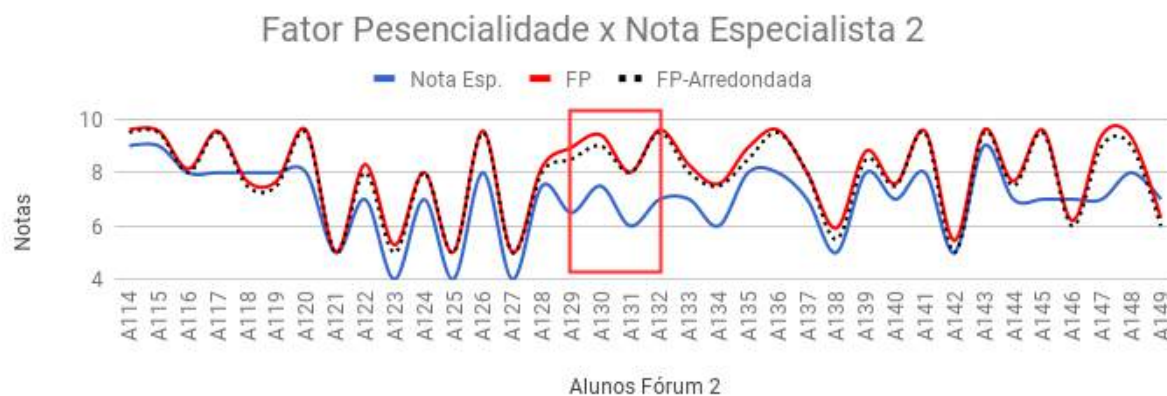
São apresentados os gráficos de comparação entre nota de presencialidade atribuída pelos especialistas, nota da Presencialidade e nota de presencialidade arredondada dos fóruns 1 e 2 (Figura 28 e 29)

Figura 28 – Gráfico de comparação entre Nota do Especialista, Fator Presencialidade e Presencialidade com arredondamento. Fórum 1.



Fonte: Próprio autor.

Figura 29 – Gráfico de comparação entre Nota do Especialista, Fator Presencialidade e Presencialidade com arredondamento. Fórum 2.



Fonte: Próprio autor.

Ao analisar os alunos A5 e A34 que realizaram só uma postagem, foi observado que essa postagem gerou indicadores de interação, popularidade e relacionamento. Mostrando que essas mensagens foram significantes para a discussão. Porém as mesmas foram avaliadas pelo Professor/Tutor uma como 'Fracá' e a outra como 'Muito bom'.

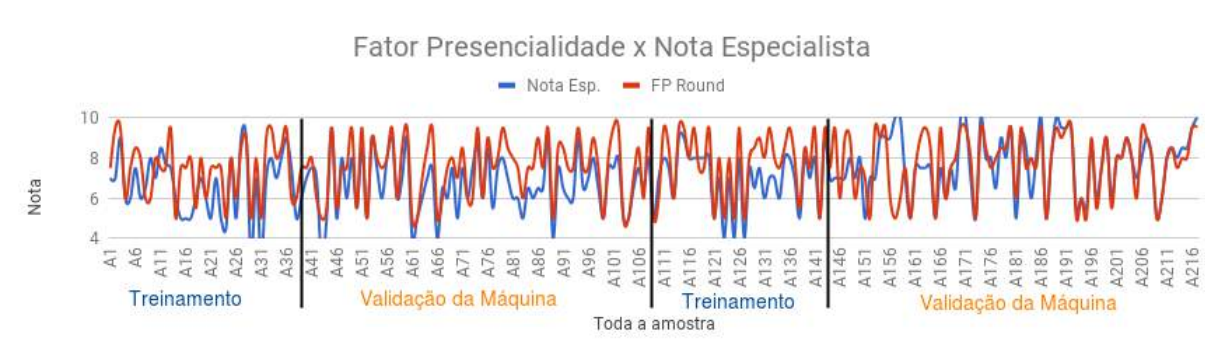
No gráfico da Figura 28, é fácil observar que existe uma discrepância entre os alunos A14 e A17. Ao observar com detalhes, foi possível chegar à seguinte conclusão. O aluno

A14 obteve a sequência de (1,1,2,1,0) respectivamente para (QPE, QPR, Qtags, QR, Qref) e foi avaliado pelo especialista com nota 6,0. Porém os alunos A15, A16 e A17 tiveram uma participação mais ativa no fórum (2,1,0,2,0), (3,0,4,3,0), (3,1,0,3,1) onde o A16 e A17 chegaram a se relacionar com três alunos cada, porém o especialista só atribuiu nota 5,0 para cada um. Se tivesse levado em conta os mesmos critérios do A14, os alunos deveriam receber uma nota superior a 6,0. Neste caso é possível observar que o especialista do fórum 1 não foi coerente ao atribuir o valor para esses alunos. Outro caso de discrepância foi com o A13 que obteve (3, 5, 57, 2, 3) e recebeu do especialista nota de presencialidade 7,5, enquanto que o A12 com valores de participação bem inferiores (2,0,4,2,0) recebeu nota 7,7. Já pelo sistema fuzzy foi atribuído 9,5 e 7,5 respectivamente. A máquina acertando em A12 não tinha como ser precisa em A13, pois seria um contraste de juízo estabelecido pelas regras fuzzy.

É visto uma distorção apresentada no gráfico da Figura 29 entre os Alunos A129 ao A132. Essa variação representa uma diferença em torno de um ponto entre a nota do especialista e da máquina fuzzy sobre presencialidade. Comparando o aluno A132 com Aluno A118 observa-se que tiveram as mesmas quantidades de interações porém o especialista atribuiu nota oito (8,0) para A118 e sete(7,0) para A132. Isso mostra que o processo de avaliação exige uma definição de critérios, e este, deve ser aplicado a todos.

Na Figura 30 é apresentado um gráfico contendo toda a amostra utilizada no experimento 2. Nela é possível observar o intervalo utilizado para o treinamento da máquina.

Figura 30 – Gráfico de comparação Nota do Especialista e Fator Presencialidade da amostra.



Fonte: Próprio autor.

Em busca de analisar o resultado obtido pela presencialidade foram realizados testes que buscassem verificar a margem de erro entre o valor gerado pela máquina fuzzy e o valor dado pelo especialista. Para mensurar esse erro, Medeiros e Barreto (2017), fazem uso do Erro Quadrático Médio (EQM), o qual é baseado nos erros produzidos para todos os pares entrada-saída. Quanto menor for a taxa de erro, mas preciso será o resultado. Em

busca de analisar se as funções triangulares realmente seriam a melhor escolha, foi realizado o cálculo do EQM de três formas no Experimento 2. Foram mantidas as mesmas variáveis com os mesmos universos de discurso e as mesmas regras definidas pelos especialistas. A primeira forma, foi utilizando as funções de pertinência Triangulares, a segunda com as funções do tipo Sino e a terceira Gaussiana.

Na Tabela 14 é apresentado o EQM1-Funções Triangular, EQM2-Funções Sino. EQM3-Funções Gaussiana.

Tabela 14 – Erro Quadrático Médio da amostra com os três tipos de funções.

	EQM1-Triangular	EQM2-Sino	EQM3-Gaussiana
Fórum 1	2,393	2,459	2,178
Fórum 2	1,805	1,953	2,573
Amostra	1,694	1,871	1,881

Fonte: Próprio autor.

Desta forma, foi adotado o modelo triangular com valores do EQM de 1,694. Com o objetivo de aproximar os valores obtidos com a nota do especialista, pensou-se em realizar um arredondamento dos valores fracionários obtidos, visto que os mesmos estão no formato decimal, com duas casas de precisão. Foram calculados os EQMs com os valores arredondados em múltiplos de 0,5. Desta forma, um valor de 7,85 foi arredondado para 7,50 arredondamento para menor e 8,00 com arredondamento para maior. O EQM para menor e para maior são apresentados na Tabela 15

Tabela 15 – EQM1-Triangular; EQM com arredondamento para menor; EQM com arredondamento para maior.

	EQM1	EQM P/menor	EQM3 P/maior
Fórum 1	2,393	2,164	2,432
Fórum 2	1,805	1,472	2,833
Amostra	1,694	1,505	1,742

Fonte: Próprio autor.

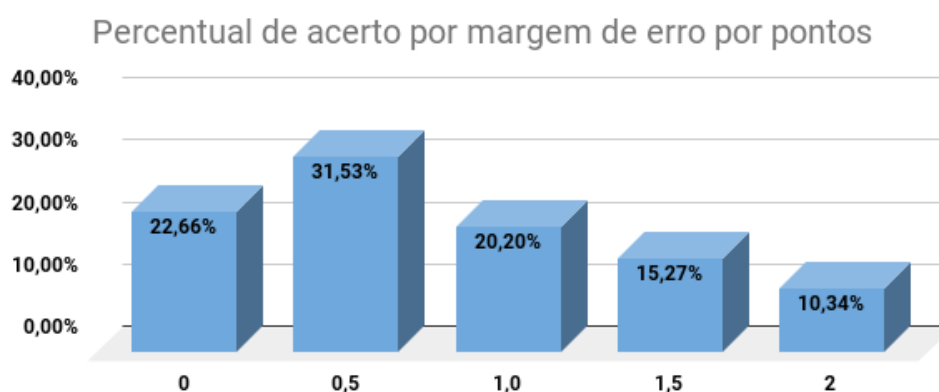
O processo de arredondamento da nota para um valor menor reduziu o EQM. O arredondamento possibilitou melhorar a acurácia de 1,694 para 1,505. Observa-se também que o especialista do fórum 2 obteve uma taxa de erro bem menor que a do fórum 1, com valor de 1,805. Esse valor indica que o especialista 2 foi mais preciso e coerente no

momento de realizar a avaliação dos alunos. A taxa de erro do especialista 2 ficou bem próximo do erro obtido na amostra e quando aplicado o processo de arredondamento do Fator Presencialidade, esse erro diminui mais ainda, ficando menor que o erro da amostra utilizada.

Verificando os dados, foram identificados as maiores discrepâncias entre a nota da máquina e a do especialista. O quantitativo encontrado foi de 14 notas entre as 217 que representam 6,4% da amostra.

Com os valores arredondados, e sem os 6,4% de discrepância, foi possível calcular as faixas de acertos. Foi levantada o quantitativo de acerto por faixa contido no intervalo de 0 a 2 pontos. Os erros maiores que 2 pontos de diferença estão contidos nos 6,4% de discrepâncias (FIGURA 31).

Figura 31 – Gráfico Percentual de acerto por erro



Fonte: Próprio autor.

No gráfico observa-se que a máquina fuzzy teve uma precisão de 22,66% com zero de erro e 31,53% com um erro de meio ponto e 20,20% para o erro de um ponto. A frequência acumulada de acerto para uma diferença de até um ponto é de 74,38% e 89,66% para um ponto e meio.

Percebe-se que em muitos casos a nota da presencialidade foi igual ou bem próxima da nota do Fórum. Com isso buscou-se verificar a existência de correlação entre os resultados dos FLCs, com as notas dos especialistas e também com a nota do Fórum LV (TABELA 16).

Ao analisar as colunas ‘nota da Presencialidade’ e ‘nota LV’ da Tabela 13, o teste de correlação de *Pearson*, foi percebido a existência de uma relação moderada entre a nota da presencialidade e a nota do fórum. Acreditava-se que seria inexistente a correlação pelo fato das notas do fórum serem calculadas a partir de valores angulares.

Comparando o Fator Presencialidade com os fatores Comunicação, Popularidade e

Tabela 16 – Tabela com os valores da correlação de *Pearson*.

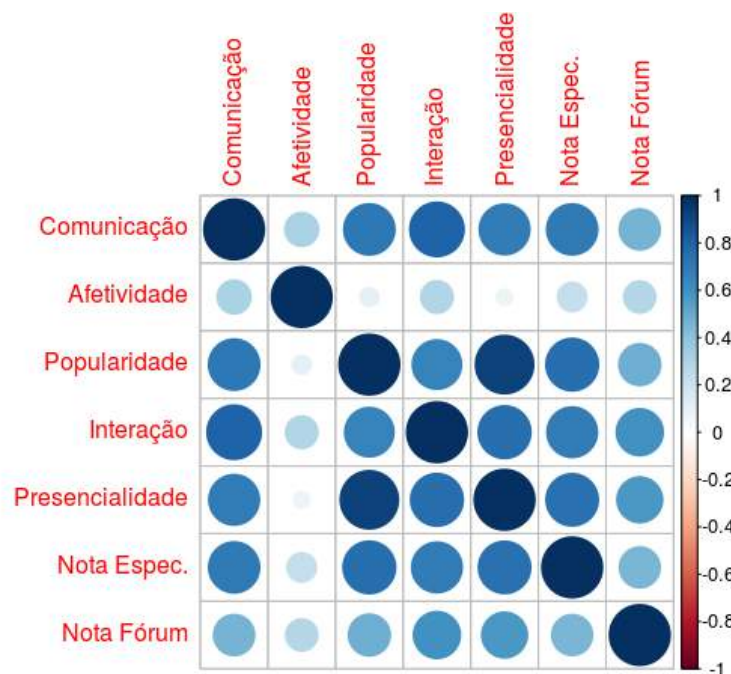
	Comunicação	Afetividade	Popularidade	Interação	Presenc,	Nota Espec,	Nota Fórum
Comunicação	1,000	0,316	0,714	0,803	0,697	0,710	0,464
Afetividade	0,316	1,000	0,100	0,292	0,075	0,238	0,285
Popularidade	0,714	0,100	1,000	0,663	0,924	0,754	0,481
Interação	0,803	0,292	0,663	1,000	0,757	0,697	0,601
Presencialidade	0,697	0,075	0,924	0,757	1,000	0,746	0,570
Nota Espec,	0,710	0,238	0,754	0,697	0,746	1,000	0,460
Nota LV	0,464	0,285	0,481	0,601	0,570	0,460	1,000

Fonte: Próprio autor.

Interação, foi encontrada uma correlação forte com os respectivos valores: 0,6975; 0,9235 e 0,7571. Porém, para a Afetividade, essa correlação foi fraca. 0,0749. Esse valor é reflexo das regras definidas pelo especialista para o processo de inferência.

A correlação entre a nota da presencialidade e as notas utilizadas pelos especialistas apresenta também uma correlação forte com índice de:0,7456.

Na Figura 32 é apresentado o gráfico de correlação da Tabela 13, onde os resultados foram obtidos pelas saídas dos FLCs. O gráfico ilustra a correlação entre seus valores.

Figura 32 – Gráfico correlação de *Pearson*

Fonte: Próprio autor.

Com os resultados obtidos, espera-se desenvolver uma ferramenta que possa retornar um *feedback* ao aluno indicando como está seu desempenho durante o fórum. Essa

ferramenta seria composta por barras indicadoras da popularidade, interação social e afetividade variando de [0 a 10], e em seu topo um placar com o valor da Presencialidade até o presente momento.

Para a integração com a nota do Fórum, pensou-se em utilizar os mesmos padrões de avaliação do Moodle, acrescentando a nota por composição.

Modelos de avaliação a serem utilizados no Moodle.

- Média das avaliações. Nota do Fórum e Nota da Presencialidade;
- Soma das avaliações. Nota do Fórum + Nota da Presencialidade;
- Avaliação Máxima ou Mínima.
- Nota por composição. Neste modelo seria possível definir um percentual de 0 a 100% para uma nota (Presencialidade ou nota do Fórum) e a outra seria ajustada automaticamente com o valor complementar.

4.3 Considerações finais

Neste capítulo, tratou-se de analisar o fator presencialidade e para isso foram realizados dois experimentos, onde foi possível obter o desempenho de cada aluno levando em consideração seus fatores, porém a variável nota utilizada no experimento 1, deixou os resultados tendenciosos para a própria nota do Fórum. Percebeu-se a necessidade de encontrar novas variáveis que correspondessem com o fator presencialidade.

No experimento 2. Foi montado um modelo utilizando 5 (cinco) FLCs baseado nos dados estatístico e na experiência do especialista. A partir desse modelo foi possível obter um fator de presencialidade.

Analizando os resultados, foi identificado alguns pontos em que o Professor/Tutor atribuiu uma nota de forma injusta e contraditório para alguns alunos. Mostrando que dependendo do tempo ou cansaço do Professor/Tutor em realizar o procedimento de avaliação, seu julgamento pode ser diferente para os mesmos indicadores encontrados no início do processo.

Os resultados obtidos apontam para um modelo de máquina fuzzy capaz de mensurar a presencialidade dos alunos em um fórum a partir das variáveis apresentadas, de forma a avaliar os alunos em várias dimensões e de uma forma mais precisa e interpretativa. Desta forma, decidiu-se modelar o Fórum LV Fuzzificado como contribuição ao modelo LV.

5 ESPECIFICAÇÃO DO FÓRUM LV FUZZIFICADO

Neste capítulo, apresenta-se a proposta de modelagem do Fórum LV fuzzificado seguindo os mesmos princípios de funcionamento no Modelo LV.

5.1 Especificação do Fórum LV Fuzzificado

A contribuição ao Modelo LV é propor uma especificação matemática, complementar ao Fórum LV doravante denominado: Fórum LV Fuzzificado ou Fórum LVF, que possa contribuir para uma avaliação formativa e qualitativa na EaD, bem como reduzir a sobrecarga do Professor/Tutor no momento da avaliação (PRESTES, 2011).

O modelo do Fórum LV proposto por Sales (2010) faz uso de vetores para o cálculo da nota, como também de ícones e das menções qualitativas. A escala de notas desse modelo está dividida em 25 possibilidades variando de 0 a 10 e seu ângulo variando de -90° (representando a nota mínima) a 0° (representando a nota máxima) visto na Seção 2.1, Figura 2b e Tabela 1. Cada vez que o aluno é avaliado, é atribuído um ícone referente às Menções Qualitativas (Muito Bom, Bom, Regular, Fraco e Não Satisfatório), que está associado a um Coeficiente de Passo (CP). O deslocamento do vetor se dá pela equação:

$$\Delta t = (CP * m * 7,5^\circ) \quad (5.1)$$

O produto do (CP) vezes o Fator Multiplicador (m) vezes o Passo ($7,5^\circ$) gera um ângulo total, chamado de variação angular total Δt que reposiciona o vetor aumentando sua nota. Isto se dá, devido a Δt acumular esse deslocamento, conforme apresentado na Equação 2.5 da Seção 2.1.1.

O modelo proposto para o Fórum LVF, diferencia-se dos outros fóruns por ser semi-automatizado, precisando apenas que o Professor/Tutor faça a avaliação da primeira postagem do aluno, as demais postagens não necessitarão de avaliação por parte do Professor/Tutor diminuindo assim, a sobrecarga para a avaliação e deixando o professor tutor mais dedicado para a mediação do fórum. Para isso utilizou-se o modelo do Fórum LV para avaliar a primeira postagem, e para as demais, o Fator Presencialidade.

Foi adaptado de (SALES, 2010) os seguintes critérios de categorização das mensagens postadas para o Fórum LVF:

M1 - Mensagem Principal – mensagem postada no fórum que revela a compreensão do aluno acerca do tema proposto para discussão.

Mn - Demais Mensagens: Fator presencialidade, calculada com base nas Interações, relacionamentos, comunicação e afetividade no Fórum.

Foi adaptada a equação da variação angular do Fórum LV para o Fórum LVF que gerencia o avanço angular do vetor para cada mensagem postada no Fórum LV. Foi obtida uma nova equação capaz de satisfazer os valores angulares e das notas já definidos no modelo LV, facilitando assim uma fácil integração.

Os valores angulares totalizados na variável Δt obedecerá aos seguintes critérios:

$$\Delta t = \left\{ \begin{array}{ll} 0; \text{ para } n = 0; \\ \left(\frac{3}{2} * CP \right) 7,5^\circ + I_{n-1} & \text{ para } n = 1; \\ (+3,75 * FP) + I_1; & \text{ em que } FP = \{x \in N \mid 0 \leq x \leq 12\} \end{array} \right\} \quad (5.2)$$

Em que:

- n - Números de postagens;
- I_n - Número de Interações;
- CP - Coeficiente de Passo;
- FP - Fator presencialidade, arredondado para um valor natural.

O funcionamento desta equação concentra-se no Δt que representa a variação angular total percorrida pelo vetor na posição -90° a 0° grau. Na primeira postagem, poderá ser atribuído um valor (Muito Bom, Bom, Regular e Fraco). Conforme Equação 5.2. Um aluno que envia ao fórum uma primeira mensagem categorizada como ‘Muito Bom’ (LV Ícone Azul) o valor de I_1 estabelecido na nova Equação 5.2 será de 45° . Aplicando a Equação 2.1 da positividade apresentada na Seção 2.1 temos como nota o valor de 7,07. É importante observar que a primeira mensagem a ser avaliada faz o módulo do vetor assumir valores entre 0 e 7,1. As demais interações complementam a nota até o seu valor máximo 10, daí a importância da primeira mensagem a ser avaliada.

Na Tabela 17 é apresentada a variação angular para a primeira postagem, conforme a menção recebida e sua respectiva nota para o Fórum LVF.

O complemento dessa nota será atribuído pelo Fator Presencialidade, normalizado no intervalo de 0 a 12 multiplicado pelo passo de $3,75^\circ$ (Equação 5.2). Os valores obtidos possibilita o Vetor-Aprendizagem do Fórum LVF (FIGURA 33) avançar até 12 passos para atingir a nota máxima. Os valores desse avanço angular estão representados na Tabela 18.

Tabela 17 – Tabela da variação angular para a primeira postagem e suas respectivas notas.

Ícone	CP	Menções	I_1	Nota LV
	4	Muito Bom	45°	7,1
	3	Bom	$33,75^\circ$	5,6
	2	Regular	$22,5^\circ$	3,8
	1	Fraco	$11,25^\circ$	2,0
	0	Não Satisfatório	0°	0,0
	-	Neutro	0°	0,0

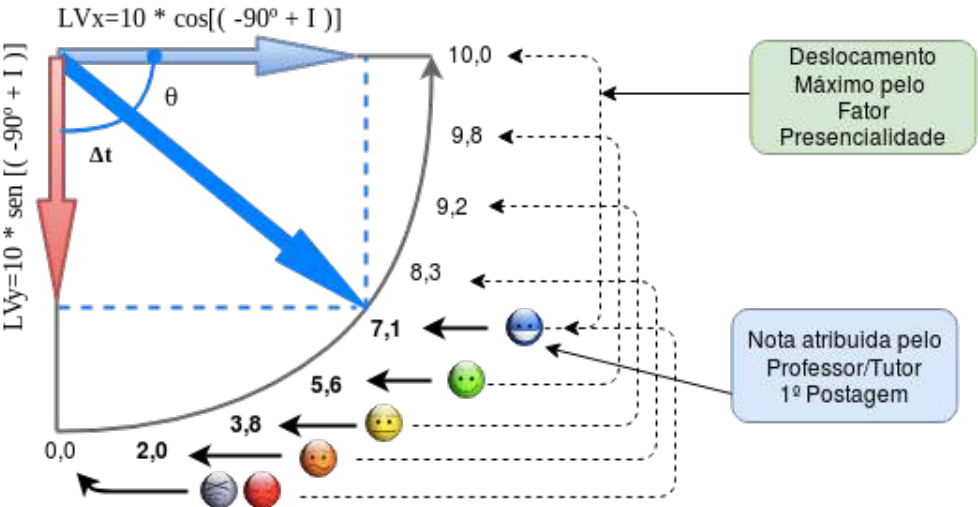
Fonte: Próprio autor.

Tabela 18 – Valores do avanço angular resultante do Fator Presencialidade x Passo($3,75^\circ$).

Tabela (FP x Passo($3,75^\circ$))												
FP	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I_n	0°	$3,75^\circ$	$7,5^\circ$	$11,25^\circ$	$15,0^\circ$	$18,75^\circ$	$22,5^\circ$	$26,25^\circ$	$30,0^\circ$	$33,75^\circ$	$37,5^\circ$	$41,25^\circ$

Fonte: Próprio autor.

Figura 33 – Vetor Aprendizagem do Fórum LVF com seus respectivos valores referentes a primeira postagem e seu deslocamento máximo pelo Fator Presencialidade.



Fonte: Próprio autor.

Na Figura 33 é apresentado o Vetor-Aprendizagem para o Fórum LVF. São representadas todas as possíveis notas referentes a primeira postagem, atribuídas pelo Professor/Tutor e o deslocamento provocado pelo Fator Presencialidade aplicado automaticamente para cada interação.

O aluno, ao entrar no fórum, não conseguirá visualizar as postagens de seus colegas. A visualização das mensagens de seus colegas só ficarão disponíveis após o mesmo responder à pergunta geradora. Nessa primeira postagem o aluno expõe seu conhecimento sobre o tema e será avaliado pelo Professor/Tutor conforme valores da Tabela 17. O tutor continuará provocando e mediando as discussões no Fórum LVF.

À medida que os alunos vão interagindo, o FP vai identificando as trocas de mensagens, e calculando os fatores Comunicação, Afetividade, Popularidade e Interação. Com isso o FP redireciona o vetor em sua nova posição, contribuindo assim com a nota do aluno no Fórum LVF. Caso o aluno realize alguma interação que não tenha ligação com a discussão ou a contribuição seja muito baixa/insignificante, essa interação deverá ser sinalizada pelo Professor/Tutor com CP (0-Não satisfatório ou Neutro) e não será contabilizada no cálculo do fator presencialidade do aluno que enviou e nem do aluno que recebeu, evitando assim, o aumento do volume de *posts* que não contribui com a discussão por ser um *posts* irrelevante.

Com essa modelagem para o Fórum LVF fica preservado o cálculo do Fator β que é um indicador qualitativo não-linear para suporte no acompanhamento da aprendizagem do aluno adaptado do modelo de (LOSADA, 1999) por (SALES, 2010). O Fator β exprime qualitativamente o desempenho do aluno e poderá ser aplicado para diferenciar alunos com notas finais iguais ou próximas.

5.2 Considerações Finais

Neste capítulo, tratou-se da modelagem do Fórum LVF mantendo os mesmos conceitos e ações do Modelo LV, preservando o cálculo do Fator β e reduzindo a sobrecarga do Professor/Tutor no processo de avaliação, deixando o Fórum LVF semiautomático. Foi definido o funcionamento do Fórum LVF como também suas equações matemáticas que representam o processo de atribuição de Nota.

A seguir, é apresentada as considerações finais desta pesquisa, as dificuldades encontradas e suas outras contribuições.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste último capítulo, apresentam-se as considerações finais, dificuldades e limitações, outras contribuições e trabalhos futuros.

6.1 Conclusões

Esta dissertação buscou estabelecer um modelo de avaliação da presencialidade dos alunos da modalidade de EaD utilizando Lógica Fuzzy. Tendo como questão de pesquisa a seguinte indagação “É possível definir um modelo utilizando Lógica Fuzzy que consiga avaliar a presencialidade em um Fórum de discussão de forma semi-automatizada, capaz de reduzir a sobrecarga do Professor/Tutor através das postagens, relacionamentos e interações dos alunos no Ambiente Virtual de Aprendizagem?”

Para tal, realiza-se uma busca atrás de indicadores que pudessem relacionar os comportamentos dos alunos com a presencialidade no fórum, e que esses indicadores também pudessem responder à questão de pesquisa, considerando que existem poucos indicadores armazenados no ambiente virtual para sinalizar a presencialidade.

O uso da lógica fuzzy e seus respectivos conjuntos mostrou-se satisfatória para a mensuração de um Fator Presencialidade objeto deste estudo. Durante as fases e procedimentos desta dissertação buscou-se desenvolver um modelo que permitisse mensurar o desempenho do aluno, a partir da sua presença no fórum.

A ideia de ter uma máquina que possa mensurar esses valores, ajudaria muito aos professores no momento de atribuir notas, pois o professor poderia verificar se o seu julgamento estaria dentro dos parâmetros indicados pelo computador e se em algum momento estaria sendo contraditório.

Nessa perspectiva, espera-se que o professor possa acompanhar e gerenciar a participação dos alunos pelo fator presencialidade. Ao mesmo tempo, esse fator permite conhecer um pouco mais do comportamento do estudante, possibilitando ao professor realizar, se necessário, uma intervenção.

Os resultados desta pesquisa contribuíram de forma satisfatória, tanto do ponto de vista da modelagem para a avaliação da presencialidade, como também contribuirá para o acompanhamento e a tomada de decisão por parte dos professores e tutores da modalidade de ensino a distância.

Como indicado neste estudo, buscou contemplar os modelos utilizados da lógica fuzzy para aplicação na avaliação da presencialidade dos alunos. O uso da lógica fuzzy nos

permite dar uma maior flexibilidade no momento de determinar essa presencialidade, já que é possível mensurar a participação dos mesmos nos AVA.

6.2 Dificuldades e Limitações

Uma fase que demorou muito foi a identificação de variáveis que pudessem identificar a presencialidade em um fórum. Neste sentido, o processo empregado nesta dissertação mostra-se como inovador, pois permitiu mapear um conjunto satisfatório de variáveis comportamentais de presencialidade.

Uma das principais dificuldades durante o desenvolvimento desta dissertação foi a extração de características das bases de dados dos fóruns do moodle. A complexidade da arquitetura do banco de dados Moodle, com um conjunto de aproximadamente 400 tabelas, tornou a extração das bases de discussões dos fóruns uma das fases com maior dedicação de tempo e esforço durante a montagem da base que serviria para alimentação da máquina fuzzy.

Os dados extraídos foram importados para tabelas, separados e organizados de forma que pudessem extrair as informações pertinentes ao modelo. Em alguns casos a extração da característica como citações pelos colegas foi linha a linha, aluno por aluno para garantir a integridade da informação. Logo, esse processo tornou-se exaustivo e custoso.

Embora o experimento tenha sido feito em vários fóruns de dois cursos de especialização ainda precisava ser realizado em outras turmas e em outros níveis da educação. Uma das limitações desta dissertação foi a inexistência de um experimento em um período de tempo maior.

Desta forma, tem-se consciência da necessidade de trabalhos futuros, do desenvolvimento de um *plugin*/ferramenta que possa ser implantado e possibilite a condução e monitoramento da presencialidade na modalidade de EeD em tempo real.

6.3 Outras Contribuições

Durante o desenvolvimento desta dissertação, outras contribuições emergiram de acordo com a execução do método proposto. Algumas contribuições que merecem destaque são:

- Geração de um conjunto de informações tabuladas da plataforma Moodle que pode contribuir para extração de outros fatores e características de comportamento para outros pesquisadores;

- Geração de um conjunto de dados que podem servir na construção de classificadores;
- Construção e disponibilização desses dados (Apêndices A e B) como consultas SQL (Apêndice D) pode ser considerado como uma das contribuições para a comunidade acadêmica de *Learning Analytics* e pesquisas educacionais.

6.4 Trabalhos Futuros

Este trabalho possibilitou o desenvolvimento de uma modelagem para mensurar a presencialidade em um Fórum LV utilizando lógica fuzzy. Como possibilidades de trabalhos futuros, que podem ser explorados a partir desse estudo, tem-se:

- Integração da mineração de texto em fórum para o desenvolvimento de um tutor inteligente que possibilite uma avaliação integrada e automática da presencialidade;
- Expansão para outras ferramentas dos ambientes virtuais como *chat*, *wiki*, *wokshop*, e outras modalidades de fórum como o fórum geral, fórum P&R;
- Aplicação do modelo em outras modalidades da educação como semipresencial, graduação e médio técnico;
- Buscar outras modelagens que possam mensurar a presencialidade por meio de redes neurais, mineração de dados e etc.

Considerando o conteúdo apresentado neste trabalho, pretende-se aprimorar a metodologia com a utilização de outros fatores referentes à presencialidade social (afetividade, expressões não-verbais, *internetês* e outros *logs* de acesso e visualização do fórum).

Referências

- ABED. Sensoead.br. 2017. Disponível em: <<http://www.abed.org.br/site/pt/>>. Acesso em: 23 nov. 2017. Citado na página 17.
- ALBUQUERQUE, M. et al. Avaliação da presencialidade em um fórum lv utilizando lógica fuzzy. In: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. [s.n.], 2017. v. 28, n. 1, p. 1357. ISSN 2316-6533. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5753/cbie.sbie.2017.1357>>. Citado na página 48.
- ARIAS, R. A. et al. *Avaliação multidimensional baseada em lógica difusa para educação mediada por computador*. Dissertação (Mestrado) — Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Estadual de Campinas - SP, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 39.
- ARIAS, R. A. et al. Avaliação multidimensional baseada em lógica difusa para ambientes de ensino mediado por computador. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 20, n. 3, p. 74–84, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 40 e 45.
- AZEVEDO, W. Múltiplos olhares sobre a evolução tecnológica. IN: OLIVEIRA, Fátima Bayma. *Desafios da Educação: contribuições estratégicas para o ensino superior*. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2009. Citado na página 17.
- BAI, S.-M.; CHEN, S.-M. Evaluating students' learning achievement using fuzzy membership functions and fuzzy rules. *Expert Systems with Applications*, Elsevier, v. 34, n. 1, p. 399–410, 2008. Citado 5 vezes nas páginas 18, 39, 40, 48 e 54.
- BIZZO, N. Ensino de ciências e ead. IN: LITTO, F.; FORMIGA, M. (Orgs.). *Educação a distância: o estado da arte*. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2009. Citado na página 18.
- BRASIL. Lei de diretrizes e bases da educação nacional. 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm>. Acesso em: 19 jun. 2016. Citado na página 17.
- BRASIL. Decreto nº 5.622, de 19 de dezembro de 2005. 2005. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/portarias/dec5.622.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2016. Citado na página 17.
- BRASIL. Parecer cne/ces nº 462/17. 2017. Disponível em: <<http://www.capes.gov.br/images/stories/download/legislacao/05122017-Parecer-CNE-CES-n-462-2017.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2017. Citado na página 17.
- BRASIL. Reforma do ensino médio: lei nº 13415, de 16 de fevereiro de 2017. 2017. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13415.htm>. Acesso em: 10 jun. 2017. Citado na página 17.
- BRINCKMANN, R. *A avaliação formativa da aprendizagem através da matemática nebulosa: uma proposta metodológica*. Tese (Doutorado) — Curso de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas - Universidade Federal de Santa Catarina, 2004. Citado 3 vezes nas páginas 34, 40 e 41.

CAVALCANTI, J. H. F. et al. *Lógica Fuzzy Aplicada às Engenharias*. [S.l.]: João Pessoa PB, 2012. Citado na página 57.

CUNHA, S. B. D.; CARVAJAL, S. *Estatística Básica-a Arte de Trabalhar com Dados*. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2009. Citado na página 51.

DIANA, D. Elementos da comunicação. TodaMatéria, 2017. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/elementos-da-comunicacao/>>. Acesso em: 11 jan. 2018. Citado na página 54.

DIAS, S. B.; DINIZ, J. A. Fuzzyqoi model: A fuzzy logic-based modelling of users' quality of interaction with a learning management system under blended learning. *Computers & Education*, Elsevier, v. 69, p. 38–59, 2013. Citado 7 vezes nas páginas 18, 39, 41, 43, 45, 48 e 54.

FILHO, D. B. F.; JUNIOR, J. A. d. S. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de pearson (r). *Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)*, Revista Política Hoje, v. 18, p. 115–146, 2009. Citado na página 98.

FREIRE, M. d. L. *Análise de Interação em Ambientes Virtuais de Aprendizagem com o uso de Grafos*. Dissertação (Mestrado) — Instituto Federal de Educação, Ciência E Tecnologia do Ceará-IFCE, 2017. Citado na página 41.

GENDERA, A. K. C.; MATTOSO, C. L. Q.; BOENTE, A. N. Avaliação das emoções dos consumidores idosos que participam de comunidades virtuais: Teoria dos conjuntos fuzzy. *VII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia*, 2010. Citado na página 30.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. *São Paulo*, v. 5, n. 61, p. 16–17, 2002. Citado na página 44.

GONÇALVES, A. J. *Forum P&R LV: avaliação formativa não-linear da aprendizagem aplicada ao LMS moodle*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual do Ceará - UECE, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 39.

HELPCLASSONLINE, S. 2017. Disponível em: <<http://www.helpclassonline.com.br>>. Acesso em: 23 nov. 2017. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 28.

KAMPFF, A. J. C. Mineração de dados educacionais para a construção de alertas em ambientes virtuais de aprendizagem como apoio à prática docente. *Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS/PPGIE – Porto Alegre*, 2009. Citado na página 19.

KIM, J. Developing an instrument to measure social presence in distance higher education. *British Journal of Educational Technology*, Blackwell Publishing Ltd, v. 42, n. 5, p. 763–777, 2011. ISSN 1467-8535. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8535.2010.01107.x>>. Citado na página 19.

LEVY, P. *Cibercultura*. [S.l.]: Editora 34, 2010. Citado na página 18.

LÉVY, P.; GUIMARÃES, M. M. A. *A máquina universo: criação, cognição e cultura informática*. [S.l.: s.n.], 1998. Citado na página 19.

LINO, A. D. P. *LABSQL: laboratório de ensino de SQL*. Dissertação (Mestrado), 2007. Citado na página 21.

- LITTO, F. M.; FORMIGA, M. M. *Educação a Distância. O Estado da Arte - Volume 1 (Em Português do Brasil)*. [S.l.]: São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2014. ISBN 978-85-7605-197-8. Citado na página 38.
- LOSADA, M. The complex dynamics of high performance teams. *Mathematical and computer modelling*, Elsevier, v. 30, n. 9-10, p. 179–192, 1999. Citado 3 vezes nas páginas 18, 24 e 75.
- MACÊDO, A. V. d. A. Controle do ângulo de passo de uma turbina eólica utilizando lógica fuzzy. 2012. Citado na página 31.
- MAMDANI, E. H. Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis. In: IEEE COMPUTER SOCIETY PRESS. *Proceedings of the sixth international symposium on Multiple-valued logic*. [S.l.], 1976. p. 196–202. Citado na página 35.
- MARRO, A. A. et al. Lógica fuzzy: conceitos e aplicações. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), 2010. Citado 3 vezes nas páginas 29, 30 e 36.
- MATHWORKS, I. *Fuzzy Logic Toolbox: User's Guide, version R2017b*. [S.l.]: MathWorks, 2017. Citado na página 35.
- MEDEIROS, C. M. d. S.; BARRETO, G. d. A. *Notas de Aula: Inteligência Computacional Aplicada - ICA*. [S.l.]: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Departamento da Indústria, 2017. Citado 3 vezes nas páginas 35, 36 e 67.
- MOODLE. Moodle. 2018. Disponível em: <<http://www.moodle.org>>. Acesso em: 13 Jan. 2018. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 18.
- MOORE, M. G. Theory of transactional distance. *Theoretical principles of distance education*, v. 1, p. 22–38, 1993. Citado na página 19.
- MORAN, J. M. O que é educação a distância. *São Paulo*, 2002. Citado na página 19.
- OTSUKA, J. L. et al. Modelo de suporte a avaliação formativa baseado em sistemas multiagentes para ambientes de ead. [sn], 2006. Citado na página 21.
- OTSUKA, J. L.; ROCHA, H. V. da. Avaliação formativa em ambientes de ead. In: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. [S.l.: s.n.], 2002. v. 1, n. 1, p. 146–156. Citado na página 20.
- PETERS, O. Didática do ensino a distância. *São Leopoldo: Unisinos*, 2001. Citado na página 19.
- PRESTES, P. A. N. Wiki-learning vectors ferramenta de avaliação da aprendizagem. 2011. Citado na página 72.
- PRETI, O. *Educação a Distância: construindo significados*. [S.l.]: Editora Plano, 2000. Citado na página 19.
- RODRIGUES, R. S.; BARCIA, R. M. Modelos de educação a distância. IN: *PRETI, Oresti*, 2003. Citado na página 38.
- SALEH, I.; KIM, S.-i. A fuzzy system for evaluating students' learning achievement. *Expert systems with Applications*, Elsevier, v. 36, n. 3, p. 6236–6243, 2009. Citado 5 vezes nas páginas 18, 39, 40, 43 e 45.

- SALES, G. L. *Learning Vectors (LV): um modelo de avaliação da aprendizagem em EaD online aplicando métricas não-lineares*. Tese (Doutorado) — Curso de pós-graduação em Engenharia de Teleinformática da Universidade Federal do Ceará-UFC, 2010. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/28313>>. Citado 9 vezes nas páginas 18, 24, 25, 26, 27, 28, 43, 72 e 75.
- SALES, G. L.; BARROSO, G. C.; SOARES, J. M. Learning vectors (lv): Um modelo de avaliação processual com mensuração não-linear da aprendizagem em ead online. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 20, n. 1, p. 60, 2012. Citado na página 25.
- SANTOS, G. Q. d. Lógica fuzzy: Uma proposta de aplicação na gestão de estoques. *Blucher Marine Engineering Proceedings*, v. 1, p. 816–827, 2014. Citado na página 37.
- SHORT, J.; WILLIAMS, E.; CHRISTIE, B. The social psychology of telecommunications. John Wiley and Sons Ltd, 1976. Citado na página 19.
- SILVA, E. L. D.; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. *UFSC, Florianópolis, 4a. edição*, v. 123, 2005. Citado na página 44.
- SILVA, J. K. K. d. Automatização do processo de identificação de presença social em fóruns e chats. In: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. [S.l.: s.n.], 2012. Citado 2 vezes nas páginas 40 e 54.
- SIMOES, M. G.; SHAW, I. S. Controle e modelagem fuzzy. *Blucher: FAPESP, São Paulo, BRA*, 2007. Citado na página 55.
- VALENTE, J. A. Educação a distância: uma oportunidade para mudança no ensino. *Educação a distância no Brasil na era da Internet*. São Paulo: Anhembi Morumbi Editora, p. 97–122, 2000. Citado na página 18.
- VIDAL, E. M.; MAIA, J. E. B. Introdução à educação a distância. – 2. ed. rev. – *Fortaleza : EdUECE*, 2015. Citado 3 vezes nas páginas 17, 19 e 38.
- WEON, S.; KIM, J. Learning achievement evaluation strategy using fuzzy membership function. In: *IEEE. Frontiers in Education Conference, 2001. 31st Annual*. [S.l.], 2001. v. 1, p. T3A–19. Citado na página 40.
- YAGER, R. R.; FILEV, D. P. Essentials of fuzzy modeling and control. *New York*, v. 388, 1994. Citado na página 33.
- ZADEH, L. A. Fuzzy sets. *Information and control*, Elsevier, v. 8, n. 3, p. 338–353, 1965. Citado 4 vezes nas páginas 30, 31, 33 e 43.

Apêndices

APÊNDICE A – Algoritmos

A.1 Algoritmos para MATLAB utilizado no experimento 1

```
% Algoritmo presencialidade com 1 FLC - Experimento 1

%carregando a base de dados com as informações para o MATLAB
base = dlmread('basematriz.txt',' ')

% Carrega o FLC criando com Toolbox de Lógica Fuzzy para o MATLAB
fis = readfis('fuzzy-presenca2');

% Envia para o FLC a base de dados
out = evalfis(base,fis);
%exibe os valores da presencialidade.
sprintf('valor = %f',out)
```

A.2 Algoritmos Fuzzy utilizado no experimento 2

```
% Algoritmo presencialidade com 5 FLC - Experimento 2
base1=dlmread('basepresenc2.txt',' ')

% Captura somente as colunas ou linhas específicas.
% Armazena o valor de cada coluna da base de dados na variável
pe=base1(1:217, 1:1);
pr=base1(1:217, 2:2);
tag=base1(1:217, 3:3);
rel=base1(1:217, 4:4);
ref=base1(1:217, 5:5);

%ler os cinco algoritmos do FLC
FLC1 = readfis('FLC1.fis');
FLC2= readfis('FLC2.fis');
FLC3= readfis('FLC3.fis');
FLC4= readfis('FLC4.fis');
FLC5= readfis('FLC5.fis');

% Envia a coluna 1 a 3 para o FLC1 e gera a saída out1-Comunicação
out1 = evalfis([pe pr],FLC1);
sprintf('%2.2f\n',out1)
% Envia a saída a coluna 4 a 5 para o FLC2 e gera a saída out2 - Afetividade
out2 = evalfis([pe tag],FLC2);
sprintf('%2.2f\n',out2)
% Envia a saída a coluna 6 a 7 para o FLC3 e gera a saída out3 - Popularidade
out3 = evalfis([rel ref],FLC3);
sprintf('%2.2f\n',out3)
% Envia a saída a variavel rel e out1 e para o FLC4 e gera a saída out4 -
interação social
out4 = evalfis([rel out1],FLC4);
sprintf('%2.2f\n',out4)
% Envia a saída out3, out4 e out2 para o FLC5 e gera a saída out5 - Presenci-
alidade
out5 = evalfis([out3 out4 out2],FLC5v6);
sprintf('%2.2f\n',out5)
```

APÊNDICE B – Regras Fuzzy

B.1 Conjunto de Regras Fuzzy Utilizado no Experimento-1

Variáveis de Entrada do experimento 1

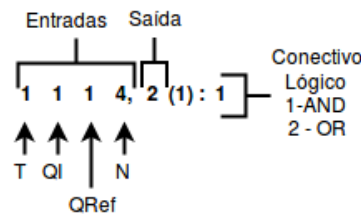
- Tempo (T);
- Quantidade de interações (QI);
- Quantidade de referências (QRef), e;
- Nota final (N).

Universo das entrada: 1-baixo; 2-regular; 3-bom; 4-muito bom.

Universo das Saída: 1-insuficiente; 2-fraco; 3-regular; 4-bom; 5-ótimo.

Na Figura 34 é apresentado a organização das regras fuzzy para o algoritmo do Matlab.

Figura 34 – Ilustração das regras fuzzy



Fonte: Próprio autor.

Tabela 19 – Regras Fuzzy

Conjunto de regras fuzzy - Experimento 1				
1 1 1 1, 1 (1) : 1	1 2 2 1, 2 (1) : 1	1 3 3 1, 3 (1) : 1	1 4 4 1, 3 (1) : 1	2 2 2 2, 3 (1) : 1
1 1 1 2, 1 (1) : 1	1 2 2 2, 2 (1) : 1	1 3 3 2, 3 (1) : 1	1 4 4 2, 4 (1) : 1	2 2 2 3, 3 (1) : 1
1 1 1 3, 2 (1) : 1	1 2 2 3, 3 (1) : 1	1 3 3 3, 3 (1) : 1	1 4 4 3, 4 (1) : 1	2 2 2 4, 3 (1) : 1
1 1 1 4, 2 (1) : 1	1 2 2 4, 3 (1) : 1	1 3 3 4, 4 (1) : 1	1 4 4 4, 4 (1) : 1	2 2 3 1, 3 (1) : 1
1 1 2 1, 1 (1) : 1	1 2 3 1, 2 (1) : 1	1 3 4 1, 3 (1) : 1	2 1 1 1, 1 (1) : 1	2 2 3 2, 3 (1) : 1
1 1 2 2, 2 (1) : 1	1 2 3 2, 3 (1) : 1	1 3 4 2, 3 (1) : 1	2 1 1 2, 2 (1) : 1	2 2 3 3, 3 (1) : 1
1 1 2 3, 2 (1) : 1	1 2 3 3, 3 (1) : 1	1 3 4 3, 4 (1) : 1	2 1 1 3, 2 (1) : 1	2 2 3 4, 4 (1) : 1
1 1 2 4, 3 (1) : 1	1 2 3 4, 3 (1) : 1	1 3 4 4, 4 (1) : 1	2 1 1 4, 3 (1) : 1	2 2 4 1, 3 (1) : 1
1 1 3 1, 2 (1) : 1	1 2 4 1, 3 (1) : 1	1 4 1 1, 2 (1) : 1	2 1 2 1, 2 (1) : 1	2 2 4 2, 3 (1) : 1
1 1 3 2, 2 (1) : 1	1 2 4 2, 3 (1) : 1	1 4 1 2, 3 (1) : 1	2 1 2 2, 2 (1) : 1	2 2 4 3, 4 (1) : 1
1 1 3 3, 3 (1) : 1	1 2 4 3, 3 (1) : 1	1 4 1 3, 3 (1) : 1	2 1 3 4, 3 (1) : 1	2 2 4 4, 4 (1) : 1
1 1 3 4, 3 (1) : 1	1 2 4 4, 4 (1) : 1	1 4 1 4, 3 (1) : 1	2 1 4 1, 3 (1) : 1	2 3 1 1, 2 (1) : 1
1 1 4 1, 2 (1) : 1	1 3 1 1, 2 (1) : 1	1 4 2 1, 3 (1) : 1	2 1 4 2, 3 (1) : 1	2 3 1 2, 3 (1) : 1

Tabela regras - continuação				
1 1 4 2, 3 (1) : 1	1 3 1 2, 2 (1) : 1	1 4 2 2, 3 (1) : 1	2 1 4 3, 3 (1) : 1	2 3 1 3, 3 (1) : 1
1 1 4 3, 3 (1) : 1	1 3 1 3, 3 (1) : 1	1 4 2 3, 3 (1) : 1	2 1 4 4, 4 (1) : 1	2 3 1 4, 3 (1) : 1
1 1 4 4, 3 (1) : 1	1 3 1 4, 3 (1) : 1	1 4 2 4, 4 (1) : 1	2 2 1 1, 2 (1) : 1	2 3 2 1, 3 (1) : 1
1 2 1 1, 1 (1) : 1	1 3 2 1, 2 (1) : 1	1 4 3 1, 3 (1) : 1	2 2 1 2, 2 (1) : 1	2 3 2 2, 3 (1) : 1
1 2 1 2, 2 (1) : 1	1 3 2 2, 3 (1) : 1	1 4 3 2, 3 (1) : 1	2 2 1 3, 3 (1) : 1	2 3 2 3, 3 (1) : 1
1 2 1 3, 2 (1) : 1	1 3 2 3, 3 (1) : 1	1 4 3 3, 4 (1) : 1	2 2 1 4, 3 (1) : 1	2 3 2 4, 4 (1) : 1
1 2 1 4, 3 (1) : 1	1 3 2 4, 3 (1) : 1	1 4 3 4, 4 (1) : 1	2 2 2 1, 2 (1) : 1	2 3 3 1, 3 (1) : 1
2 3 3 2, 3 (1) : 1	3 1 3 1, 3 (1) : 1	3 3 2 3, 4 (1) : 1	4 1 2 1, 3 (1) : 1	4 3 1 3, 4 (1) : 1
2 3 3 3, 4 (1) : 1	3 1 3 2, 3 (1) : 1	3 3 2 4, 4 (1) : 1	4 1 2 2, 3 (1) : 1	4 3 1 4, 4 (1) : 1
2 3 3 4, 4 (1) : 1	3 1 3 3, 3 (1) : 1	3 3 3 1, 3 (1) : 1	4 1 2 3, 3 (1) : 1	4 3 2 1, 3 (1) : 1
2 3 4 1, 3 (1) : 1	3 1 3 4, 4 (1) : 1	3 3 3 2, 4 (1) : 1	4 1 2 4, 4 (1) : 1	4 3 2 2, 4 (1) : 1
2 3 4 2, 4 (1) : 1	3 1 4 1, 3 (1) : 1	3 3 3 3, 4 (1) : 1	4 1 3 1, 3 (1) : 1	4 3 2 3, 4 (1) : 1
2 3 4 3, 4 (1) : 1	3 1 4 2, 3 (1) : 1	3 3 3 4, 4 (1) : 1	4 1 3 2, 3 (1) : 1	4 3 2 4, 4 (1) : 1
2 3 4 4, 4 (1) : 1	3 1 4 3, 4 (1) : 1	3 3 4 1, 4 (1) : 1	4 1 3 3, 4 (1) : 1	4 3 3 1, 4 (1) : 1
2 4 1 1, 3 (1) : 1	3 1 4 4, 4 (1) : 1	3 3 4 2, 4 (1) : 1	4 1 3 4, 4 (1) : 1	4 3 3 2, 4 (1) : 1
2 4 1 2, 3 (1) : 1	3 2 1 1, 2 (1) : 1	3 3 4 3, 4 (1) : 1	4 1 4 1, 3 (1) : 1	4 3 3 3, 4 (1) : 1
2 4 1 3, 3 (1) : 1	3 2 1 2, 3 (1) : 1	3 3 4 4, 5 (1) : 1	4 1 4 2, 4 (1) : 1	4 3 3 4, 5 (1) : 1
2 4 1 4, 4 (1) : 1	3 2 1 3, 3 (1) : 1	3 4 1 1, 3 (1) : 1	4 1 4 3, 4 (1) : 1	4 3 4 1, 4 (1) : 1
2 4 2 1, 3 (1) : 1	3 2 1 4, 3 (1) : 1	3 4 1 2, 3 (1) : 1	4 1 4 4, 4 (1) : 1	4 3 4 2, 4 (1) : 1
2 4 2 2, 3 (1) : 1	3 2 2 1, 3 (1) : 1	3 4 1 3, 4 (1) : 1	4 2 1 1, 3 (1) : 1	4 3 4 3, 5 (1) : 1
2 4 2 3, 4 (1) : 1	3 2 2 2, 3 (1) : 1	3 4 1 4, 4 (1) : 1	4 2 1 2, 3 (1) : 1	4 3 4 4, 5 (1) : 1
2 4 2 4, 4 (1) : 1	3 2 2 3, 3 (1) : 1	3 4 2 1, 3 (1) : 1	4 2 1 3, 3 (1) : 1	4 4 1 1, 3 (1) : 1
2 4 3 1, 3 (1) : 1	3 2 2 4, 4 (1) : 1	3 4 2 2, 4 (1) : 1	4 2 1 4, 4 (1) : 1	4 4 1 2, 4 (1) : 1
2 4 3 2, 4 (1) : 1	3 2 3 1, 3 (1) : 1	3 4 2 3, 4 (1) : 1	4 2 2 1, 3 (1) : 1	4 4 1 3, 4 (1) : 1
2 4 3 3, 4 (1) : 1	3 2 3 2, 3 (1) : 1	3 4 2 4, 4 (1) : 1	4 2 2 2, 3 (1) : 1	4 4 1 4, 4 (1) : 1
2 4 3 4, 4 (1) : 1	3 2 3 3, 4 (1) : 1	3 4 3 1, 4 (1) : 1	4 2 2 3, 4 (1) : 1	4 4 2 1, 4 (1) : 1
2 4 4 1, 4 (1) : 1	3 2 3 4, 4 (1) : 1	3 4 3 2, 4 (1) : 1	4 2 2 4, 4 (1) : 1	4 4 2 2, 4 (1) : 1
2 4 4 2, 4 (1) : 1	3 2 4 1, 3 (1) : 1	3 4 3 3, 4 (1) : 1	4 2 3 1, 3 (1) : 1	4 4 2 3, 4 (1) : 1
2 4 4 3, 4 (1) : 1	3 2 4 2, 4 (1) : 1	3 4 3 4, 5 (1) : 1	4 2 3 2, 4 (1) : 1	4 4 2 4, 5 (1) : 1
2 4 4 4, 5 (1) : 1	3 2 4 3, 4 (1) : 1	3 4 4 1, 4 (1) : 1	4 2 3 3, 4 (1) : 1	4 4 3 1, 4 (1) : 1
3 1 1 1, 2 (1) : 1	3 2 4 4, 4 (1) : 1	3 4 4 2, 4 (1) : 1	4 2 3 4, 4 (1) : 1	4 4 3 2, 4 (1) : 1
3 1 1 2, 2 (1) : 1	3 3 1 1, 3 (1) : 1	3 4 4 3, 5 (1) : 1	4 2 4 1, 4 (1) : 1	4 4 3 3, 5 (1) : 1
3 1 1 3, 3 (1) : 1	3 3 1 2, 3 (1) : 1	3 4 4 4, 5 (1) : 1	4 2 4 2, 4 (1) : 1	4 4 3 4, 5 (1) : 1
3 1 1 4, 3 (1) : 1	3 3 1 3, 3 (1) : 1	4 1 1 1, 2 (1) : 1	4 2 4 3, 4 (1) : 1	4 4 4 1, 4 (1) : 1
3 1 2 1, 2 (1) : 1	3 3 1 4, 4 (1) : 1	4 1 1 2, 3 (1) : 1	4 2 4 4, 5 (1) : 1	4 4 4 2, 5 (1) : 1
3 1 2 2, 3 (1) : 1	3 3 2 1, 3 (1) : 1	4 1 1 3, 3 (1) : 1	4 3 1 1, 3 (1) : 1	4 4 4 3, 5 (1) : 1
3 1 2 3, 3 (1) : 1	3 3 2 2, 3 (1) : 1	4 1 1 4, 3 (1) : 1	4 3 1 2, 3 (1) : 1	4 4 4 4, 5 (1) : 1
3 1 2 4, 3 (1) : 1				

B.2 Conjunto de Regras Fuzzy Utilizado no Experimento-2

Regras	If	Afetividade	and	Int. Social	and	Popularidade	Then	Saída
1		fraco		fraco		fraco		fraco
2		fraco		fraco		regular		fraco
3		fraco		fraco		bom		fraco
4		fraco		fraco		m.bom		regular
5		fraco		regular		fraco		fraco
6		fraco		regular		regular		fraco
7		fraco		regular		bom		regular
8		fraco		regular		m.bom		regular
9		fraco		bom		fraco		fraco
10		fraco		bom		regular		regular
11		fraco		bom		bom		regular
12		fraco		bom		m.bom		bom
13		fraco		m.bom		fraco		regular
14		fraco		m.bom		regular		regular
15		fraco		m.bom		bom		bom
16		fraco		m.bom		m.bom		bom
17		regular		fraco		fraco		fraco
18		regular		fraco		regular		fraco
19		regular		fraco		bom		regular
20		regular		fraco		m.bom		regular
21		regular		regular		fraco		regular
22		regular		regular		regular		regular
23		regular		regular		bom		regular
24		regular		regular		m.bom		bom
25		regular		bom		fraco		regular
26		regular		bom		regular		regular
27		regular		bom		bom		bom
28		regular		bom		m.bom		bom
29		regular		m.bom		fraco		regular
30		regular		m.bom		regular		regular
31		regular		m.bom		bom		bom
32		regular		m.bom		m.bom		bom
33		bom		fraco		fraco		regular
34		bom		fraco		regular		regular
35		bom		fraco		bom		bom
36		bom		fraco		m.bom		bom
37		bom		regular		fraco		regular
38		bom		regular		regular		regular
39		bom		regular		bom		bom
40		bom		regular		m.bom		bom
41		bom		bom		fraco		regular
42		bom		bom		regular		bom
43		bom		bom		bom		bom
44		bom		bom		m.bom		bom
45		bom		m.bom		fraco		bom
46		bom		m.bom		regular		bom
47		bom		m.bom		bom		m.bom
48		bom		m.bom		m.bom		bom
49		m.bom		fraco		fraco		regular
50		m.bom		fraco		regular		regular
51		m.bom		fraco		bom		bom
52		m.bom		fraco		m.bom		bom
53		m.bom		regular		fraco		regular
54		m.bom		regular		regular		bom
55		m.bom		regular		bom		bom
56		m.bom		regular		m.bom		bom
57		m.bom		bom		fraco		bom
58		m.bom		bom		regular		bom
59		m.bom		bom		bom		m.bom
60		m.bom		bom		m.bom		m.bom
61		m.bom		m.bom		fraco		m.bom
62		m.bom		m.bom		regular		m.bom
63		m.bom		m.bom		bom		m.bom
64		m.bom		m.bom		m.bom		m.bom

APÊNDICE C – Base de Dados Utilizado no Experimento-2

ID	QPE	QPR	QTag	QR	QRef	Cor azul.	Cor verd	Cor amar	Cor lar	Cor verm	Cor preta	Nota
A1	3	3	11	3	1	1	2	0	0	0	0	9,66
A2	4	3	11	3	5	2	2	0	0	0	0	9,91
A3	5	9	72	3	7	2	2	0	0	0	1	10,0
A4	2	2	19	2	0	2	0	0	0	0	0	10,0
A5	1	2	4	1	2	0	1	0	0	0	0	5,56
A6	4	1	37	3	1	2	1	0	0	0	1	10,0
A7	3	2	0	3	2	3	0	0	0	0	0	10,0
A8	3	0	10	1	0	1	2	0	0	0	0	9,66
A9	4	4	10	4	0	0	4	0	0	0	0	9,91
A10	2	3	2	2	2	1	1	0	0	0	0	9,81
A11	5	0	73	1	2	2	3	0	0	0	0	10,0
A12	2	0	4	2	0	1	1	0	0	0	0	9,81
A13	3	5	57	2	3	3	0	0	0	0	0	10,0
A14	1	1	2	1	0	0	1	0	0	0	0	5,56
A15	2	1	0	2	0	0	2	0	0	0	0	9,24
A16	3	0	4	3	0	0	3	0	0	0	0	9,66
A17	3	1	0	3	1	0	3	0	0	0	0	9,66
A18	2	1	22	1	1	2	0	0	0	0	0	10,0
A19	5	3	18	4	2	2	3	0	0	0	0	10,0
A20	3	2	10	2	1	0	3	0	0	0	0	9,66
A21	2	1	8	2	0	1	1	0	0	0	0	9,81
A22	6	3	7	6	1	2	4	0	0	0	0	10,0
A23	2	0	6	2	0	0	1	0	0	0	1	5,56
A24	1	1	2	1	0	1	0	0	0	0	0	7,07
A25	3	2	15	2	2	3	0	0	0	0	0	10,0
A26	2	3	3	1	0	1	1	0	0	0	0	9,81
A27	7	0	71	5	5	3	3	0	0	0	1	10,0
A28	3	1	4	3	3	0	2	1	0	0	0	9,66
A29	1	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	7,07
A30	4	1	5	3	1	0	4	0	0	0	0	9,91
A31	1	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	7,07
A32	2	1	8	2	3	1	1	0	0	0	0	9,81
A33	5	6	37	4	5	2	3	0	0	0	0	10,0
A34	1	0	16	1	3	1	0	0	0	0	0	7,07
A35	9	1	42	8	1	7	2	0	0	0	0	10,0
A36	4	4	23	3	6	2	2	0	0	0	0	10,0
A37	2	1	12	2	1	1	1	0	0	0	0	9,81
A38	3	1	12	3	0	0	3	0	0	0	0	9,66
A39	2	0	2	2	0	0	2	0	0	0	0	9,24
A40	5	0	26	3	1	3	1	0	0	0	1	10,0
A41	2	2	50	2	2	2	0	0	0	0	0	10,0
A42	2	0	20	2	0	0	2	0	0	0	0	9,24
A43	1	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	5,56
A44	2	1	31	1	1	0	2	0	0	0	0	9,24
A45	5	5	9	2	6	1	2	0	0	0	2	9,66
A46	5	0	26	1	1	2	2	0	0	0	0	10,0
A47	4	2	8	3	1	0	3	1	0	0	0	9,91
A48	2	1	25	2	1	2	0	0	0	0	0	10,0
A49	10	6	71	2	4	9	1	0	0	0	0	10,0

ID	QPE	QPR	QTag	QR	QRef	Cor azul.	Cor verd	Cor amar	Cor lar	Cor verm	Cor preta	Nota
A50	2	1	9	1	1	2	0	0	0	0	0	10,0
A51	3	5	34	2	4	3	0	0	0	0	0	10,0
A52	2	0	5	1	0	0	2	0	0	0	0	9,24
A53	6	3	4	4	6	4	2	0	0	0	0	10,0
A54	3	2	11	2	2	2	1	0	0	0	0	9,98
A55	3	0	3	2	0	1	2	0	0	0	0	9,98
A56	2	3	12	2	2	1	1	0	0	0	0	9,81
A57	5	4	30	4	6	2	3	0	0	0	0	10,0
A58	2	2	9	1	1	1	1	0	0	0	0	9,81
A59	3	2	62	2	2	0	2	1	0	0	0	9,66
A60	4	3	21	3	5	3	0	0	0	0	1	10,0
A61	1	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	5,56
A62	1	0	3	1	0	0	0	1	0	0	0	3,83
A63	4	0	69	2	0	4	0	0	0	0	0	10,0
A64	9	1	11	6	2	0	7	0	0	0	1	10,0
A65	11	6	70	8	5	5	6	0	0	0	0	10,0
A66	1	0	24	1	0	0	1	0	0	0	0	5,56
A67	3	0	16	2	0	1	2	0	0	0	0	9,98
A68	2	0	2	2	0	0	1	0	0	0	0	5,56
A69	5	1	5	3	1	2	3	0	0	0	0	10,0
A70	2	0	35	2	0	2	0	0	0	0	0	10,0
A71	4	1	41	3	1	3	1	0	0	0	0	10,0
A72	1	2	20	1	1	1	0	0	0	0	0	7,07
A73	4	1	17	4	0	3	1	0	0	0	0	10,0
A74	5	5	50	4	6	2	2	0	0	0	1	10,0
A75	3	0	11	3	0	0	3	0	0	0	0	9,66
A76	2	6	12	1	7	1	1	0	0	0	0	9,81
A77	2	1	5	2	0	0	2	0	0	0	0	9,24
A78	2	3	11	2	2	1	1	0	0	0	0	9,81
A79	3	3	21	3	4	2	1	0	0	0	0	9,98
A80	2	1	35	2	3	1	1	0	0	0	0	9,81
A81	1	1	6	1	2	0	1	0	0	0	0	5,56
A82	2	0	2	2	0	0	2	0	0	0	0	9,24
A83	3	0	11	1	0	0	3	0	0	0	0	9,66
A84	4	0	63	3	1	0	3	0	0	0	1	9,66
A85	2	1	46	2	1	0	2	0	0	0	0	9,24
A86	10	1	70	1	4	7	3	0	0	0	0	10,0
A87	2	1	4	2	1	1	1	0	0	0	0	9,81
A88	5	5	70	3	7	5	0	0	0	0	0	10,0
A89	1	0	5	1	0	1	0	0	0	0	0	7,07
A90	10	4	0	5	2	4	4	0	0	0	2	10,0
A91	2	1	52	2	3	2	0	0	0	0	0	10,0
A92	2	1	2	2	0	2	0	0	0	0	0	10,0
A93	2	0	43	2	2	2	0	0	0	0	0	10,0
A94	5	3	25	4	3	2	3	0	0	0	0	10,0
A95	3	0	5	2	0	2	1	0	0	0	0	9,98
A96	2	1	23	2	1	0	2	0	0	0	0	9,24
A97	7	4	1	7	4	0	7	0	0	0	0	10,0
A98	2	1	7	2	0	1	1	0	0	0	0	9,81
A99	2	0	7	1	0	0	1	0	0	0	0	5,56
A100	4	3	18	4	2	3	1	0	0	0	0	10,0
A101	4	6	10	4	6	1	2	1	0	0	0	10,0
A102	10	6	70	9	6	6	4	0	0	0	0	10,0
A103	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0,00
A104	1	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	7,07
A105	2	1	9	2	1	0	2	0	0	0	0	9,24
A106	6	1	6	6	1	0	4	1	0	0	1	10,0
A107	2	1	15	2	1	1	1	0	0	0	0	9,81
A108	3	2	43	3	4	1	2	0	0	0	0	9,98
A109	1	0	47	1	0	0	0	0	0	0	0	0,00
A110	3	2	11	1	1	3	0	0	0	0	0	10,0

ID	QPE	QPR	QTag	QR	QRef	Cor azul.	Cor verd	Cor amar	Cor lar	Cor verm	Cor preta	Nota
A111	4	5	44	4	5	1	3	0	0	0	0	10,0
A112	3	1	25	3	1	2	1	0	0	0	0	9,98
A113	2	2	20	1	1	2	0	0	0	0	0	10,0
A114	4	3	9	4	3	1	2	0	0	0	1	9,98
A115	8	9	40	6	3	3	5	0	0	0	0	10,0
A116	4	6	4	4	1	0	2	2	0	0	0	9,47
A117	11	6	30	7	5	0	6	4	0	0	1	10,0
A118	4	2	14	3	1	0	3	0	0	0	1	9,66
A119	4	1	18	4	1	1	3	0	0	0	0	10,0
A120	4	7	13	3	5	0	4	0	0	0	0	9,91
A121	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	5,56
A122	4	2	4	3	2	0	1	2	0	0	1	8,97
A123	1	0	3	1	0	0	1	0	0	0	0	5,56
A124	2	2	2	1	2	0	1	1	0	0	0	8,31
A125	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	5,56
A126	10	8	14	7	7	2	6	1	0	0	0	10,0
A127	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	5,56
A128	3	1	5	3	1	0	2	1	0	0	0	9,66
A129	2	5	39	2	2	1	1	0	0	0	0	9,81
A130	2	2	3	2	3	0	2	0	0	0	0	9,24
A131	3	2	13	3	2	1	2	0	0	0	0	9,98
A132	4	4	9	3	4	0	4	0	0	0	0	9,91
A133	2	2	3	2	2	1	1	0	0	0	0	9,81
A134	2	1	3	2	1	0	1	1	0	0	0	8,31
A135	9	2	24	7	2	0	4	0	0	0	1	9,91
A136	8	6	15	2	6	0	6	0	0	0	2	10,0
A137	2	3	7	2	1	1	1	0	0	0	0	9,81
A138	1	1	5	1	1	0	1	0	0	0	0	5,56
A139	6	8	21	5	1	0	5	1	0	0	0	10,0
A140	2	1	4	2	1	0	1	0	0	0	1	5,56
A141	3	3	6	2	3	0	3	0	0	0	0	9,66
A142	1	1	13	1	0	0	1	0	0	0	0	5,56
A143	5	6	13	3	6	0	3	1	0	0	0	9,91
A144	3	1	19	3	1	0	1	0	0	0	0	5,56
A145	4	5	17	3	4	1	3	0	0	0	0	10,0
A146	2	3	12	2	1	1	1	0	0	0	0	9,81
A147	4	4	0	4	4	0	2	2	0	0	0	8,66
A148	2	3	9	2	3	1	1	0	0	0	0	9,81
A149	2	2	2	1	0	0	2	0	0	0	0	9,24
A150	5	1	15	4	1	1	3	1	0	0	0	9,81
A151	2	0	59	2	0	0	2	0	0	0	0	9,24
A152	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	5,56
A153	12	14	30	6	14	1	5	3	0	0	3	10,0
A154	4	9	5	3	10	1	3	0	0	0	0	10,0
A155	4	8	8	4	9	1	3	0	0	0	0	9,91
A156	3	1	11	2	0	1	1	1	0	0	0	8,97
A157	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	5,56
A158	4	5	8	2	0	0	1	0	1	2	0	3,21
A159	3	3	4	1	1	1	2	0	0	0	0	9,98
A160	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	5,56
A161	7	2	11	4	1	0	7	0	0	0	0	10,0
A162	2	2	2	2	3	0	2	0	0	0	0	9,24
A163	3	5	8	2	3	0	3	0	0	0	0	9,66
A164	3	3	28	1	3	0	3	0	0	0	0	9,66
A165	1	1	3	1	0	0	0	1	0	0	0	3,83
A166	3	3	8	2	4	0	3	0	0	0	0	9,66
A167	4	0	15	4	0	0	4	0	0	0	0	9,91
A168	4	1	7	4	1	0	4	0	0	0	0	9,91
A169	1	3	3	1	3	1	0	0	0	0	0	7,07
A170	14	8	49	9	6	3	10	1	0	0	0	10,0

ID	QPE	QPR	QTag	QR	QRef	Cor azul.	Cor verd	Cor amar	Cor lar	Cor verm	Cor preta	Nota
A171	6	6	29	2	5	1	2	2	0	0	1	9,81
A172	2	2	14	1	2	0	2	0	0	0	0	9,24
A173	2	1	4	1	0	0	2	0	0	0	0	9,24
A174	6	4	31	2	8	1	3	2	0	0	0	10,0
A175	4	2	6	4	1	0	3	1	0	0	0	9,47
A176	3	1	7	3	1	0	2	1	0	0	0	8,97
A177	2	1	3	1	2	0	2	0	0	0	0	9,24
A178	4	5	26	2	2	2	2	0	0	0	0	10,0
A179	7	7	36	5	1	0	7	0	0	0	0	10,0
A180	4	9	25	2	6	1	3	0	0	0	0	10,0
A181	2	0	11	1	0	0	2	0	0	0	0	9,24
A182	16	8	0	10	6	0	6	2	0	0	8	10,0
A183	4	2	12	3	1	1	2	0	0	0	1	9,98
A184	1	2	5	1	2	0	0	0	0	0	1	0,00
A185	4	3	15	1	2	0	1	2	0	0	1	8,97
A186	5	11	71	5	7	2	2	0	0	0	1	10,0
A187	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	5,56
A188	4	2	8	2	2	0	2	1	0	0	1	9,66
A189	5	5	11	3	4	0	3	2	0	0	0	10,0
A190	2	3	5	2	3	0	2	0	0	0	0	9,24
A191	4	3	15	4	4	0	2	1	0	0	1	8,97
A192	5	4	10	2	3	0	3	1	0	1	0	9,66
A193	1	1	9	1	0	0	1	0	0	0	0	5,56
A194	2	1	11	1	1	0	2	0	0	0	0	9,24
A195	2	0	2	1	0	0	0	1	0	0	1	3,83
A196	7	3	12	1	3	0	4	2	0	0	1	10,0
A197	2	1	3	1	1	0	2	0	0	0	0	9,24
A198	2	1	7	2	0	0	1	1	0	0	0	8,31
A199	2	4	2	1	3	0	1	1	0	0	0	8,31
A200	1	1	3	1	1	0	0	1	0	0	0	3,83
A201	2	2	12	1	2	0	2	0	0	0	0	9,24
A202	3	2	11	3	2	0	2	1	0	0	0	8,97
A203	2	2	6	1	3	0	2	0	0	0	0	9,24
A204	2	2	6	2	2	0	1	1	0	0	0	8,31
A205	3	2	13	1	1	0	2	1	0	0	0	8,97
A206	8	3	71	3	3	2	5	0	0	0	1	10,0
A207	4	5	14	1	6	0	1	2	0	1	0	8,31
A208	2	2	9	2	2	0	2	0	0	0	0	9,24
A209	1	1	11	1	0	0	0	1	0	0	0	3,83
A210	1	1	10	1	1	0	1	0	0	0	0	5,56
A211	3	2	7	2	2	1	0	1	1	0	0	8,66
A212	4	2	26	2	2	2	2	0	0	0	0	10,0
A213	7	1	71	6	0	0	5	2	0	0	0	10,0
A214	2	3	6	2	2	0	2	0	0	0	0	9,24
A215	3	2	10	2	2	0	3	0	0	0	0	9,66
A216	11	6	0	5	3	0	6	0	0	0	5	10,0
A217	4	3	14	3	4	0	4	0	0	0	0	9,91

C.0.1 Tabela contendo os resultados de cada FLC e Nota LV

Fórum 1								Fórum 2							
Aluno	Comunicação	Afetividade	Popularidade	Interação	Nota Esp.1	Presencialidade	Nota Fórum LV	Aluno	Comunicação	Afetividade	Popularidade	Interação	Nota Esp.2	Presencialidade	Nota Fórum LV
A1	9,94	9,58	6,29	9,65	7,00	7,68	9,66	A56	9,83	9,56	6,63	9,57	8,00	8,01	9,81
A2	9,94	9,58	9,27	9,65	7,00	9,60	9,91	A57	9,94	5,50	9,27	9,65	9,00	9,56	10,0
A3	9,94	5,50	9,27	9,65	9,00	9,56	10,0	A58	7,98	7,50	4,10	5,70	6,00	6,34	9,81
A4	7,98	9,56	3,30	7,60	6,00	6,21	10,0	A59	9,60	5,50	6,63	9,57	7,00	8,94	9,66
A5	7,47	5,37	6,63	5,16	6,00	7,74	5,56	A60	9,94	5,50	9,27	9,65	9,00	9,56	10,0
A6	7,61	5,50	6,29	9,44	7,50	8,81	10,0	A61	3,56	4,28	1,84	4,32	4,00	5,06	5,56
A7	9,60	6,67	6,63	9,65	6,00	8,22	10,0	A62	3,56	4,60	1,84	4,32	5,00	5,29	3,83
A8	3,56	9,49	1,84	4,32	6,50	6,21	9,66	A63	3,56	5,50	3,30	6,92	6,00	7,30	10,0
A9	9,94	9,49	3,30	9,65	8,00	6,21	9,91	A64	7,61	5,50	6,63	9,44	7,00	8,94	10,0
A10	9,83	6,65	6,63	9,57	7,00	8,25	9,81	A65	9,94	5,50	9,27	9,65	7,50	9,56	10,0
A11	3,56	5,50	6,63	4,32	8,50	7,72	10,0	A66	3,56	5,50	1,84	4,32	4,00	5,42	5,56
A12	3,56	6,62	3,30	6,92	7,70	7,58	9,81	A67	3,56	9,51	3,30	6,92	6,50	6,22	9,98
A13	9,94	5,50	9,17	9,57	7,50	9,56	10,0	A68	3,56	6,65	3,30	6,92	6,00	7,58	5,56
A14	4,79	4,28	1,84	4,49	6,00	5,06	5,56	A69	7,61	6,55	6,29	9,44	7,50	8,19	10,0
A15	5,35	6,66	3,30	6,92	5,00	7,58	9,24	A70	3,56	5,50	3,30	6,92	5,00	7,30	10,0
A16	3,56	6,59	3,30	6,94	5,00	7,61	9,66	A71	7,61	5,50	6,29	9,44	7,50	8,81	10,0
A17	7,61	6,67	6,29	9,44	5,00	8,05	9,66	A72	7,47	9,54	4,10	5,16	6,00	6,20	7,07
A18	5,35	5,50	4,10	4,37	6,00	5,92	10,0	A73	7,61	9,60	3,30	9,44	7,50	6,21	10,0
A19	9,94	9,65	6,63	9,65	7,00	8,01	10,0	A74	9,94	5,50	9,27	9,65	8,70	9,56	10,0
A20	9,60	9,49	4,31	9,57	6,00	6,20	9,66	A75	3,56	9,58	3,30	6,94	6,00	6,22	9,66
A21	5,35	7,14	3,30	6,92	5,00	7,58	9,81	A76	9,83	9,56	9,17	6,92	8,50	9,27	9,81
A22	9,94	9,17	6,29	9,65	7,00	7,68	10,0	A77	5,35	6,66	3,30	6,92	5,50	7,58	9,24
A23	3,56	6,66	3,30	6,92	5,00	7,58	5,56	A78	9,83	8,61	6,63	9,57	7,50	8,01	9,81
A24	4,79	4,28	1,84	4,49	4,50	5,06	7,07	A79	9,94	5,50	9,27	9,65	8,00	9,56	9,98
A25	9,60	9,40	6,63	9,57	8,00	8,01	10,0	A80	5,35	5,50	9,17	6,92	7,00	8,76	9,81
A26	9,83	6,62	1,84	6,92	5,00	6,33	9,81	A81	4,79	6,66	6,63	4,49	6,00	8,01	5,56
A27	3,56	5,50	9,27	6,94	9,00	8,78	10,0	A82	3,56	6,65	3,30	6,92	6,00	7,58	9,24
A28	7,61	6,59	9,27	9,44	9,00	9,42	9,66	A83	3,56	9,58	1,84	4,32	5,00	6,21	9,66
A29	3,56	4,28	1,84	4,32	3,00	5,06	7,07	A84	3,56	5,50	6,29	6,94	6,50	7,63	9,66
A30	7,61	6,55	6,29	9,44	7,00	8,19	9,91	A85	5,35	5,50	4,31	6,92	6,00	7,52	9,24
A31	3,56	4,28	1,84	4,32	3,00	5,06	7,07	A86	7,61	5,50	9,17	5,31	6,50	9,20	10,0
A32	5,35	7,14	9,17	6,92	7,00	9,27	9,81	A87	5,35	6,62	4,31	6,92	6,50	7,58	9,81
A33	9,94	5,50	9,27	9,65	8,00	9,56	10,0	A88	9,94	5,50	9,27	9,65	9,00	9,56	10,0
A34	3,56	8,03	9,17	4,32	7,00	8,27	7,07	A89	3,56	6,01	1,84	4,32	4,00	5,42	7,07
A35	7,61	5,50	6,29	9,44	8,00	8,81	10,0	A90	9,94	5,50	6,63	9,65	7,50	8,94	10,0
A36	9,94	5,50	9,27	9,65	9,00	9,56	10,0	A91	5,35	5,50	9,17	6,92	6,50	8,76	10,0
A37	5,35	9,56	4,31	6,92	7,50	6,22	9,81	A92	5,35	6,65	3,30	6,92	6,00	7,58	10,0
A38	7,61	9,65	3,30	9,44	5,00	6,21	9,66	A93	3,56	5,50	6,63	6,92	6,00	7,77	10,0
A39	3,56	6,65	3,30	6,92	6,00	7,58	9,24	A94	9,94	5,50	9,27	9,65	9,00	9,56	10,0
A40	3,56	5,50	6,29	6,94	7,00	7,63	10,0	A95	3,56	6,55	3,30	6,92	6,50	7,58	9,98
A41	7,98	5,50	6,63	7,60	7,50	8,30	10,0	A96	5,35	5,50	4,31	6,92	7,00	7,52	9,24
A42	3,56	9,56	3,30	6,92	7,00	6,22	9,24	A97	9,94	6,67	9,27	9,65	8,00	9,40	10,0
A43	3,56	4,28	1,84	4,32	3,00	5,06	5,56	A98	5,35	6,87	3,30	6,92	6,50	7,58	9,81
A44	5,35	5,50	4,10	4,37	5,00	5,92	9,24	A99	3,56	6,87	1,84	4,32	5,00	5,37	5,56
A45	9,94	9,39	9,17	9,57	9,50	9,60	9,66	A100	9,94	9,65	6,63	9,65	7,50	8,01	10,0
A46	3,56	5,50	4,10	4,32	5,00	5,91	10,0	A101	9,94	9,49	9,27	9,65	7,50	9,60	10,0
A47	9,60	9,28	6,29	9,65	8,00	7,68	9,91	A102	9,94	5,50	9,27	9,65	8,00	9,56	10,0
A48	5,35	5,50	4,31	6,92	6,00	7,52	10,0	A103	3,56	4,60	1,84	4,32	5,00	5,29	0,00
A49	9,94	5,50	9,17	9,57	8,00	9,56	10,0	A104	3,56	4,28	1,84	4,32	5,00	5,06	7,07
A50	5,35	7,50	4,10	4,37	5,50	5,89	10,0	A105	5,35	7,50	4,31	6,92	6,50	7,34	9,24
A51	9,94	5,50	9,17	9,57	8,50	9,56	10,0	A106	7,61	5,50	6,29	9,44	7,50	8,81	10,0
A52	3,56	6,66	1,84	4,32	5,00	5,41	9,24	A107	5,35	9,40	4,31	6,92	6,50	6,22	9,81
A53	9,94	6,59	9,27	9,65	9,00	9,42	10,0	A108	9,60	5,50	9,27	9,65	8,00	9,56	9,98
A54	9,60	9,58	6,63	9,57	7,50	8,01	9,98	A109	3,56	5,50	1,84	4,32	5,00	5,42	0,00
A55	3,56	6,62	3,30	6,92	6,00	7,58	9,98	A110	9,60	9,58	4,10	6,92	7,00	6,22	10,0

Tabela 20 – Continuação

Fórum 1								Fórum 2							
Aluno	Comunicação	Afetividade	Popularidade	Interação	Nota Esp.1	Presencialidade	Nota Fórum LV	Aluno	Comunicação	Afetividade	Popularidade	Interação	Nota Esp.2	Presencialidade	Nota Fórum LV
A111	9,94	5,50	9,27	9,65	8,00	9,56	10,0	A165	4,79	4,60	1,84	4,49	5,00	5,29	3,83
A112	7,61	5,50	6,29	9,44	7,50	8,81	9,98	A166	9,94	9,28	9,17	9,57	7,50	9,60	9,66
A113	7,98	9,56	4,10	5,70	6,00	6,20	10,0	A167	3,56	9,40	3,30	6,94	6,00	6,22	9,91
A114	9,94	9,39	9,27	9,65	9,00	9,60	9,98	A168	7,61	9,17	6,29	9,44	7,50	7,68	9,91
A115	9,94	5,50	9,27	9,65	9,00	9,56	10,0	A169	7,30	4,60	9,17	4,98	6,50	8,07	7,07
A116	9,94	6,59	6,29	9,65	8,00	8,14	9,47	A170	9,94	5,50	9,27	9,65	10,0	9,56	10,0
A117	9,94	5,50	9,27	9,65	8,00	9,56	10,0	A171	9,94	5,50	9,17	9,57	10,0	9,56	9,81
A118	9,60	9,49	6,29	9,65	8,00	7,68	9,66	A172	7,98	9,49	6,63	5,70	7,00	8,01	9,24
A119	7,61	9,65	6,29	9,44	8,00	7,68	10,0	A173	5,35	6,62	1,84	4,37	5,00	5,44	9,24
A120	9,94	9,58	9,27	9,65	8,00	9,60	9,91	A174	9,94	5,50	9,17	9,57	10,0	9,56	10,0
A121	4,79	4,23	1,84	4,49	5,00	5,02	5,56	A175	9,60	5,50	6,29	9,65	8,00	8,81	9,47
A122	9,60	6,59	6,63	9,65	7,00	8,31	8,97	A176	7,61	9,17	6,29	9,44	8,00	7,68	8,97
A123	3,56	4,60	1,84	4,32	4,00	5,29	5,56	A177	5,35	6,62	6,63	4,37	6,50	8,01	9,24
A124	7,98	6,65	6,63	5,70	7,00	8,01	8,31	A178	9,94	5,50	6,63	9,57	9,00	8,94	10,0
A125	3,56	4,23	1,84	4,32	4,00	5,02	5,56	A179	9,94	5,50	6,29	9,65	8,00	8,81	10,0
A126	9,94	5,50	9,27	9,65	8,00	9,56	10,0	A180	9,94	5,50	9,17	9,57	9,50	9,56	10,0
A127	3,56	4,23	1,84	4,32	4,00	5,02	5,56	A181	3,56	8,61	1,84	4,32	5,00	6,12	9,24
A128	7,61	6,55	6,29	9,44	7,50	8,19	9,66	A182	5,75	5,50	9,27	8,48	9,00	9,56	10,0
A129	9,83	5,50	6,63	9,57	6,50	8,94	9,81	A183	9,60	9,65	6,29	9,65	8,50	7,68	9,98
A130	7,98	6,62	9,17	7,60	7,50	9,41	9,24	A184	7,47	6,01	6,63	5,16	6,00	8,01	0,00
A131	9,60	9,58	6,63	9,65	6,00	8,01	9,98	A185	9,94	9,40	6,63	6,92	8,00	7,77	8,97
A132	9,94	9,39	9,27	9,65	7,00	9,60	9,91	A186	9,94	5,50	9,27	9,65	10,0	9,56	10,0
A133	7,98	6,62	6,63	7,60	7,00	8,28	9,81	A187	4,79	4,23	4,10	4,49	5,00	5,43	5,56
A134	5,35	6,62	4,31	6,92	6,00	7,58	8,31	A188	9,60	9,28	6,63	9,57	8,00	8,01	9,66
A135	9,60	5,50	6,63	9,65	8,00	8,94	9,91	A189	9,94	9,58	9,27	9,65	10,0	9,60	10,0
A136	9,94	9,40	9,17	9,57	8,00	9,60	10,0	A190	9,83	6,66	9,17	9,57	9,50	9,40	9,24
A137	9,83	6,87	4,31	9,57	7,00	8,00	9,81	A191	9,94	9,40	9,27	9,65	9,50	9,60	8,97
A138	4,79	6,01	4,10	4,49	5,00	5,92	5,56	A192	9,94	9,49	9,17	9,57	9,50	9,60	9,66
A139	9,94	5,50	6,29	9,65	8,00	8,81	10,0	A193	4,79	7,05	1,84	4,49	5,50	5,44	5,56
A140	5,35	6,62	4,31	6,92	7,00	7,58	5,56	A194	5,35	8,61	4,10	4,37	6,00	6,12	9,24
A141	9,94	5,50	9,17	9,57	8,00	9,56	9,66	A195	3,56	6,65	1,84	4,32	5,50	5,41	3,83
A142	4,79	7,00	1,84	4,49	5,00	5,45	5,56	A196	9,94	9,65	9,17	6,92	8,50	9,27	10,0
A143	9,94	9,58	9,27	9,65	9,00	9,60	9,91	A197	5,35	6,62	4,10	4,37	6,00	5,91	9,24
A144	7,61	9,65	6,29	9,44	7,00	7,68	5,56	A198	5,35	6,87	3,30	6,92	7,50	7,58	8,31
A145	9,94	9,60	9,27	9,65	7,00	9,60	10,0	A199	9,83	6,65	9,17	6,92	9,00	9,27	8,31
A146	9,83	9,56	4,31	9,57	7,00	6,20	9,81	A200	4,79	4,60	4,10	4,49	6,00	5,50	3,83
A147	9,94	6,67	9,27	9,65	7,00	9,40	8,66	A201	7,98	9,56	6,63	5,70	8,00	8,01	9,24
A148	9,83	7,50	9,17	9,57	8,00	9,33	9,81	A202	9,60	9,58	6,63	9,65	8,00	8,01	8,97
A149	7,98	6,65	1,84	5,70	7,00	6,30	9,24	A203	7,98	6,66	9,17	5,70	9,00	9,40	9,24
A150	7,61	9,40	6,29	9,44	8,00	7,68	9,81	A204	7,98	6,66	6,63	7,60	8,00	8,23	8,31
A151	3,56	5,50	3,30	6,92	5,00	7,30	9,24	A205	9,60	9,58	4,10	6,92	7,00	6,22	8,97
A152	3,56	4,23	1,84	4,32	7,00	5,02	5,56	A206	9,94	5,50	9,27	9,65	8,00	9,56	10,0
A153	5,75	5,50	9,27	8,48	7,00	9,56	10,0	A207	9,94	9,49	9,17	6,92	9,00	9,27	8,31
A154	9,94	6,55	9,27	9,65	9,00	9,43	10,0	A208	7,98	7,50	6,63	7,60	8,00	7,93	9,24
A155	9,94	9,28	9,27	9,65	9,00	9,60	9,91	A209	4,79	7,00	1,84	4,49	5,00	5,45	3,83
A156	7,61	9,58	3,30	7,27	9,00	6,21	8,97	A210	4,79	7,01	4,10	4,49	6,00	5,89	5,56
A157	4,79	4,23	4,10	4,49	10,0	5,43	5,56	A211	9,60	9,17	6,63	9,57	8,00	8,01	8,66
A158	9,94	9,28	3,30	9,57	10,0	6,21	3,21	A212	9,60	5,50	6,63	9,57	8,50	8,94	10,0
A159	9,94	6,59	4,10	6,92	7,00	7,59	9,98	A213	7,61	5,50	3,30	9,44	8,00	7,63	10,0
A160	4,79	4,23	4,10	4,49	5,00	5,43	5,56	A214	9,83	6,66	6,63	9,57	8,50	8,23	9,24
A161	9,60	9,58	6,29	9,65	7,50	7,68	10,0	A215	9,60	9,49	6,63	9,57	8,50	8,01	9,66
A162	7,98	6,65	9,17	7,60	7,50	9,40	9,24	A216	9,94	5,50	9,27	9,65	9,50	9,56	10,0
A163	9,94	9,28	9,17	9,57	7,50	9,60	9,66	A217	9,94	9,49	9,27	9,65	10,0	9,60	9,91
A164	9,94	5,50	9,17	6,92	7,50	8,77	9,66								

APÊNDICE D – Documentação de Scripts SQL

Scripts de consultas para a extração das variáveis de entrada da base de Dados do MOODLE referente a presencialidade. As extrações foram dividida nos seguintes scripts:

1. Script Quantidade de Posts Enviados;
2. Script Quantidade de Posts Recebidos;
3. Script Quantidade de Relacionamento;
4. Script quantidade de Tags
5. Script Quantidade de Referências

1. Documentação de script para quantidade capturar a quantidade de posts enviados.
--

<pre>## Consulta quantidade de posts enviados para o fórum de discussão 27 ## SELECT p1.discussion,p1.userid,p2.firstname, count(*) AS qtd_post FROM moodlelv.mdl_forumlv_posts p1 join moodlev.mdl_user p2on p1.userid=p2.id where p1.discussion = 27 group by p1.userid,p1.discussionorder by p1.userid</pre>

2. Documentação de script para quantidade de relacionamentos.

<pre>### consulta - Quantidade de TAGs usadas ###</pre>

<pre>SELECT userid, sum(quant) as qtd_tag from (SELECT userid,discussion,round((length(message) length(replace(message,'<','')) / length('<')) - round((length(message) - length(replace(message,'</','')) / length('</')) as quant FROM moodlelv.mdl_forumlv_posts where discussion=35) as tag group by userid</pre>
--

3. Documentação de script para quantidade post Recebidos

```
## Consulta quantidade de posts recebidos em um Fórum LV. discussion =27
##
```

```
SELECT forumlv,userid,nome2, sum (quantidade) from ( SELECT mfp1.userid
AS principal, usr.firstname AS nome1, dis.forumlv AS
forumlv, mfp2.userid AS userid, usra.firstname AS nome2, count (0) AS quan-
tidade dis.name AS NAME from (((((
moodlelv.mdl_forumlv_posts mfp1
left join moodlev.mdl_forumlv_posts mfp2 on ((mfp2.id = mfp1.parent)))
join moodlev.mdl_forumlv_discussions dis on((dis.id = mfp1.discussion)))
join moodlev.mdl_user usr on((usr.id = mfp1.userid)))
join moodlev.mdl_user usra on(usra.id = mfp2.userid)))
join moodlev.mdl_forumlv forumlv on((forumlv.id = dis.forumlv)))
where dis.forumlv=27 group by mfp1.userid, usr.firstname, usra.firstname,
dis.forumlv, dis.name, forumlv.id, mfp2.userid order by dis.forumlv) as consut
group by userid order by userid
```

4. Documentação de script para quantidade de relacionamentos.

```
##consulta3 quantidade de relacioanamentos por forum###
```

```
select principal,count(*) as Qtd_Relac from (select mfp1.userid AS principal,
dis.forumlv as disc1,usr.firstname as nome1,mfp2.userid as resposta,
usra.firstname as nome2,count(0) as quantidade,dis.forumlv,dis.name
from moodlev.mdl_forumlv_posts mfp1 left join moodlev.mdl_forumlv_posts
mfp2 on mfp2.id=mfp1.parentjoin moodlev.mdl_forumlv_discussions dis
on dis.id=mfp1.discussionjoin moodlev.mdl_user usr on usr.id=mfp1.useridjoin
moodlelv.mdl_user usra on usra.id=mfp2.useridjoin moodlev.mdl_forumlv
forum on forum.id=dis.forumlv where dis.forumlv=33group by usr.firstname,
mfp2.userid, usra.firstname, dis.forumlv,dis.name,forum.id,mfp1.useridorder
by dis.forumlv) as quant_relac group by principal
```

5. Documentação de script para quantidade de referências

```
## consulta 1 -,citações pelos colegas ##
```

```
SELECT tp.discussion,tp.userid,tuser.id,tuser.firstname,tp.message
FROM moodle.mdl_forumlv_posts tpleft join moodle.mdl_user tuser on
tp.userid=tuser.id where discussion=33 and message like '%vicentina%'
```

Anexos

ANEXO A – Equações matemáticas e estatísticas utilizada

Coefficiente de correlação de Pearson

Fonte: (FILHO; JUNIOR, 2009).

Em uma frase: o coeficiente de correlação de Pearson (r) é uma medida de associação linear entre variáveis. Sua fórmula é a seguinte:

$$r = \frac{1}{n-1} \sum \left(\frac{x_i - \bar{X}}{sx} \right) \left(\frac{y_i - \bar{Y}}{sy} \right) \quad (\text{A.1})$$

Afinal, o que significa dizer que duas variáveis estão associadas? Em termos estatísticos, duas variáveis se associam quando elas guardam semelhanças na distribuição dos seus escores.

Erro Quadrático Médio

Fonte: (FILHO; JUNIOR, 2009).

Definição: O erro quadrático médio é definido como sendo a média da diferença entre o valor do estimador e do parâmetro ao quadrado. Assim, para um estimador T , temos:

$$EQM(T) = E(T - \Theta)^2 = Var(T) + [Viés(T)]^2 \quad (\text{A.2})$$