

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CAMPUS PROF. ALBERTO CARVALHO
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

JESSICA DA SILVA SANTOS

Modelo de Sistema *Fuzzy* para o Apoio à Tomada de
Decisão em Ambientes Acadêmicos Dinâmicos

ITABAIANA

2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CAMPUS PROF. ALBERTO CARVALHO
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

JESSICA DA SILVA SANTOS

Modelo de Sistema *Fuzzy* para o Apoio à Tomada de
Decisão em Ambientes Acadêmicos Dinâmicos

Trabalho de Conclusão de Curso submetido
ao Departamento de Sistemas de Informação
da Universidade Federal de Sergipe - DSII-
TA/UFS, como requisito parcial para a ob-
tenção do título de Bacharel em Sistemas de
Informação.

Orientador: Prof. Msc. Alcides Xavier Benicasa

ITABAIANA

2013

JESSICA DA SILVA SANTOS

Modelo de Sistema *Fuzzy* para o Apoio à Tomada de Decisão em Ambientes Acadêmicos Dinâmicos

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Departamento de Sistemas de Informação da Universidade Federal de Sergipe - DSIITA/UFS, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Itabaiana, 22 de Abril de 2013 .

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Msc. Alcides Xavier Benicasa
Orientador
DSIITA/UFS

Profa. Msc. Mai-Ly Vanessa A.S. Faro
DSIITA/UFS

Prof. Msc. Marcos Barbosa Dósea
DSIITA/UFS

*Dedico este trabalho à meus pais,
José dos Santos e Josefa da Silva Santos
por estarem sempre presentes e serem
motivos para minha existência*

AGRADECIMENTOS

A Deus por ser refugio nos momentos de dificuldades e permitir minha chegada até aqui.

A todos os professores, em especial a Alcides, pela orientação e apoio durante o curso e no desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus irmãos, Grasiela, Jeferson, Léa e Patrícia por me acompanharem nesse processo e estarem sempre à disposição quando eu preciso.

A todos os amigos do curso, com quais pude compartilhar momentos e experiências da graduação.

Ao meu namorado Willams, pela preocupação e companheirismo.

RESUMO

Considerando as dificuldades dos alunos de graduação em escolherem uma área de pesquisa, que possivelmente será sua área de atuação, este trabalho tem como objetivo a proposta de um modelo de sistema inteligente que utilize a interdisciplinaridade e o senso comum ao considerar os desempenhos de discente em disciplinas durante o período de graduação, e utilizá-los, de forma inteligente, para o auxílio ao processo de tomada de decisão sobre áreas de pesquisas específicas e de maior viés psicológico em relação ao discente. Para analisar o comportamento do modelo, pretende-se utilizar um estudo de caso baseado em informações reais, obtidas a partir de um total de 52 discentes, previamente formados, neste caso, egressos do curso de Ciências da Computação da Universidade Federal de Sergipe. Como resultados, áreas de pesquisa serão sugeridas de acordo com o perfil do discente em questão.

PALAVRAS-CHAVES: Lógica *Fuzzy*; Tomada de Decisão; Trabalho de Conclusão de Curso.

ABSTRACT

Considering the difficulties of graduation students choose an area of research that will possibly be your area of operation, this work aims at proposing a model of an intelligent system that uses the interdisciplinary and common sense when considering the performance of students in disciplines during the period of graduation, and use them intelligently to support the process of decision-making on specific areas of research and greater psychological bias against the student. To analyze the behavior of the model, is intended to use a case study based on real data obtained from a total of 52 students, previously formed, in this case, egresses from the Computer Science, Federal University of Sergipe. As a result, areas of research will be suggested according to the profile of the student in question.

KEYWORDS: Logic *Fuzzy*; Decision Making; Completion of course work.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Funções de pertinência para $T(\text{idade})=\{\text{jovem, meia-idade, idoso}\}$. . .	19
Figura 2 – Funções de pertinência mais utilizadas.	20
Figura 3 – Operações de Complemento, União, Interseccao com conjuntos <i>Fuzzy</i> . .	21
Figura 4 – Diagrama de um modelo de inferência de Mamdani, adaptado de Re- zende (2003).	23
Figura 5 – Conjuntos <i>Fuzzy</i> de entrada da variável Temperatura.	26
Figura 6 – Conjuntos <i>Fuzzy</i> de Saída da variável Potência.	26
Figura 7 – Resultado do Processo de Inferência.	29
Figura 8 – FIS Editor (MatLab).	30
Figura 9 – Editor de Funções de Pertinência.	31
Figura 10 – Conjuntos <i>Fuzzy</i> de entrada da variável Temperatura usando o <i>Fuzzy</i> <i>Logic Toolbox</i>	31
Figura 11 – Conjuntos <i>Fuzzy</i> de saída da variável Potência usando o <i>Fuzzy Logic</i> <i>Toolbox</i>	32
Figura 12 – Exibição do resultado do processo de inferência no <i>Rule Viewer</i>	32
Figura 13 – Grade curricular fictícia do curso de Sistemas de Informação.	35
Figura 14 – Representação das funções de pertinência das variáveis de entrada. . .	35
Figura 15 – Representação das funções de pertinência das variáveis de saída. . . .	36
Figura 16 – Visualização das regras utilizando o modelo de inferência Mamdani. . .	38
Figura 17 – Comportamento do modelo proposto.	39
Figura 18 – Funções de pertinência definidas para os conjuntos <i>fuzzy</i> da variável de entrada <i>ES</i>	41
Figura 19 – Resultado utilizando o método de inferência de Mamdani para os va- lores de entrada referentes ao <i>Aluno3</i>	44
Figura 20 – Gráfico com indicação de áreas para o <i>Aluno3</i>	44
Figura 21 – Gráfico para comparação da porcentagem dos alunos que escolheram áreas indicadas pelo sistema e dos que não escolheram	46
Figura 22 – Gráfico com indicação de áreas para o <i>Aluno5</i>	47
Figura 23 – Gráfico com indicação de áreas para o <i>Aluno7</i>	47
Figura 24 – Gráfico com indicação de áreas para o <i>Aluno12</i>	47
Figura 25 – Gráfico com indicação de áreas para o <i>Aluno21</i>	48
Figura 26 – Gráfico com indicação de áreas para o <i>Aluno34</i>	48
Figura 27 – Gráfico com indicação de áreas para o <i>Aluno40</i>	48

Figura 28 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno42	49
Figura 29 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno47	49
Figura 30 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno13	50
Figura 31 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno28	50
Figura 32 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno29	51
Figura 33 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno14	51
Figura 34 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno8	52
Figura 35 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno27	52
Figura 36 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno32	53
Figura 37 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno33	53
Figura 38 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno39	54
Figura 39 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno43	54
Figura 40 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno44	55
Figura 41 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno48	55
Figura 42 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno50	56
Figura 43 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno6	56
Figura 44 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno24	57
Figura 45 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno35	57
Figura 46 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno30	58
Figura 47 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno9	58
Figura 48 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno25	59
Figura 49 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno49	59
Figura 50 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno10	59
Figura 51 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno15	60
Figura 52 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno31	60
Figura 53 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno17	61
Figura 54 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno22	61
Figura 55 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno1	62
Figura 56 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno2	62
Figura 57 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno4	62
Figura 58 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno11	63
Figura 59 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno16	63
Figura 60 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno18	63
Figura 61 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno19	64
Figura 62 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno20	64
Figura 63 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno23	64
Figura 64 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno26	65
Figura 65 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno36	65
Figura 66 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno37	65

Figura 67 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno38	66
Figura 68 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno41	66
Figura 69 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno45	66
Figura 70 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno46	67
Figura 71 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno51	67
Figura 72 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno52	67
Figura 73 –Gráfico com indicação de áreas para o Aluno52	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplo de base de conhecimento.	37
Tabela 2 – Base de Conhecimento do Estudo de Caso.	43
Tabela 3 – Médias dos Alunos em cada grupo de disciplina e média no TCC seguida da área de pesquisa	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Metodologia de Desenvolvimento	14
1.2	Organização do Trabalho	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	Lógica <i>Fuzzy</i>	16
2.1.1	Conjuntos <i>Fuzzy</i>	17
2.1.2	Variáveis Linguísticas	18
2.1.3	Funções de Pertinência	19
2.1.4	Operações em Conjuntos <i>Fuzzy</i>	20
2.1.5	Regras de Produção <i>Fuzzy</i>	22
2.1.6	Modelo de Inferência <i>Fuzzy</i>	22
2.1.7	Exemplo de Aplicação do Modelo de Inferência de Mandani . . .	25
2.2	<i>Open Source Fuzzy Java</i>	27
2.2.1	Variáveis Linguísticas	27
2.2.2	Regras <i>Fuzzy</i>	28
2.2.3	<i>Fuzzy Engine</i>	28
2.3	<i>MatLab</i>	29
2.3.1	O <i>Fuzzy Logic Toolbox</i>	30
3	DESCRIÇÃO DO MODELO PROPOSTO	34
3.1	Variáveis Linguísticas	34
3.2	Construção da Base de Conhecimento	36
3.3	Inferência <i>Fuzzy</i>	37
4	ADAPTAÇÃO DO MODELO PROPOSTO PARA APLICAÇÃO EM ESTUDO DE CASO	40
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
5.1	Escolha da Área mais Sugerida pelo Sistema	46
5.2	Escolha pela Segunda Área mais Sugerida pelo Sistema	49
5.3	Escolha por Área não Sugerida pelo Sistema	51
5.3.1	Média no TCC menor que 7.0	51
5.3.2	Média no TCC entre 7.0 e 7.9	52
5.3.3	Média no TCC entre 8.0 e 8.9	56
5.3.4	Média no TCC entre 9.0 a 10	61

6 CONCLUSÃO	68
Referências	70
Anexos	72
ANEXO A Formulários para Construção da Base de Conhecimento . .	73

1 INTRODUÇÃO

A escolha da área profissional é uma importante etapa na vida de qualquer pessoa. Ao final do ensino médio a preocupação do discente dá-se em torno da decisão de qual curso de graduação melhor se adequará ao seu perfil. Atualmente diversas soluções podem ser encontradas, apresentando possíveis formas para diminuir a dúvida pela escolha da área profissional como, por exemplo, os testes vocacionais, as feiras de profissões, dentre outras, de maneira a delimitar sua possível área de interesse.

O objetivo dos testes vocacionais, por exemplo, é procurar, através de um questionário, respostas sobre o perfil do discente e sugerir em seguida áreas e cursos pertinentes. Encontram-se disponíveis na internet uma grande variedade de testes vocacionais criados como sistemas computacionais gratuitos, direcionados para alunos concluintes do ensino médio e, como resultado, as sugestões são apresentadas comparando as respostas com a base de dados existente sobre os cursos, criada com conhecimento de especialistas que definem o que esperam de um profissional de cada área.

A informação que irá nortear a área apropriada ao discente é o ponto principal a ser analisado, pois se trata da representação computacional do conhecimento de um ou mais especialistas. Um importante ponto a ser considerado neste trabalho é a construção e a forma com que o conhecimento será inferido para sugestão de uma área específica, especificamente a Lógica *Fuzzy*.

O discente no final da graduação, segundo Uvaldo (1995), sente-se inseguro para realizar escolhas, até mesmo por pensar na mudança de ambiente social, deixar de ser estudante e ser inserido no mercado de trabalho. Sobre os fatores que influenciam a escolha da área de atuação estão a afinidade, muitas vezes, desde o início do curso pela área escolhida e experiência prática, estágios e projetos de pesquisa. Neste âmbito, tanto o desempenho nas disciplinas quanto as atividades executadas podem contribuir no momento da decisão.

Na formação universitária o problema com a escolha da área persiste nos semestres finais da graduação devido à estrutura curricular dos cursos superiores serem compostas de grades diversificadas, abrangendo subáreas da área de domínio. Nesse período, o discente precisa escolher um tema para seu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), que possivelmente será sobre a especialidade que pretende atuar após a graduação. Por conta da variedade dos conteúdos vistos, muitas vezes o aluno não consegue visualizar uma área específica.

Na graduação, a área de atuação está restrita a área específica do curso escolhido

que, supostamente é a área de interesse do discente, porém a decisão por uma subárea é também uma importante decisão, pois esta poderá nortear o futuro de sua especialidade profissional. O auto-conhecimento sobre suas habilidades e competências pode ajudar na tomada de decisão, porém a questão é: como um sistema computacional poderá considerar o “Auto-Conhecimento”? Uma possível solução é considerar o aproveitamento nas disciplinas cursadas pelo discente e, um sistema computacional para esse caso específico deve considerar o agrupamento das diversas disciplinas correlacionadas entre os semestres para cada subárea.

Para esse sistema computacional que trabalha sobre dados, diante da necessidade da tomada de decisão que envolva “bom senso”, a interpretação do aproveitamento sobre cada nota obtida é de suma importância. Na análise dentre os padrões de aproveitamento de disciplinas, existem valores estáticos para a definição dos conceitos como, por exemplo, excelente, bom, regular, insuficiente ou reprovado, porém são diferenciados por faixa de valores. Por exemplo, excelente para valores de 9 a 10 inclusive, bom para valores de 8 a 9 não inclusive. Desta forma, um aproveitamento de 8.99 não será considerado excelente, sendo colocado na mesma faixa de um aproveitamento 8.0, porém, utilizando o “bom senso”, podemos considerar 8.99 como excelente. Sistemas convencionais não tratam o “bom senso”, portanto, para o desenvolvimento do modelo proposto aqui, a técnica mais apropriada é o uso de um sistema que possa lidar facilmente com imprecisões, mais especificamente um sistema *fuzzy*. Sendo assim, o principal objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma ferramenta a ser utilizada como apoio ao processo de decisão sobre áreas de pesquisa para a elaboração de trabalhos de conclusão de curso no ensino superior utilizando lógica *fuzzy*.

1.1 Metodologia de Desenvolvimento

Como primeira etapa deste trabalho de conclusão de curso, pretendemos realizar o estudo de um dos principais modelos de sistemas de inferência *fuzzy*, especificamente enfatizando o modelo clássico proposto por Mamdani. Para finalizar esta fase, será desenvolvida a modelagem inicial do sistema computacional proposto, a fim de identificar possíveis melhorias. Na segunda etapa pretendemos, após a criação do modelo proposto, selecionar um estudo de caso de um curso que concentre um número satisfatório de alunos formados para validação do modelo diante da comparação com as decisões de um especialista. Finalizamos com a apresentação dos resultados obtidos, assim como conclusões e trabalhos futuros.

1.2 Organização do Trabalho

Este trabalho está organizado como segue. No Capítulo 2 são apresentados os principais conceitos sobre a lógica *fuzzy*, junto a um estudo sobre a teoria clássica dos conjuntos e a teoria dos conjuntos *fuzzy* com suas diferenças fundamentais. Ainda neste capítulo são descritas as etapas do modelo de Inferência de Mamdani. Com um teor mais computacional, é apresentado o pacote *Open Source Fuzzy* para a linguagem Java, utilizado no desenvolvimento da ferramenta inicial baseada no modelo de Mamdani, em seguida é descrito brevemente as funcionalidades principais da ferramenta *Fuzzy Logic Toolbox* do ambiente MatLab, que foi utilizada na validação do modelo. No Capítulo 3 é apresentado a descrição detalhada do modelo proposto. Em seguida, no capítulo 4 é descrita a aplicação do modelo com dados de discentes do curso de Ciências da Computação Bacharelado da Universidade Federal de Sergipe, UFS. Finalmente, no Capítulo 6 são realizadas as conclusões e considerações finais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, inicialmente serão apresentados os conceitos teóricos necessários para o entendimento deste trabalho de conclusão de curso (Seção 2.1). Nas Seções 2.2 e 2.3 serão apresentados as ferramentas *Open Source Java*, utilizada para a implementação do sistema, e o *Fuzzy Logic Toolbox* do ambiente MatLab, utilizado para visualizar o comportamento do modelo.

2.1 Lógica *Fuzzy*

A Lógica *fuzzy* foi desenvolvida por Lofti A. Zadeh da Universidade da Califórnia em Berkeley na década de 60 com o objetivo de modelar o modo aproximado do raciocínio, permitindo o desenvolvimento de sistemas que imitam a habilidade humana em tomar decisões racionais em ambientes de incerteza e imprecisão, capturando informações imprecisas da linguagem natural e convertendo-as para a forma numérica (MENDEL, 1995).

O significado do termo *fuzzy* na língua inglesa, depende do contexto de interesse, mas o conceito básico deste adjetivo passa sempre pelo vago, incerto. De acordo com Simoes M. G (2007), o advento da lógica *fuzzy* foi causado pela necessidade de um método capaz de expressar, de uma maneira sistemática, quantidades imprecisas, vagas ou mal-definidas.

Dessa forma, a lógica *fuzzy* é um conceito capaz de realizar operações com informações, em geral, descritas em linguagem natural, convertendo-as em forma numérica, tornando-as possíveis de serem manipuladas por computadores. Klir G. J. (1995) coloca como exemplo a afirmação de que o tempo está “ensolarado”, a qual não afirma à inexistência de nuvens, da mesma forma, em um tempo nublado pode haver sol. Como ensolarado geralmente é aceito um céu com até 20% ou 30% de nuvens. Entretanto, os termos ensolarado e nublado trazem consigo informações vagas e a representação destas informações se dá pelo uso de conjuntos *fuzzy*.

Para Miranda P. (2003), devido ao suporte aos conceitos imprecisos e a capacidade de realizar inferências, a lógica *fuzzy* tem encontrado grandes aplicações, por exemplo, em áreas como: Sistemas Especialistas, Computação com Palavras, Raciocínio Aproximado, Linguagem Natural, Controle de Processos, Robótica, Modelagem de Sistemas Parcialmente Abertos, Reconhecimento de Padrões e Processos de Tomada de Decisão. Considerando os objetivos deste trabalho de conclusão de curso, podemos relacioná-lo à

ultima área citada.

2.1.1 Conjuntos *Fuzzy*

O termo conjunto é utilizado com frequência e quase que inconscientemente no dia-a-dia como, por exemplo, quando falamos sobre um conjunto de números pares, um conjuntos de frutas, computadores pessoais e similares, porém devido a nossa percepção, seja visual, auditiva, ou de qualquer outro sentido, somos capazes de atribuir graus de semelhança a elementos pertencentes a determinados conjuntos. Nos conjuntos clássicos, o conceito de grau de semelhança, conhecido na literatura por pertinência, de um determinado elemento a um conjunto é bem definido. Considerando um conjunto A em um universo de discurso X , os elementos deste universo simplesmente pertencem ou não pertencem àquele conjunto. Isto pode ser representado por uma função de pertinência μ_A da seguinte forma:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & \text{se e somente se } x \notin A \\ 1 & \text{se e somente se } x \in A \end{cases} \quad (2.1)$$

esta bivalência, utilização de dois valores, exclui o que pode existir entre as duas decisões, é em que se baseia o mundo computacional. A álgebra booleana é considerada como uma ferramenta, que possibilita embarcar as “leis de verdade” em linguagem matemática (SIMOES M. G, 2007).

No mundo real existem inúmeras situações que requerem raciocínio aproximado para manipular informações. A lógica *fuzzy* foi colocada inicialmente como uma extensão da lógica tradicional, sendo baseada na afirmação de que uma proposição lógica não é necessariamente verdadeira ou falsa, mas possui, de fato, graus de verdade, ou ainda, graus de pertinência.

Em (ZADEH, 1965), foi definida a função de pertinência que permite assumir um número infinito de valores no intervalo $[0, 1]$. Sendo um conjunto *fuzzy* A , em um universo X , definido por uma função de pertinência $\mu_A : X \rightarrow [0, 1]$ que associa a cada elemento x de X um número $\mu_A(x)$ no intervalo de $[0, 1]$, que representa o grau de pertinência de x em A . O conjunto *fuzzy* pode ser representado como um conjunto de pares ordenados de um elemento x e seus respectivos graus de pertinência, definido pela seguinte Equação:

$$A = (x, \mu_A(x) | x \in X) \quad (2.2)$$

Entretanto, caso o universo X seja discreto, será descrito como:

$$A = \sum_X \mu_A(x) / x \quad (2.3)$$

ou ainda, se o universo X contínuo, definido por:

$$A = \int_X \mu_A(x)/x \quad (2.4)$$

onde os símbolos de integral e somatório são utilizados para denotar a coleção de todos os pontos $x \in X$ que estão associados à função de pertinência $\mu_A(x)$ e não denotam integração e adição, respectivamente (MENDEL, 1995).

2.1.2 Variáveis Linguísticas

De acordo com Zadeh (1975), as técnicas convencionais de análise de sistemas manipulam dados numéricos precisamente, contudo, a abordagem à sistemas mais complexos, ou talvez, mal definidos para a aplicação de técnicas convencionais quantitativas, pode tornar necessário o abandono dos altos padrões de rigor e precisão matemáticos, bem estruturados mecanicistas, para se tornar mais tolerante à abordagens que são aproximadas por natureza.

Assim, com o aumento da complexidade é natural o uso do que pode ser chamado de variáveis linguísticas, ou seja, variáveis cujos valores não são números, mas sim palavras ou frases em uma linguagem natural ou artificial. De acordo com Cox (1998) e Jager (1998), uma das vantagens da abordagem da lógica *fuzzy* é o fato de que em um sistema *fuzzy* o conhecimento é armazenado na forma em que o especialista humano o transmite, utilizando termos linguísticos sem um grau exato, como por exemplo o uso dos termos *alto*, *baixo* e *muitoalto*.

De maneira elucidativa, com relação à expressividade, ao falarmos, por exemplo, sobre idade, e dizemos: ‘João é jovem’, podemos considerar como uma informação menos precisa do que quando dizemos: ‘João tem 25 anos’. Neste sentido, o rótulo *jovem* pode ser considerado como um termo linguístico da variável linguística *idade*, entendendo que esta informação possa desempenhar o mesmo papel sob o valor numérico 25, entretanto, seja menos preciso e, portanto, menos informativo.

Interpretando a idade como uma variável linguística, o seu conjunto de termos, ou seja, o conjunto de seus valores linguísticos, $T(\text{idade})$ pode ser:

- $T(\text{idade}) = \text{jovem, não jovem, muito jovem, não muito jovem, } \dots, \text{meia-idade, não de meia-idade, } \dots, \text{velho, não velho, muito velho, mais ou menos velho, não muito velho, } \dots, \text{não muito jovem, não muito velho, etc.}$

Onde cada termo $T(\text{idade})$ é caracterizado por um conjunto *fuzzy* do universo de discurso $X = [0, 90]$, apresentado na Figura 1.

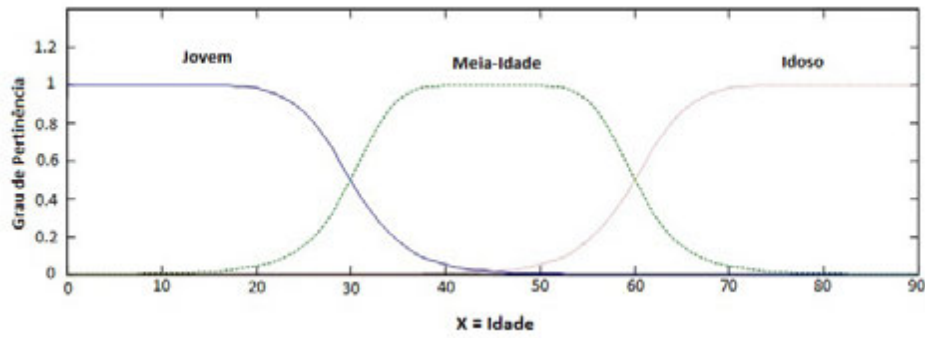


Figura 1 – Funções de pertinência para $T(idade)=\{jovem, meia-idade, idoso\}$.

2.1.3 Funções de Pertinência

As funções de pertinência *fuzzy* são funções matemáticas que atribuem valores de pertinência para os termos de uma variável linguística em seu universo de discurso, o qual representa os valores numéricos que uma variável específica pode assumir.

De acordo com FARIAS A. M. G.; LOPES (2011), a quantidade de funções em um universo de discurso e seu formato são escolhidos com base na experiência de um especialista na variável em questão, sendo que as formas mais usadas estão definidas a seguir:

- Função Triangular:

$$trimf(x, a, b, c) = \max\left(0, \min\left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right)\right) \quad (2.5)$$

- Função Trapezoidal:

$$trapmf(x, a, b, c, d) = \max\left(0, \min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right)\right) \quad (2.6)$$

- Função Gaussiana:

$$gaussmf(x, s, c) = \exp\left(-\frac{(x-c)^2}{s^2}\right) \quad (2.7)$$

- Função Sino Generalizada:

$$gbelmf(x, a, c) = \frac{1}{1 + \exp(-a(x-c))} \quad (2.8)$$

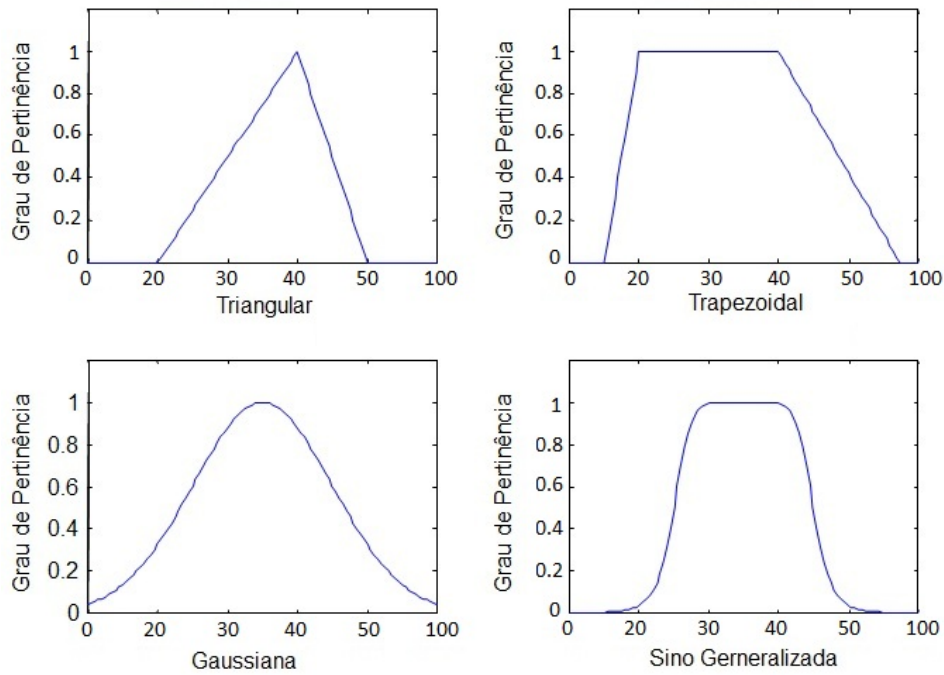


Figura 2 – Funções de pertinência mais utilizadas.

2.1.4 Operações em Conjuntos *Fuzzy*

Como na teoria clássica de conjuntos, os conjuntos *fuzzy* obedecem a certas propriedades e podem ser operados de diversas formas. As operações básicas dos conjuntos *fuzzy*, definidas por Zadeh (1965), estão representadas na Figura 3, e definidas como segue, considerando A e B dois conjuntos *fuzzy* num universo U :

- Igualdade: dois conjuntos A e B são iguais ($A = B$) se e somente se $\mu_A(x) = \mu_B(x)$ para todo x pertencente ao universo U .
- Complemento: o complemento de um conjunto *fuzzy* A , denotado A' , no exemplo da Figura 3 “não “A””, é definido por:

$$\mu_{A'}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (2.9)$$

- Continência: A está contido em B (ou, equivalentemente, A é um subconjunto de B) se $\mu_A(x) \leq \mu_B(x)$, definido como segue:

$$A \subset B \Leftrightarrow \mu_A(x) \leq \mu_B(x) \quad (2.10)$$

- União: a união de dois conjuntos *fuzzy* A e B com respectivas funções de pertinência $\mu_A(x)$ e $\mu_B(x)$ é um conjunto *fuzzy* C , escrito como $C = A \cup B$, e exemplificado na

Figura 3 como “A ou B”, cuja função de pertinência está relacionada com as de A e B :

$$\mu_C(x) = \max[\mu_A(x), \mu_B(x)], x \in U \quad (2.11)$$

A propriedade associativa é válida para U , sendo $A \cup (B \cup C) = (A \cup B) \cup C$.

- Intersecção: a intersecção de dois conjuntos *fuzzy* A e B com respectivas funções de pertinência $\mu_A(X)$ e $\mu_B(X)$ é um conjunto *fuzzy* C , escrito como $C = A \cap B$, exemplificado em 3 como “A e B”, cuja função de pertinência está relacionada com as de A e B :

$$\mu_C(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)], x \in U \quad (2.12)$$

Assim como $\cup$, $\cap$ possui a propriedade associativa.

Na Figura 3 estão ilustradas, para exemplificação, as operações de Complemento (Conjunto Fuzzy não “A”), União (Conjunto Fuzzy “A ou B”), e Intersecção (Conjunto Fuzzy “A e B”).

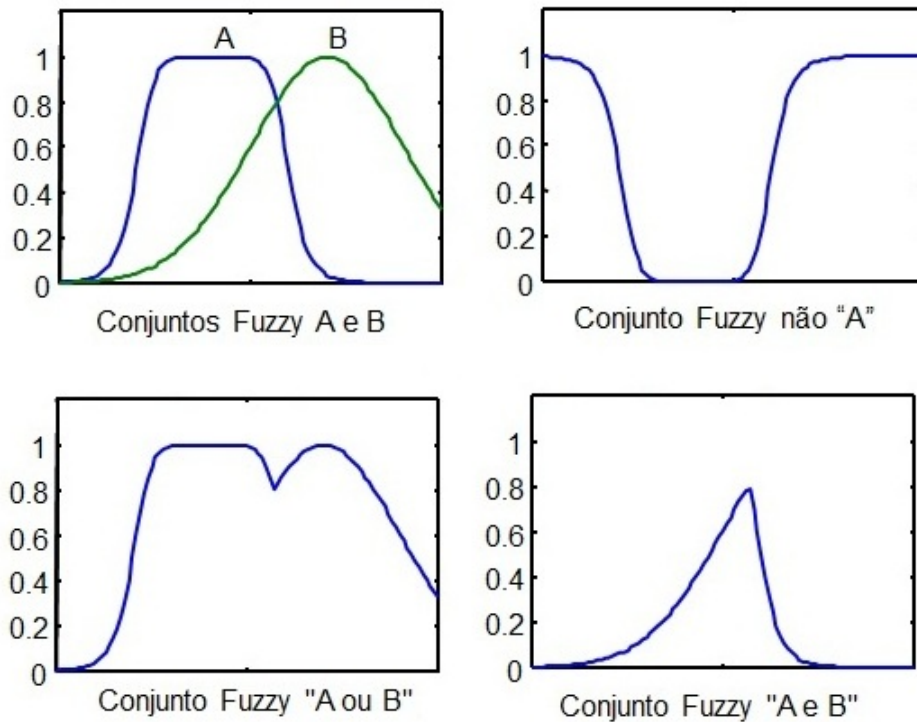


Figura 3 – Operações de Complemento, União, Intersecção com conjuntos *Fuzzy*.

2.1.5 Regras de Produção *Fuzzy*

A maneira mais comum de armazenar informações em uma base de conhecimento *fuzzy* é a representação por meio de regras de produção *fuzzy*. Esta definição, assim como grande parte das definições referente aos processos envolvidos no modelo de inferência de Mamdani, foram fortemente referenciados no trabalho de Rezende (2003).

Uma regra de produção normalmente é formada por duas partes principais:

if < *antecedente* > **then** < *consequente* >

Os antecedentes descrevem um conjunto de condições (premissas), que, quando totalmente satisfeitas, ou satisfeitas parcialmente, determinam o processamento do consequente da regra por um mecanismo denominado de inferência *fuzzy*, definindo assim o disparo de uma regra. Por sua vez, o consequente é composto de um conjunto de ações ou diagnósticos que são gerados com o disparo da regra. Os consequentes das regras disparadas são processados em conjunto para gerar uma resposta determinística para cada variável de saída do sistema.

As regras formam uma das partes fundamentais da estrutura de conhecimento em um sistema *fuzzy* de inferência. Os formatos das regras de um sistema *fuzzy* de inferência atuam diretamente no modelo de inferência a ser utilizado no sistema.

2.1.6 Modelo de Inferência *Fuzzy*

A semântica é que vai definir para o mecanismo de inferência como serão processados os *antecedentes*, quais serão os indicadores de disparo das regras e quais os operadores utilizados sobre os conjuntos *fuzzy* existentes para executar o processamento de conhecimento. Tipicamente, utilizam-se modelos de inferência *fuzzy* específicos de acordo com as propriedades sintáticas definidas, ou seja, o modelo de processamento definido para o sistema de conhecimento vai depender basicamente da forma de armazenamento de informações escolhida (TEODORO, 2009). De acordo com Rezende (2003), será apresentada a definição dos processos envolvidos no modelo de inferência de Mamdani (1974).

O modelo de Mamdani inclui módulos de interface que transformam variáveis de entrada em conjuntos *fuzzy* equivalentes e, posteriormente, as variáveis *fuzzy* geradas em variáveis numéricas proporcionais, adequadas para os sistemas de atuação existentes.

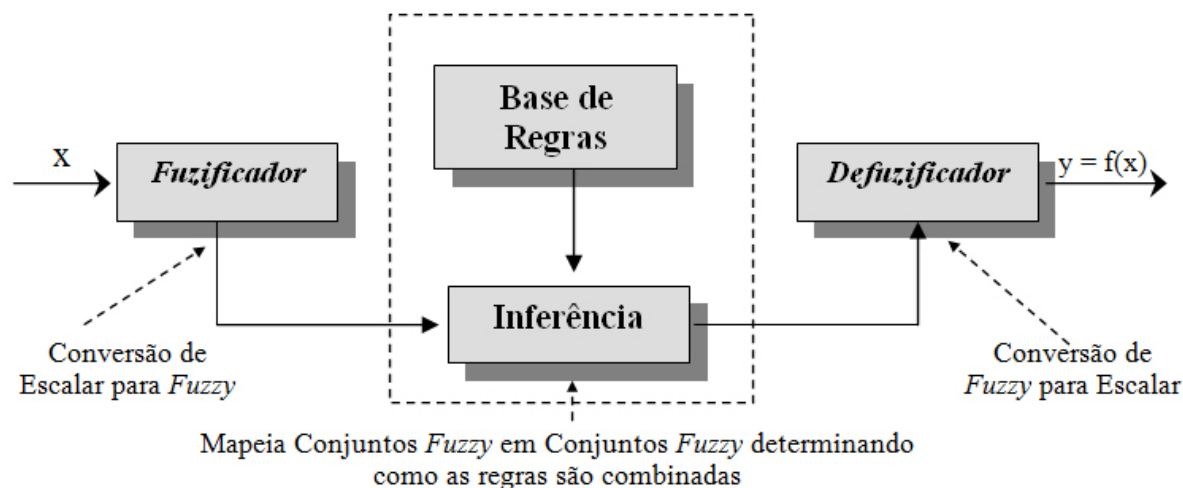


Figura 4 – Diagrama de um modelo de inferência de Mamdani, adaptado de Rezende (2003).

Na Figura 4 é mostrado um diagrama de um modelo de inferência de Mamdani. O Módulo de Inferência recebe valores *fuzzy* provenientes do módulo de interface de entrada, processa as regras existentes na base de conhecimento e gera um conjunto *fuzzy* de saída para o módulo de interface correspondente, a partir da composição de todas as regras disparadas. Por uma regra disparada, entende-se uma regra cujo processamento do antecedente para as entradas atuais gerou graus de pertinência não-nulos, ou seja, a relação *fuzzy* entre as entradas e os termos primários do antecedente é maior que zero.

A regra semântica tradicionalmente utilizada para o processamento de inferências com o modelo de Mamdani é chamada de inferência *Max–Min*. Ela utiliza as operações de união e intersecção entre conjuntos da mesma forma que a apresentada por Zadeh (1965), por meio de operadores de máximo e mínimo, respectivamente. Considerando uma regra de produção *fuzzy* genérica apresentada a seguir, o método de inferência *Max – Min* proposto por Mamdani será detalhado.

if $x_1 = A_i$ **and** $x_2 = A_j$ **and** ... **and** $x_p = A_j$ **then** $y_1 = B_i$ **and** $y_2 = B_m$

onde x_i são as entradas do sistema, $A_1, \dots, A_j$, são termos primários definidos nas partições *fuzzy* de cada variável de entrada, y_1 e y_2 são variáveis de saída e $B_1, \dots, B_m$ são termos primários definidos em suas partições *fuzzy*.

Durante o processo de fuzificação¹, os antecedentes de cada regra são processados por meio da intersecção entre os graus de pertinência das entradas atuais nos termos primários definidos em cada uma. Este processo gera um grau de pertinência de disparo para cada regra de produção. Em outras palavras, é calculado para a *k-ésima* regra da

¹ Termo proveniente do original em inglês *fuzzification*

base de conhecimento um coeficiente de disparo $D^{(k)}$ como mostra a Equação 2.13, onde os índices k nos conjuntos *fuzzy* denotam os termos primários que compõem a regra k na base de conhecimento. Este processamento tem como função transformar informações quantitativas em informações qualitativas, e é considerado um processo de generalização.

$$\begin{aligned} D^k &= T[\mu_{A_1^k}(x_1), \mu_{A_2^k}(x_2), \dots, \mu_{A_p^k}(x_p)] = \dots \\ \min &= [\mu_{A_1^k}(x_1), \mu_{A_2^k}(x_2), \dots, \mu_{A_p^k}(x_p)] \end{aligned} \quad (2.13)$$

Todas as regras para as quais o coeficiente de disparo for maior que zero são ditas regras que dispararam para as entradas atuais. Isto quer dizer que elas vão contribuir para o cálculo da saída correspondente do sistema de inferência. Os coeficientes de disparo, por sua vez, vão limitar os valores máximos dos conjuntos *fuzzy* de saída gerados por estas regras. Finalmente, uma operação global de união vai compor um conjunto *fuzzy* para cada variável de saída, contendo informações sobre todas as regras disparadas para as entradas atuais. Na Equação 2.14 é apresentada a composição deste conjunto para o caso da saída y_2 da regra apresentada na regra anterior. O universo de discurso desta variável de saída é composto pelos elementos $y \in U_{y_2}$.

$$\mu_{B_i}(y) = S_{k=1..n}[T(D^{(k)}, \mu_{B_i}(y))] = \max_{k=1..n}[\min(D^{(k)}, \mu_{B_i}(y))], \forall y \in U_{y^2} \quad (2.14)$$

O processo de inferência acima descrito transforma uma informação qualitativa em outra informação qualitativa, por meio de uma conversão. O conjunto *fuzzy* gerado durante o processo de inferência pode então ser utilizado diretamente em um diagnóstico qualitativo de tomada de decisão, ou será convertido em um valor escalar proporcional para atuação externa por meio de atuadores convencionais, no caso de um sistema de controle.

Consequentemente, a defuzificação² transforma informações qualitativas em uma informação quantitativa, sendo um processo de especificação. Para a regra de produção definida anteriormente, parte-se do conjunto *fuzzy* de saída $\mu_{B_i}(y)$ obtido pelo processo de inferência e chega-se a um valor escalar y^2 correspondente.

O método do centro de massa, segundo Simoes M. G (2007), melhor se aplica a sistemas destinados ao suporte a decisões. Neste método o processo de defuzificação, pelo qual se calcula, para um dado conjunto *fuzzy* de saída proveniente de uma base de conhecimento processada, a abscissa (no universo de discurso definido para a variável em questão) do ponto de centro de massa correspondente, e se utiliza com o valor escalar de

² Termo proveniente do original em inglês *defuzzification*

saída. A expressão analítica da implementação deste método é apresentada na Equação 2.15.

$$Z = \frac{\sum_{i=0}^m \mu_A(x_i) * x_i}{\sum_{i=0}^m \mu_A(x_i)} \quad (2.15)$$

onde m é o número de intervalos de quantização da saída, x_i é o valor da variável de saída para o intervalo de quantização i e $\mu_A(x_i)$ seu grau de pertinência referente ao conjunto *fuzzy* A . Para exemplificar a utilização do modelo de inferência apresentado, será apresentado a seguir um sistema de auxílio à tomada de decisão baseado no modelo de inferência de Mamdani.

2.1.7 Exemplo de Aplicação do Modelo de Inferência de Mamdani

Dado o funcionamento de um aparelho de ar condicionado, que possui como função estabilizar automaticamente a temperatura do ambiente, através da variação da temperatura produzida em relação à temperatura do ambiente. A temperatura T é alterada variando a potência P de saída aplicada pelo ar condicionado.

A relação entre a temperatura do ambiente e a potência aplicada pelo ar condicionado pode ser descrita por meio das seguintes regras:

Regra 1 – if $T = quente$ then $P = esfriar$

Regra 2 – if $T = normal$ then $P = zero$

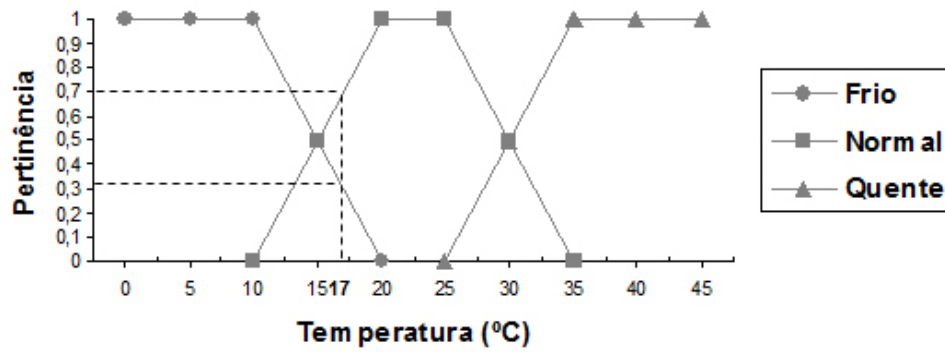
Regra 3 – if $T = frio$ then $P = esquentar$

onde a variação da temperatura (*quente, normal, frio*) e da potência aplicada (*esfriar, zero, esquentar*) são divididas em conjuntos *fuzzy*, possibilitando o processo de mapeamento destas variáveis em seus respectivos conjuntos *fuzzy*, considerando as regras definidas por um especialista.

Considerando a situação apresentada na Figura 5, onde pode-se ler: se temperatura de $17^\circ C$ tem pertinência 0.7 para o conjunto *fuzzy normal* e pertinência 0.3 para o conjunto *fuzzy frio*, haverá a ativação de duas regras, apresentadas a seguir.

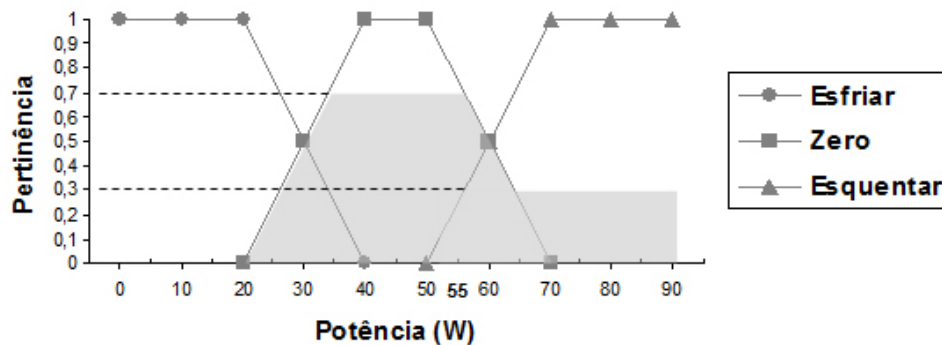
Regra 2 – if $T = normal$ then $P = zero$

Regra 3 – if $T = frio$ then $P = esquentar$

Figura 5 – Conjuntos *Fuzzy* de entrada da variável Temperatura.

Deve-se considerar que neste exemplo existe somente uma entrada de temperatura, cortando somente uma vez cada conjunto *fuzzy* de entrada, concluindo que aplicando o operador *Min*, o resultado será o mesmo valor da pertinência. Em relação ao operador *Max*, considerando que as regras de produção não dispam mais que uma vez o mesmo conjunto *fuzzy* de saída, o resultado será o valor *Min* encontrado.

No processo de inferência, uma entrada escalar de temperatura foi convertida em um conjunto de graus de pertinência nos termos primários definidos para a variável linguística *T*. Este valor de pertinências é então utilizado para limitar os conjuntos *fuzzy* de saída da variável linguística *P*, segundo a base de conhecimento definida previamente.

Figura 6 – Conjuntos *Fuzzy* de Saída da variável Potência.

Assim, para a regra 2, o termo de potência *zero* foi limitado em 0.7 e para a regra 3, o termo de potência *esquentar* foi limitado em 0.3 (ver regiões sombreadas na Figura 6). Os valores para as variáveis no processo de inferência podem ser representados como segue:

if $T = \text{frio}$ (0.3) **then** $P = \text{esquentar}$ (0.3)
if $T = \text{normal}$ (0.7) **then** $P = \text{zero}$ (0.7)

O valor de saída para a variável escalar P foi obtido pelo método de defuzzificação do centro de massa, gerando o resultado de 55 *Watts* de potência. Outro exemplo de saída para o comportamento deste exemplo de ar condicionado é mostrado na Figura 12 explicado na Seção 2.3.1.

2.2 Open Source Fuzzy Java

A biblioteca denominada *Open Source Fuzzy* (OSF) é um pacote Java construído por SAZONOV E. S. (2000) para avaliações de sistemas *fuzzy* em programas escritos em Java. Não é simplesmente um *shell* para construção de sistemas *fuzzy*, mas sim um conjunto de classes e métodos que permitem a avaliação de regras *fuzzy* de forma simbólica. Para demonstrar seu comportamento em relação ao referencial teórico apresentado nas seções anteriores, assim com seu funcionamento, nesta seção será apresentada a implementação do exemplo de aplicação do modelo de inferência de Mamdani ao controle de potência do aparelho de ar condicionado, apresentado anteriormente.

2.2.1 Variáveis Lingüísticas

As variáveis lingüísticas representam a ligação entre o código Java e as regras *fuzzy*, podendo possuir um número arbitrário de conjuntos *fuzzy*. No OSF cada conjunto *fuzzy* é representado por uma função trapezoidal, que pode obter as formas de retângulo, triângulo ou trapezoidal.

Para a criação de uma variável lingüística serão necessários dois passos: a criação da variável lingüística e a inserção dos conjuntos *fuzzy*, como apresentado no Código 1 que utiliza os valores representados nas Figuras 5 e 6.

Código 1: Exemplo de implementação das variáveis lingüísticas.

```
LinguisticVariable temperatura = new LinguisticVariable ("temperatura");
temperatura.add("frio", 0, 0, 10, 20);
temperatura.add("normal", 10, 20, 25, 35);
temperatura.add("quente", 25, 35, 45, 45);
LinguisticVariable potencia = new LinguisticVariable ("potencia");
temperatura.add("esfriar", 0, 0, 20, 40);
temperatura.add("zero", 20, 40, 50, 70);
temperatura.add("esquentar", 50, 70, 90, 90);
```

O termo entre aspas, *temperatura*, é o nome utilizado para endereçar uma variável lingüística particular na regra, por exemplo, "*if temperatura is...*". Utilizam-se os termos *frio*, *normal* e *quente* para o endereçamento dos conjuntos *fuzzy* nas regras, por exemplo, "*if temperatura is quente...*". Os demais parâmetros são utilizados para definir os quatro

pontos chaves do trapézio: inferior esquerdo, superior esquerdo, superior direito e inferior direito.

2.2.2 Regras *Fuzzy*

Toda a evolução de um sistema *fuzzy* baseia-se na representação simbólica de regras. A representação do conhecimento através de regras permite um fácil entendimento do processo de depuração. A criação do bloco de regras para o aparelho de ar condicionado é apresentada a seguir no Código 2.

Código 2: Exemplo de implementação das Regras *Fuzzy*.

```
String [] arRuls = new String[3];
arRuls[0] = "if temperatura is frio then potencia is esquentar";
arRuls[1] = "if temperatura is normal then potencia is zero";
arRuls[2] = "if temperatura is quente then potencia is esfriar";
FuzzyBlockOfRules fuzzyBlockOfRules = new FuzzyBlockOfRules(arRuls);
```

2.2.3 *Fuzzy Engine*

O processo de inferência é executado pela classe *FuzzyEngine*. Esta classe Java permite a análise e avaliação das regras *fuzzy*. São mostrados, a seguir, os passos principais necessários para a realização do processo de inferência *fuzzy*, utilizando as variáveis do exemplo do ar condicionado e criação das variáveis linguísticas, apresentados nas Seções 2.2.1 e 2.2.2, respectivamente.

- Criar um motor de inferência:
fuzzyEngine = new FuzzyEngine ();
- Registrar todas as variáveis linguísticas:
fuzzyEngine.register (temperatura);
fuzzyEngine.register (potencia);
- Registrar o bloco de regras:
fuzzyEngine.register (fuzzyBlockOfRules);
- Analisar as regras:
fuzzyBlockOfRules.parseBlock ();
- Realizar a avaliação das regras:
fuzzyBlockOfRules.evaluateBlockText (); - retorna uma String com os resultados da avaliação para cada regra *fuzzy*
- Obter o resultado(s):
resultado double = potencia.defuzzify ();

O motor de inferência só pode analisar e avaliar as regras que foram registradas no “fuzzyEngine” declarado. O Código 3 exemplifica este processo de inferência.

Código 3: Exemplo de implementação do processo de inferência.

```
FuzzyEngine fuzzyEngine = new FuzzyEngine();
fuzzyEngine.register(potencia);
fuzzyEngine.register(temperatura);
fuzzyEngine.register(fuzzyBlockOfRules);
/* Entrada de Temperatura */
temperatura.setInputValue(17);
/* Apply Fuzzy Rules */
fuzzyBlockOfRules.parseBlock();
System.out.println(fuzzyBlockOfRules.evaluateBlockText());
/* Defuzzification (CoG); */
double output_potencia = potencia.defuzzify();
/* Print Results */
System.out.println
("IN: Temperatura( 17 ) OUT: Potencia ( " +output_potencia + " )");
```

O resultado apresentado na Figura 7 considera, para teste, a situação apresentada na Figura 5. Sendo a temperatura de entrada igual a $17^{\circ}C$, pode-se ver a saída qualitativa no valor de 53.67 *Watts* sugerida pelo sistema *fuzzy*.

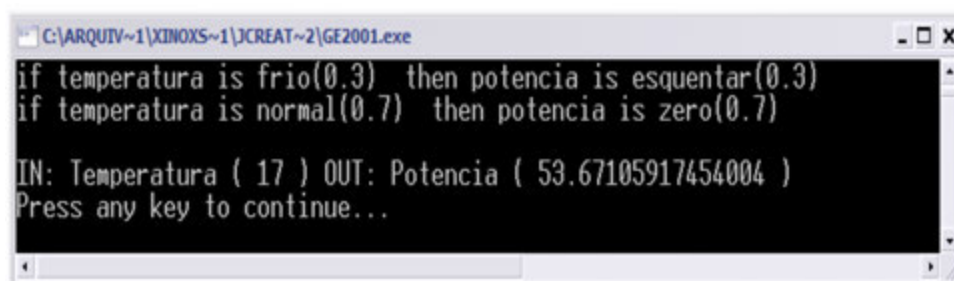


Figura 7 – Resultado do Processo de Inferência.

2.3 *MatLab*

O programa MatLab é um ambiente computacional interativo, desenvolvido pela MathWorks que possui uma linguagem de programação de alto nível, voltada para a computação matemática (ARRUDA D. M., 2008). O MatLab oferece bibliotecas para cálculos numéricos e um grande número de ferramentas especializadas (*Toolboxes*) para a resolução de problemas em áreas específicas, dentre as quais se encontra o *Fuzzy Logic Toolbox* (FLT) que fornece uma interface gráfica que permite a construção de sistemas *fuzzy*.

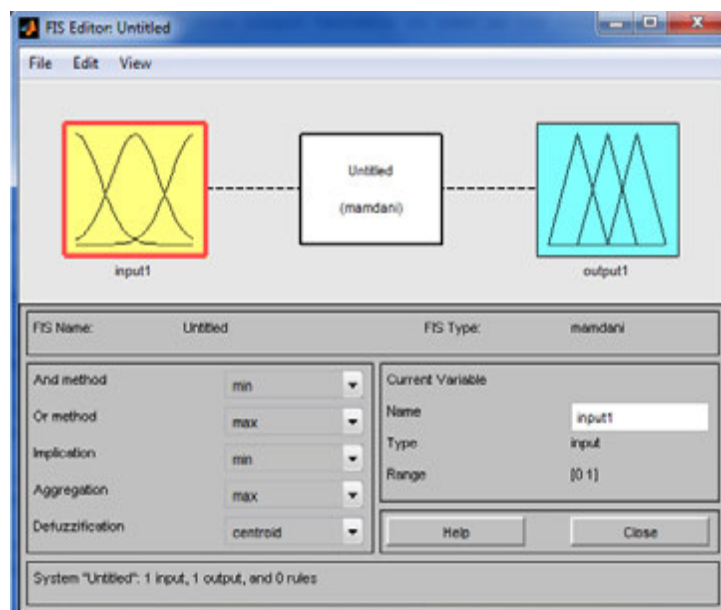


Figura 8 – FIS Editor (MatLab).

2.3.1 O *Fuzzy Logic Toolbox*

O *Fuzzy Logic Toolbox* contém funções e ferramentas gráficas para a construção de sistemas de inferência *fuzzy*, visualização e análise de resultados, MATLAB (2010). Com o objetivo de facilitar o uso do FLT por iniciantes da área, para a inicialização do *Fuzzy Inference System* (FIS) é necessário digitar o comando “fuzzy” na área de comando do MatLab. A tela de principal desta interface é apresentada na Figura 8. Para apresentar as principais funcionalidades do ambiente, o exemplo do ar condicionado será mantido como estudo de caso.

Um importante característica desta ferramenta é o suporte a vários tipos de funções de pertinência como, por exemplo, funções triangulares, trapezoidais e gaussianas.

Para a edição das funções de pertinências é preciso abrir o *Membership Function Editor* que pode ser acessado pelo menu *Edit*. A Figura 9 mostra selecionada a variável de entrada Temperatura e a função de pertinência denominada *frio*, em *params* é adicionado os valores que delimitam o formato da função, neste caso o trapézio como limites 0, 0, 10 e 20.

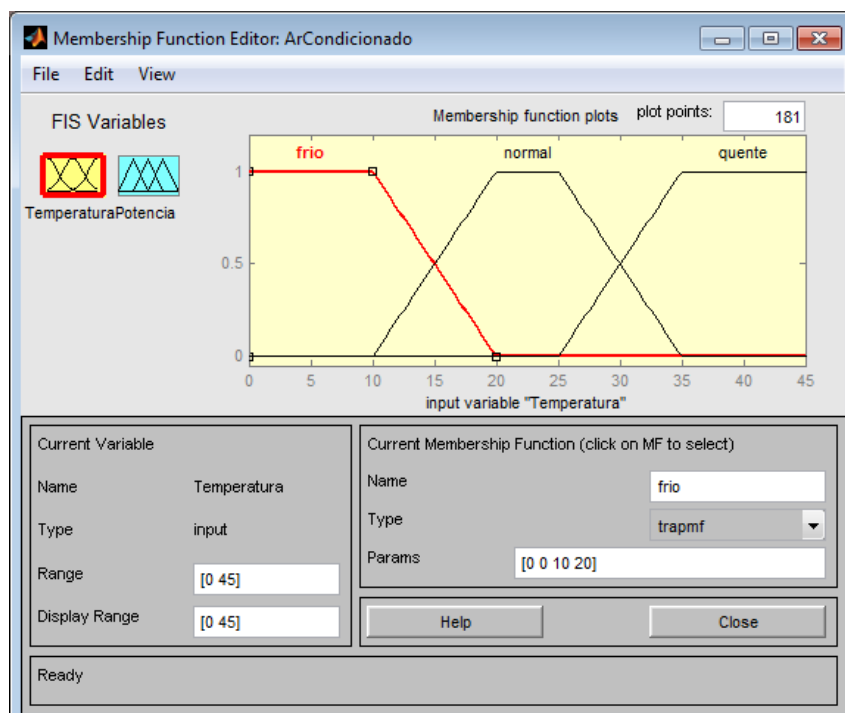
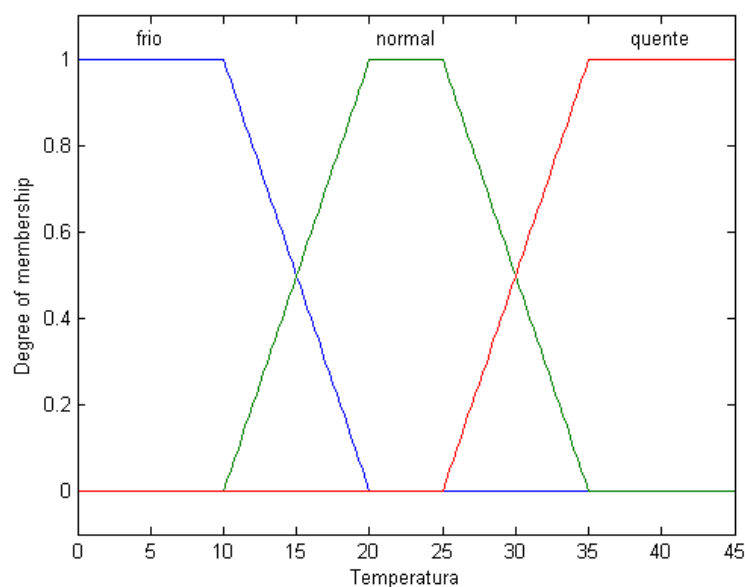


Figura 9 – Editor de Funções de Pertinência.

As Figura 10 e 11 apresentam as funções das variáveis de entrada e saída, respectivamente.

Figura 10 – Conjuntos *Fuzzy* de entrada da variável Temperatura usando o *Fuzzy Logic Toolbox*.

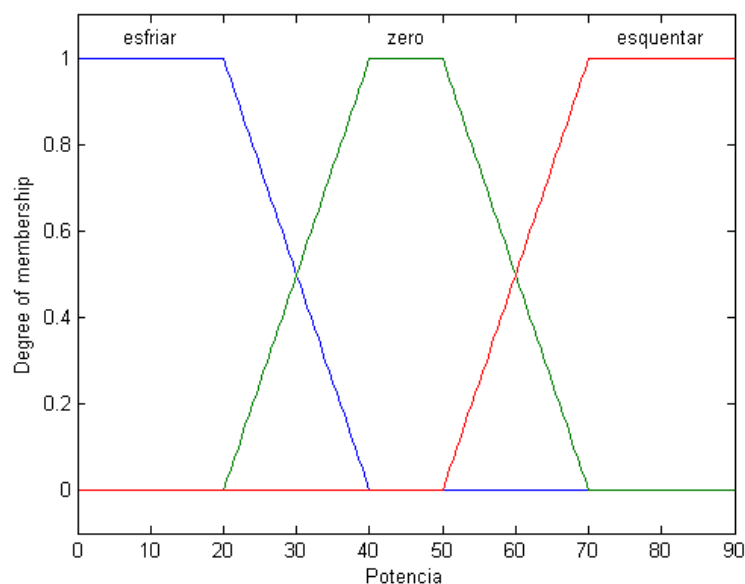


Figura 11 – Conjuntos *Fuzzy* de saída da variável Potência usando o *Fuzzy Logic Toolbox*.

As regras podem ser definidas pela interface acessando o menu “Edit” e em seguida a opção “Rules...”, sendo as mesmas utilizadas na seção anterior.

Finalmente, o processo de inferência pode ser acompanhado pelo *Rule Viewer*, onde cada linha corresponde a uma regra e, para o teste com a temperatura de entrada igual a 28 graus, o resultado é representado na Figura 12. Comprovando também sua aptidão para processos envolvendo tomadas de decisões.

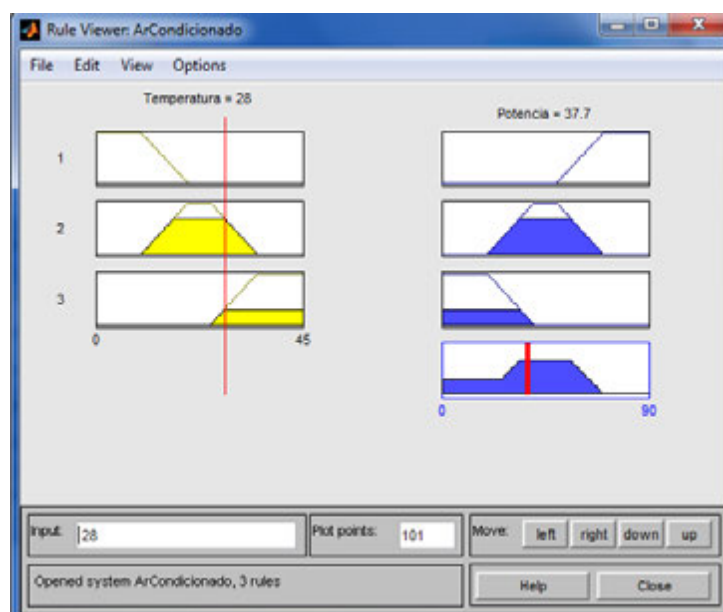


Figura 12 – Exibição do resultado do processo de inferência no *Rule Viewer*.

Nesta figura, 12, as regras 2 (if Temperatura is normal then Potencia is zero) e 3

(if Temperatura is quente then Potencia is esfriar) contém coeficiente de disparo maior que zero, e influenciaram nos valores da saída potência. Como visualizado, as funções de saída para a defuzificação são agregadas, união de todas as funções ativadas, para então ser realizado o cálculo do valor numérico de saída.

Nos capítulos seguintes serão apresentados a descrição do modelo proposto, assim como a análise dos resultados gerados.

3 DESCRIÇÃO DO MODELO PROPOSTO

De maneira geral, o modelo de sistema inteligente proposto para o apoio à tomada de decisão sobre áreas de pesquisa apresenta, como um de seus principais objetivos, o recebimento da média aritmética dos graus obtidos em determinadas disciplinas e, em seguida, retornar a área de pesquisa mais adequada ao perfil do discente. O modelo proposto foi implementado com o auxílio da biblioteca *Open Source Fuzzy Java*, e segue o modelo de inferência de Mamdani (1974). Como entrada são fornecidas as médias aritméticas de graus obtidos em grupos de disciplinas de teor comum e a saída retorna a área de pesquisa mais adequada ao perfil do discente. É importante observar que, para demonstrar o comportamento do modelo foi definida uma grade curricular fictícia referente a um determinado curso, neste caso, por motivos de maior proximidade, foi escolhido o curso Sistemas de Informação. No decorrer das seções serão apresentados o detalhamento do modelo, a Seção 3.1 descreve a escolha das variáveis linguísticas, que devem ser correspondentes as disciplinas da grade do curso, e um exemplo de valores que estas podem assumir com funções de pertinência triangulares. A Seção 3.2 exemplifica a construção da base de conhecimento com as variáveis linguísticas definidas na seção anterior e, na Seção 3.3 retrata o processo de inferência do curso utilizado como exemplo para demonstrar o modelo proposto.

3.1 Variáveis Linguísticas

As disciplinas da grade curricular devem ser agrupadas em conjuntos e de acordo com a opinião de especialistas, que para esse modelo são professores da área, com o objetivo de reduzir a explosão combinatório de regras na base de conhecimento, estes especialistas são importantes, também, para a definição das variáveis linguísticas.

A Figura 13 apresenta a organização da grade. As disciplinas foram agrupadas por subáreas específicas, com o objetivo de reduzir a quantidade de regras na base de conhecimento.

Para a demonstração qualitativa e quantitativa do modelo proposto, foram utilizadas as seguintes variáveis linguísticas de entrada: Programação de Computadores (*ePRG*), Gestão da Informação (*eGI*), Banco de Dados (*eBD*), Inteligência Artificial (*eIA*) e Processo de Desenvolvimento de Software (*ePDS*). Devido à semelhança entre os valores linguísticos das respectivas variáveis linguísticas, por serem todos relacionados ao domínio de disciplinas, estes foram representados pelos seguintes conjuntos *fuzzy*: Satisfatório

1	Técnicas de Programação I	Introdução à Informática	Matemática Discreta I	Lógica Matemática	Teoria Geral de Sistemas	Comunicação e Expressão
2	Técnicas de Programação II	Introdução à Teoria da Computação	Matemática Discreta II	Administração Aplicada à Sistemas de Informação	Fundamentos de Sistemas de Informação	Metodologia Científica
3	Algoritmos e Estruturas de Dados I	Organização e Arquitetura de Computadores	Estatística e Probabilidade	Sistemas Operacionais	Gestão da Informação	Inglês Instrumental
4	Algoritmos e Estruturas de Dados II	Linguagem de Programação Orientada a Objetos I	Processo de Desenvolvimento de Software I	Banco de Dados I	Sistemas de Suporte ao Processo Decisório	Empreendedorismo
5	Linguagem de Programação Orientada a Objetos II	Processo de Desenvolvimento de Software II	Redes de Computadores	Banco de Dados II	Segurança e Auditoria em Sistemas de Informação	Psicologia Organizacional
6	Desenvolvimento de Sistemas Orientados a Objetos	Gerência de Projetos e Gestão da Qualidade de	Gerência de Redes de Computadores	Sistemas Multimídia	Interação Humano-Computador	Economia Aplicada
7	Desenvolvimento de Sistemas para Web	Sistemas Distribuídos	Sistemas Inteligentes	Gestão Financeira e Contábil	Projeto e Desenvolvimento de Sistemas de Informação	Trabalho de Conclusão de Curso I
8	Tópicos Especiais em Programação	Tópicos Especiais em Sistemas de Informação	Informática e Sociedade	Legislação e Ética em Informática	Trabalho de Conclusão de Curso II	Estágio Supervisionado

Legenda de Subáreas

Programação	Gestão da Informação	Banco de Dados	Inteligência Artificial
Processo de Desenvolvimento de Software			

Figura 13 – Grade curricular fictícia do curso de Sistemas de Informação.

(*S*), Bom (*B*) e Ótimo (*O*), representados empiricamente por funções triangulares, apresentadas na Figura 14.

De forma elucidativa computacionalmente, a implementação de cada variável linguística, assim como dos seus valores linguísticos considerados neste trabalho e ainda, de acordo com a biblioteca *fuzzy* utilizada, foi desenvolvida conforme exemplo apresentado no Código 4, referente à variável linguística Programação de Computadores (ePR).

As subáreas que compõem as variáveis linguísticas de saída utilizadas para demonstração foram: Gestão da Informação e do Conhecimento (*sGIC*), Gerência de Projetos (*sGP*), Estratégia de Sistemas de Informação e Modelos Inovadores de Negócios (*sEST*),

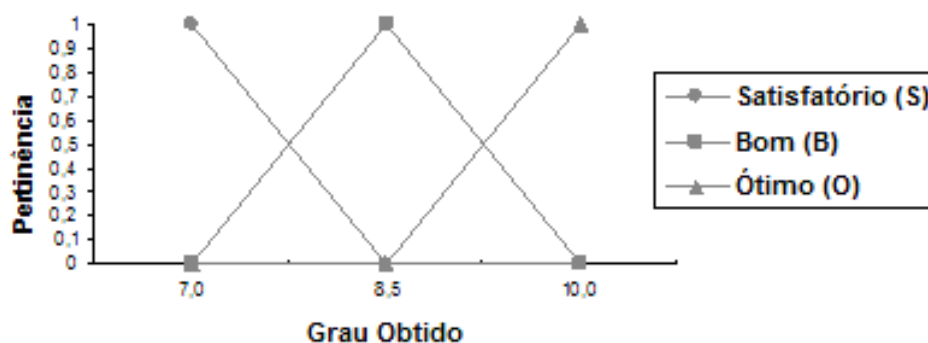


Figura 14 – Representação das funções de pertinência das variáveis de entrada.

Código 4: Exemplo de implementação de uma variável lingüística.

```

LinguisticVariable ePRG = new LinguisticVariable("ePRG");
ePRG.add("S", 7, 7, 7, 8.5);
ePRG.add("B", 7, 8.5, 8.5, 10.0);
ePRG.add("O", 8.5, 10.0, 10.0, 10.0);

```

Engenharia de Software (*sES*), Inteligência Artificial (*sIA*) e Banco de Dados (*sBD*).

Os termos lingüísticos ou conjuntos *fuzzy* relacionados às variáveis lingüísticas de saída foram: Fora da área (*F*), Apto à Área (*A*) e Área Ideal (*I*) (veja Figura 15). O principal objetivo dos termos escolhidos é indicar a devida pertinência ao perfil imputado, apresentando, por meio do método de conversão *fuzzy* $\rightarrow$ escalar do centro de massa, um grau de aptidão para cada área em questão, com valores entre $[0 \dots 10]$.



Figura 15 – Representação das funções de pertinência das variáveis de saída.

3.2 Construção da Base de Conhecimento

Para a criação da base de conhecimento do modelo proposto, inicialmente um conjunto de regras deve ser devidamente elaborada por especialistas associados às áreas a serem sugeridas. Em outras palavras, especialistas tem como principal função a associação de grupos de disciplina às subáreas definidas como saída. Na Tabela 1 é apresentada um conjunto de regras para demonstrar este módulo do modelo.

Para demonstrar a implementação das regras apresentadas na Tabela 1 e, considerando a similaridade existente entre as mesmas, consideraremos a implementação da primeira linha da Tabela 1, que define o total de 6 regras, apresentada no Código .

Para representar todas as regras referentes às área de pesquisa, devido a natureza combinatória em questão, seria necessária uma grande quantidade de regras. Sendo assim, para a construção da base de conhecimento foram consideradas as variáveis de entrada pertinente a cada área de pesquisa. É importante notar que a associação entre variáveis de entrada e área de pesquisa deve ser elaborada por um ou mais especialistas da área.

Tabela 1 – Exemplo de base de conhecimento.

Regras	Entradas					Saídas					
	$vPRG$	vBD	$vPDS$	vGI	vIA	$sGIC$ ($vPDSe$ vGI)	sGP ($vBDe$ $vPDS$)	$sESI$ ($vPDS$)	sES ($vPRGe$ $vPDS$)	sIA (vIA)	sBD (vBD)
1	O	O	O	O	O	I	I	I	I	I	I
2	O	O	B	O	O	I	I	A	I	I	-
3	O	O	S	O	O	A	F	F	A	A	-
4	B	B	O	B	B	I	I	-	I	A	A
5	B	B	B	B	B	A	A	-	A	A	-
6	B	B	S	B	B	A	F	-	A	F	-
7	S	S	O	S	S	A	A	-	A	A	F
8	S	S	B	S	S	F	F	-	F	F	-
9	S	S	S	S	S	F	F	-	F	F	-

Código 5: Exemplo de implementação da base de conhecimento.

```

rule[0] = “if vPRG is O and vBD is O and vPDS is O vGI is O and vIA is O then
sGIC is I”;
rule[1] = “if vPRG is O and vBD is O and vPDS is O vGI is O and vIA is O then
sGP is I”;
rule [2] = “if vPRG is O and vBD is O and vPDS is O vGI is O and vIA is O then
sESI is I”;
rule[3] = “if vPRG is O and vBD is O and vPDS is O vGI is O and vIA is O then
sES is I”;
rule[4] = “if vPRG is O and vBD is O and vPDS is O vGI is O and vIA is O then
sIA is I”;
rule[5] = “if vPRG is O and vBD is O and vPDS is O vGI is O and vIA is O then
sBD is I”;

```

3.3 Inferência *Fuzzy*

Durante o processo de inferência, a média aritmética obtida em cada subárea é mapeada em um conjunto de graus de pertinência, nos termos primários definidos para cada variável linguística. Os valores de pertinências obtidos, de acordo com o processo de inferência, limitam os conjuntos *fuzzy* de cada variável linguística de saída, segundo as 42 regras definidas na Tabela 3.2, as regras são demonstradas, uma por linha, na Figura 16 que é uma ilustração do *Rule Viewer* do *Fuzzy Logic Toolbox*, ao lado das variáveis de entrada estão os valores que seriam as médias nos grupos de disciplinas que elas representam. Cada uma das variáveis de saída retornam, após a defuzzificação, um valor de $[0, \dots, 10]$, que são exibidos ao lado da denominação de cada uma destas.

O método de defuzzificação utilizado foi o do centro de massa, responsável pelo cálculo dos valores referentes à aptidão do perfil para cada variável de saída. A Figura 16 apresenta um exemplo no qual, visualmente, todos os valores referentes às médias do discente encontram-se no conjunto Ótimo *O*, e resulta em Ideal (*I*) como valor de saída para cada subárea.

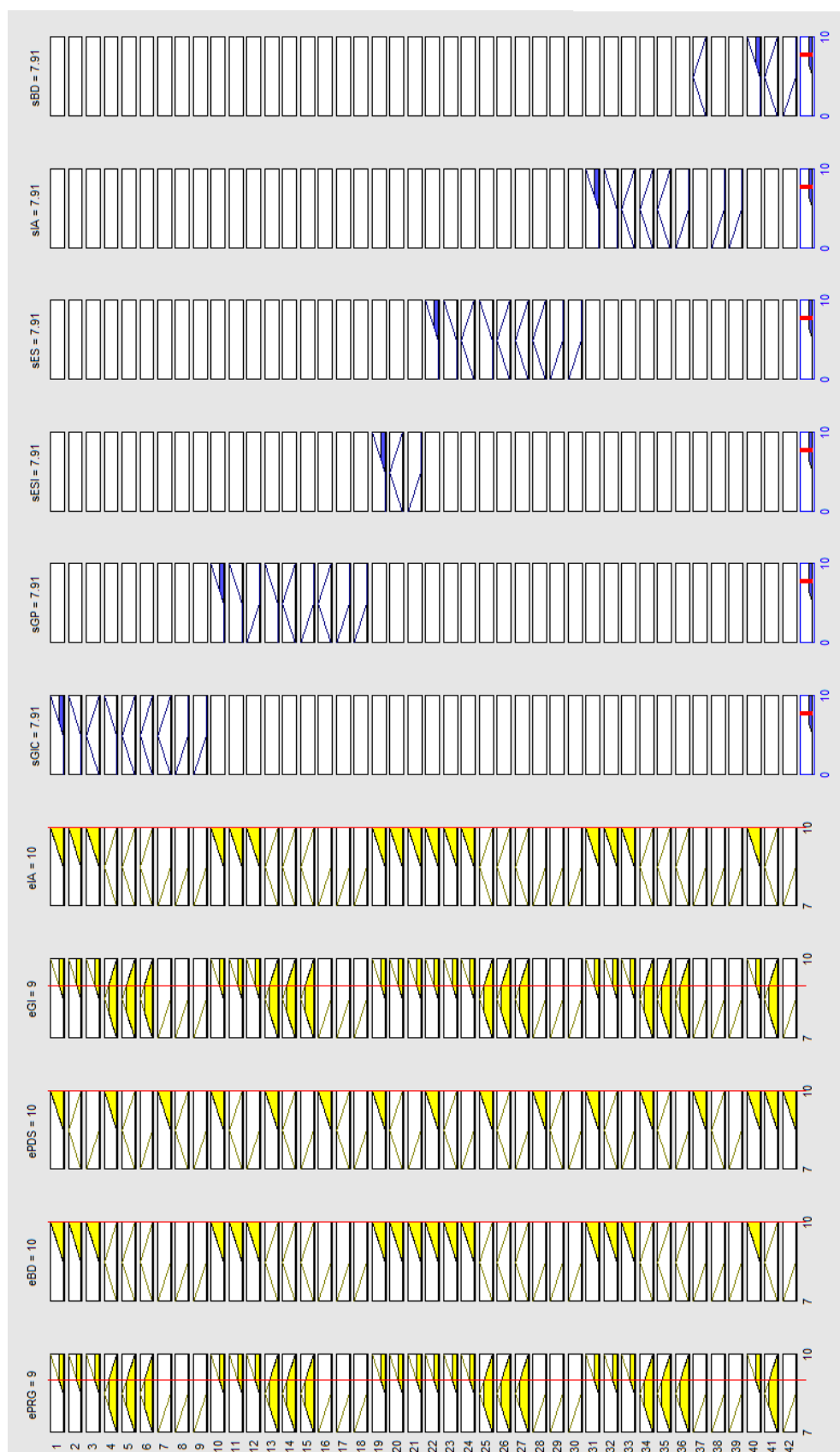


Figura 16 – Visualização das regras utilizando o modelo de inferência Mamdani.

Sistema Inteligente para Área de Pesquisa

Nome: Jessica da Silva Santos

Programação	10.0	Computação Distribuída	10.0
Banco de Dados	10.0	Embasamento Matemático	10.0
Gestão da Informação	10.0	Inteligência Artificial	10.0
Processo de Desenvolvimento de Software		10.0	

Submeter Notas / Verificar Áreas de Pesquisa

Discente: Jessica da Silva Santos

> Médias das Notas

- Programação : 10,00
- Computação Distribuída : 10,00
- Banco de Dados : 10,00
- Embasamento Matemático : 10,00
- Processo de Desenvolvimento de Software : 10,00
- Gestão da Informação : 10,00
- Inteligência Artificial : 10,00

> Áreas de Pesquisa Sugerida / Percentual de Indicação

- 1*) Gestão da Informação e do Conhecimento : (100%)
- 2*) Gerência de Projetos : (100%)
- 3*) Segurança e Governança em SI : (100%)
- 4*) Estratégia de SI e Modelos Inovadores de Negócios : (100%)
- 5*) E-Business, E-Commerce, E-Government : (100%)
- 6*) Engenharia de Software : (100%)
- 7*) SI baseados na Internet / Intranet : (100%)
- 8*) Computação móvel : (100%)
- 9*) Inteligência Artificial : (100%)
- 10*) Sistemas Distribuídos : (100%)
- 11*) Banco de Dados : (100%)

Sistema Inteligente para Área de Pesquisa

Nome: Jessica da Silva Santos

Programação	7.0	Computação Distribuída	8.1
Banco de Dados	5.5	Embasamento Matemático	7.8
Gestão da Informação	7.5	Inteligência Artificial	7.0
Processo de Desenvolvimento de Software		9.0	

Submeter Notas / Verificar Áreas de Pesquisa

Discente: Jessica da Silva Santos

> Médias das Notas

- Programação : 7,00
- Computação Distribuída : 8,10
- Banco de Dados : 5,50
- Embasamento Matemático : 7,80
- Processo de Desenvolvimento de Software : 9,00
- Gestão da Informação : 7,50
- Inteligência Artificial : 7,00

> Áreas de Pesquisa Sugerida / Percentual de Indicação

- 1*) Estratégia de SI e Modelos Inovadores de Negócios : (68%)
- 2*) E-Business, E-Commerce, E-Government : (60%)
- 3*) Gestão da Informação e do Conhecimento : (54%)
- 4*) Computação móvel : (54%)
- 5*) Sistemas Distribuídos : (54%)
- 6*) Engenharia de Software : (40%)
- 7*) Segurança e Governança em SI : (34%)
- 8*) SI baseados na Internet / Intranet : (20%)
- 9*) Inteligência Artificial : (20%)

Figura 17 – Comportamento do modelo proposto.

Na figura 17 também pode ser visto o comportamento do modelo que, para facilitar a interpretação dos resultados pelo usuário, converte em percentuais às saídas dos conjuntos *fuzzy*. Dessa forma de acordo com o perfil do discente, o modelo proposto sugere as áreas de pesquisas adequadas e, respectivamente, seu percentual de indicação. De maneira sistemática, o processo pode ser descrito como segue: as entradas são combinadas logicamente usando o operador *AND* para produzir valores de resposta de saída para todas as entradas esperadas; as regras ativadas são então combinadas em uma soma lógica para cada função de pertinência e a força de disparo para cada função de pertinência de saída é computada; finalmente, as somas lógicas são combinadas em um processo de defuzzificação, para produzir a saída do sistema.

As áreas de pesquisas utilizadas neste capítulo, assim como a base de regras, são peças vitais ao funcionamento do sistema, entretanto, conforme descrito inicialmente, são baseados em dados não reais. Contudo, o refinamento sucessivo desses pontos poderia aumentar a inteligência geral do sistema e a abrangência de áreas de pesquisa.

Como validação do modelo proposto, no próximo capítulo é apresentado a análise qualitativa e quantitativa do modelo proposto, baseado em um estudo de caso real.

4 ADAPTAÇÃO DO MODELO PROPOSTO PARA APLICAÇÃO EM ESTUDO DE CASO

Para a obtenção dos dados experimentais necessários à validação do modelo proposto, procurou-se um curso com subáreas bem definidas e uma quantidade significativa de alunos formados. A partir desses critérios foi escolhido o curso de Ciências da Computação da Universidade Federal de Sergipe, Campus São Cristóvão, com alunos formados nos anos de 2009 à 2012, pertencentes à atual estrutura curricular do curso. Os dados utilizados totalizaram 52 discentes.

De acordo com a estrutura curricular do curso, as disciplinas da grade foram reunidas em 9 grupos, necessárias à composição das variáveis linguísticas de entrada, identificados como: Engenharia de Software (*ES*), Programação de Computadores (*PRG*), Redes de Computadores (*RD*), Inteligência Artificial (*IA*), Embasamento Matemático (*EM*), Banco de Dados (*BD*), Arquitetura de Computadores (*ARQ*), Informática Educativa (*IE*) e Teoria da Computação (*TC*). É importante notar que a informação relativa à média de cada grupo é aqui considerada como a média dos aproveitamentos das disciplinas referente ao respectivo grupo.

Para a avaliação e definição das funções de pertinência, assim como a definição da base de conhecimento utilizada, foram consultados quatro professores de áreas específicos do curso de Sistemas de Informação da Universidade Federal de Sergipe, Campus Itabaiana, mediante o preenchimento de formulário específico. Pode-se concluir as variáveis linguísticas de entrada e saída do modelo, assim como a definição dos respectivos limites das funções de pertinência de cada variável. No Anexo A podem ser encontrados todos os formulários utilizados para o desenvolvimento deste estudo de caso.

De forma diferente à descrição do modelo proposto, apresentado no Capítulo 3, devido à média mínima para a aprovação nas disciplinas da instituição em que se situa o curso do estudo de caso, neste caso definida como maior ou igual a 5.0, os limites dos conjuntos *fuzzy* de entrada foram definidos como segue: Satisfatório $[5.0, \dots, 7.0]$, Bom $[5.0, \dots, 10.0]$ e Ótimo $[7.0, \dots, 10.0]$. Como exemplo, na Figura 18 é apresentada a variável linguística de entrada *ES*.

De acordo com o levantamento de informações a cerca dos trabalhos de conclusão de curso elaborados durante o período considerado para a validação deste modelo, as variáveis linguísticas de saída consideradas pelo modelo *fuzzy* proposto foram: Arquitetura de Computadores (*ARQ*), Banco de Dados (*BD*), Engenharia de Software (*ES*), Informática Educativa (*IE*), Inteligência Artificial (*IA*) e Redes de Computadores (*RD*),

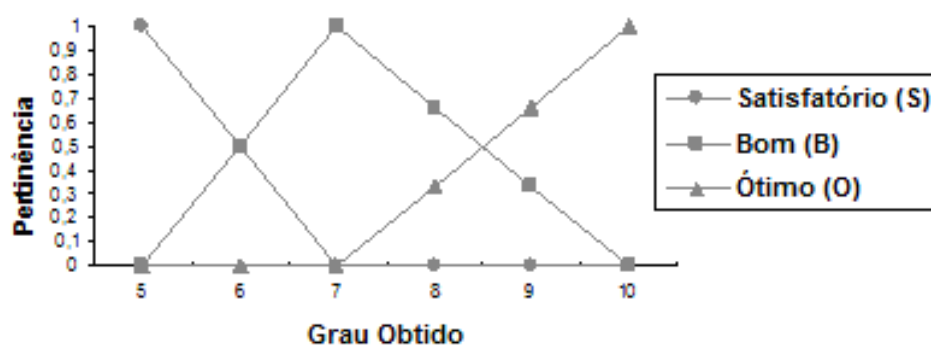


Figura 18 – Funções de pertinência definidas para os conjuntos *fuzzy* da variável de entrada *ES*.

limitando-se assim o número de sugestões sobre áreas ou subáreas de pesquisa, de acordo com o perfil do discente em questão.

Para a validação do modelo *fuzzy* proposto, tratando-se de um sistema para o apoio à tomada de decisão sobre área de pesquisa para o desenvolvimento de um trabalho de conclusão de curso mais apropriado ao perfil do discente, partimos inicialmente das áreas de pesquisa e do rendimento real do discente, de acordo com a nota obtida na defesa do TCC. O principal objetivo é comparar as sugestões geradas pelo modelo proposto e a realizada.

No Capítulo 5 são apresentadas as saídas geradas pelo modelo e a comparação de resultados gerados. Além disso, exemplos de saídas do sistema são exibidos em forma de gráficos, tornando possível a comparação entre o que foi indicado e o aproveitamento real obtido no TCC.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a obtenção da base de conhecimento do sistema *fuzzy* foi aplicado um formulário para aquisição de conhecimento dos especialistas das áreas consideradas para a tomada de decisão (Anexo A). Foram criadas 29 regras, apresentadas na Tabela 5, com uma regra por linha, classificando o perfil como Ideal (*I*), Apto (*A*) e Fora da Área (*F*), de acordo com as regras definidas.

Os valores atribuídos para as saídas, após a defuzificação, utilizando o método centróide e convertidos para percentuais, são exibidos para as variáveis que receberam valores maiores que zero na etapa de fuzificação.

A Figura 19 apresenta os resultados para o perfil do aluno denominado aqui por *Aluno3*. Além dos valores obtidos, também é possível observar, como saída, os valores de pertinência obtidos nos conjuntos mencionados nas regras disparadas, utilizando o método *evaluateBlockText()* do *Open Source Fuzzy*, neste caso específico os valores gerados foram os seguintes:

- **if ePRG is B(0.9) and eRD is B(0.63) and eEM is B(0.56) and eARQ is B(0.92) and eTC is B(0.16) then sARQ is A(0.16);**
- **if eES is B(0.55) and ePRG is B(0.9) and eBD is B(0.5) then sBD is A(0.5);**
- **if eRD is O(0.36) and eARQ is B(0.92) then sRD is I(0.36);**
- **if eRD is B(0.63) and eARQ is B(0.92) then sRD is A(0.63).**

As indicações de área do sistema para o *Aluno3* são apresentadas no gráfico da Figura 20.

Tabela 2 – Base de Conhecimento do Estudo de Caso.

Regras	Entradas							Saídas							
	eES	ePRG	eRD	eIA	eEM	eBD	eARQ	eIE	eTC	sARQ	sBD	sES	sIE	sIA	sRD
1	-	B	-	-	O	-	O	-	B	I	-	-	-	-	-
2	-	B	B	-	B	-	B	-	B	A	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	S	-	S	-	S	F	-	-	-	-	-
4	O	O	S	S	B	B	S	S	S	-	I	-	-	-	-
5	B	B	S	S	B	B	S	S	S	-	A	-	-	-	-
6	S	S	S	S	S	S	S	S	S	-	F	-	-	-	-
7	B	B	S	S	B	O	S	S	S	-	A	-	-	-	-
8	B	S	S	S	S	S	S	S	S	-	F	-	-	-	-
9	S	O	-	S	B	O	-	-	-	-	I	-	-	-	-
10	B	B	-	-	-	B	-	-	-	-	A	-	-	-	-
11	S	S	-	S	S	S	-	-	-	-	F	-	-	-	-
12	O	O	S	S	S	O	S	S	S	-	-	I	-	-	-
13	O	O	S	S	S	B	S	S	S	-	-	A	-	-	-
14	B	B	S	S	S	B	S	S	S	-	-	F	-	-	-
15	B	B	B	B	S	B	S	O	S	-	-	-	I	-	-
16	B	B	S	S	S	S	S	O	S	-	-	-	A	-	-
17	S	S	S	S	S	S	S	S	S	-	-	-	F	-	-
18	B	O	S	O	O	S	S	S	B	-	-	-	-	I	-
19	B	B	S	O	B	S	S	S	S	-	-	-	-	A	-
20	S	S	S	S	S	S	S	S	S	-	-	-	-	F	-
21	-	-	O	-	-	-	B	-	-	-	-	-	-	-	I
22	-	-	B	-	-	-	B	-	-	-	-	-	-	-	A
23	-	-	S	-	-	-	S	-	-	-	-	-	-	-	F
24	O	O	O	O	O	O	O	O	O	I	-	-	-	-	-
25	O	O	O	O	O	O	O	O	O	-	I	-	-	-	-
26	O	O	O	O	O	O	O	O	O	-	-	I	-	-	-
27	O	O	O	O	O	O	O	O	O	-	-	-	I	-	-
28	O	O	O	O	O	O	O	O	O	-	-	-	-	I	-
29	O	O	O	O	O	O	O	O	O	-	-	-	-	-	I

Sistema Inteligente para Área de Pesquisa

Nome: Aluno3

Engenharia de Software: 8.33 Programação: 7.3

Redes: 8.1 Inteligência Artificial: 7.5

Embasamento Matemático: 6.13 Banco de Dados: 8.5

Arquitetura: 7.22 Informática Educativa: 8.35

Teoria da Computação: 9.5

Submeter Notas / Verificar Áreas de Pesquisa

Discente: Aluno3

> Médias das Notas

Engenharia de Software : 8,33

Programação : 7,30

Redes : 8,10

Inteligência Artificial : 7,50

Embasamento Matemático : 6,13

Banco de Dados : 8,50

Arquitetura : 7,22

Informática Educativa : 8,50

Teoria da Computação : 8,50

> Áreas de Pesquisa Sugerida / Percentual de Indicação

1º) Redes : (69%)

2º) Banco de Dados : (60%)

3º) Arquitetura de Computadores : (60%)

Figura 19 – Resultado utilizando o método de inferência de Mamdani para os valores de entrada referentes ao *Aluno3*.

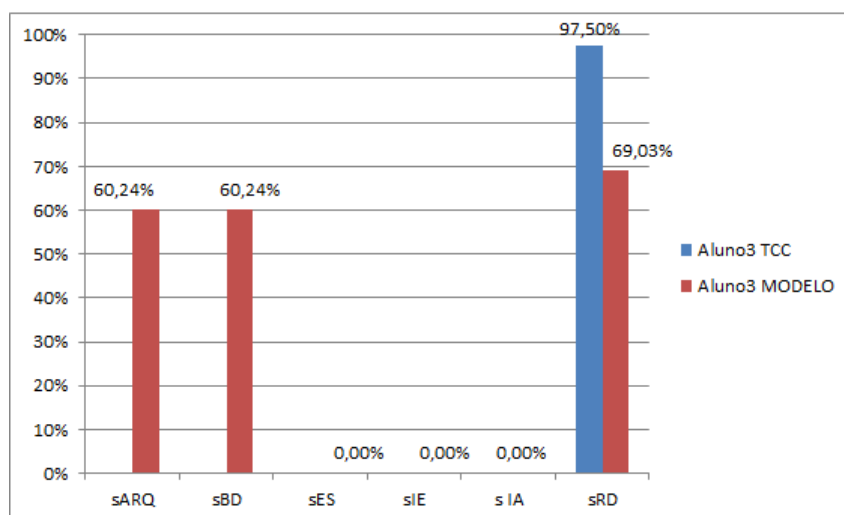


Figura 20 – Gráfico com indicação de áreas para o *Aluno3*.

As informações relativas aos perfis analisados podem ser encontradas na Tabela 5. Sobre a identificação dos alunos, para manter o sigilo, foram utilizadas a denominação de *Aluno1* à *Aluno52*. Informações como médias de cada grupo de disciplinas utilizadas como entrada do sistema, área escolhida para o TCC, e média obtida, estão distribuídas nas colunas seguintes aos nomes desta mesma tabela.

Tabela 3 – Médias dos Alunos em cada grupo de disciplina e média no TCC seguida da área de pesquisa

<i>DISCENTE</i>	<i>MÉDIAS</i>										<i>ÁREA</i>
	<i>ES</i>	<i>PRG</i>	<i>RD</i>	<i>IA</i>	<i>EM</i>	<i>BD</i>	<i>ARQ</i>	<i>IE</i>	<i>TC</i>	<i>TCC</i>	
Aluno1	7,07	6,89	6	7,5	5,97	8,5	6,95	7,6	6,65	9,75	ES
Aluno2	7,27	6,56	5,5	8	5,91	6,3	6,83	8,4	6,8	9,25	AI
Aluno3	8,33	7,3	8,1	7,5	6,13	8,5	7,22	8,35	9,5	9,75	RD
Aluno4	7,77	7,67	8,9	8,6	6,46	7,3	7,92	8,9	8,9	9,25	AI
Aluno5	7,33	6,92	7,55	7	7,3	7	6,72	7,75	6,2	9,75	RD
Aluno6	5,5	6,66	6,15	6	6,72	6	7,33	9,1	6,8	8	ES
Aluno7	7,17	8,13	7,5	8,8	7,74	7,8	7,65	10	8,6	8,95	AI
Aluno8	7,27	6,18	6,3	7	7,24	6,5	6,77	9,5	5,8	7,25	IE
Aluno9	7,27	7,35	7	6,5	6,89	6,6	6,83	8,35	6,15	8	ES
Aluno10	6,17	6,66	6,95	7,5	6,55	6	6,57	9,1	6,4	8,75	AI
Aluno11	8,17	7,17	7,75	7	8,38	9	7,33	7,6	6,75	9,75	ES
Aluno12	8,83	9,28	9,7	9,2	8,91	9,8	8,7	9,55	9,6	10	AI
Aluno13	8,6	9,08	9,5	8	7,97	8	9,05	8,75	8,4	9,75	RD
Aluno14	6,93	7,05	6,1	7	6,04	5,3	7,5	7,8	6,65	5	IE
Aluno15	6,83	7,2	7,8	7,5	7,52	8	7,13	8,65	6,75	8,55	ES
Aluno16	7,33	7,35	5,75	7,5	5,5	6,5	7,05	9,9	5,4	9,75	ES
Aluno17	8,4	8,43	8,1	9,2	8,04	6,5	8,05	8,8	8,75	8,95	AI
Aluno18	8,1	6,86	7,05	6,5	7,17	8	6,75	7,65	5,9	9	ES
Aluno19	6,57	7,14	7,15	8,5	6,8	7,5	6,6	8,5	6,65	9,75	ES
Aluno20	6,17	7,96	8,1	7	6,73	6,6	7,43	8	7,25	9,8	AI
Aluno21	8,1	8,48	8,4	8,7	7,09	9	7,5	9,6	8,75	9,4	AI
Aluno22	6,23	6,58	6,4	5,5	7,04	5,3	6	8,15	5,4	8,5	IE
Aluno23	7,83	7,26	7,85	7,8	7,18	7	6,97	8,8	6,9	9	ES
Aluno24	6,07	7,29	7,25	6,5	7,07	6,7	6,77	7,85	6	8,75	AI
Aluno25	6,1	6,62	6,95	8	6,66	5,8	6,95	8,6	6,25	8,25	ES
Aluno26	8,43	7,36	7,6	7,2	7,15	8,5	8,02	9,25	6,15	9	ES
Aluno27	7,77	7,48	7,55	7	6,54	9	6,87	8,5	5,9	7,5	ES
Aluno28	7,53	7,41	7,65	7	6,38	7,5	6,17	9	6,55	9,75	RD
Aluno29	8,6	8,42	8,95	8,7	8,47	9	8,17	9,55	7,35	9	RD
Aluno30	7,6	7,76	8,05	7,1	7,08	8,1	7,25	8,4	6,75	8,75	AI
Aluno31	6,5	6,71	7,35	7	7,02	6,6	6,38	8,4	6,4	8,25	ES
Aluno32	7,83	8,14	8,75	8,9	7,97	6,6	8,42	7,85	9,25	7,75	AI
Aluno33	6,57	6,78	7,5	6,5	5,93	6	5,65	7,5	5,65	7	ES
Aluno34	8,33	8,65	8,4	10	8,87	9,3	8,33	9,55	7,2	9,75	AI
Aluno35	5,77	6,73	6,1	6,2	6,81	8,3	7,22	6,85	6,25	8,75	AI
Aluno36	7,67	7,18	7,75	6,9	7,07	7,3	7,53	8,9	6	9	ES
Aluno37	6,93	7,82	7,6	8	6,24	9	7,28	8,65	6,9	9,75	AI
Aluno38	6,77	7,58	7,65	8,4	7	7,5	8,08	8,4	7,5	9,25	AI
Aluno39	8,1	7,04	6,85	6,5	6,32	7,5	6,92	8,8	7,05	7	ES
Aluno40	7,37	7,42	8,5	9	7,36	8,8	8	9,35	7,3	9,75	AI
Aluno41	6,5	6,74	7,7	6	6,06	5,5	7,35	7,4	5,25	9,75	ES
Aluno42	7,67	8,03	7,45	7,5	7,38	8,8	8,15	7,35	7,75	9,75	AI
Aluno43	6,5	7,26	7,4	6,7	6,84	7,5	7,33	8,05	6,85	7,5	AI
Aluno44	6,83	6,97	8,5	6	6	6,1	6,83	7,35	7,15	7,5	AI
Aluno45	7	7,12	7,05	9,3	7,27	7	6,77	7,5	6,9	9,5	AI
Aluno46	7,07	7,76	7,35	7	6,58	6	6,67	8,1	6,6	9,75	AI
Aluno47	7,5	8,15	7,5	8,1	7,74	8,1	7,17	8,9	8,15	8,75	AI
Aluno48	7,83	6,61	7,25	6,3	5,85	7,5	7,05	7,8	5,55	7,15	ES
Aluno49	6,6	7,12	7,85	7	5,91	6	6,35	7,9	6	8,55	ES
Aluno50	7,73	7,94	7,9	8,5	7,84	7,8	7,88	9,75	6,15	7,5	AI
Aluno51	6,33	6,4	6,35	8	6,91	6	6,35	8	7,25	9	ES
Aluno52	8,17	7,41	7,1	8,3	7,47	9,5	6,78	8,4	7	9,5	AI

A Figura 21 mostra que a maior parte dos discentes, 77% escolheram uma área de pesquisa que não foi indicada pelo sistema, este resultado indica que há outros fatores que influenciam nesta escolha. Observando este resultado, o principal objetivo é analisar o reflexo que estas escolhas têm sobre a nota real obtida na defesa do trabalho de conclusão de curso.

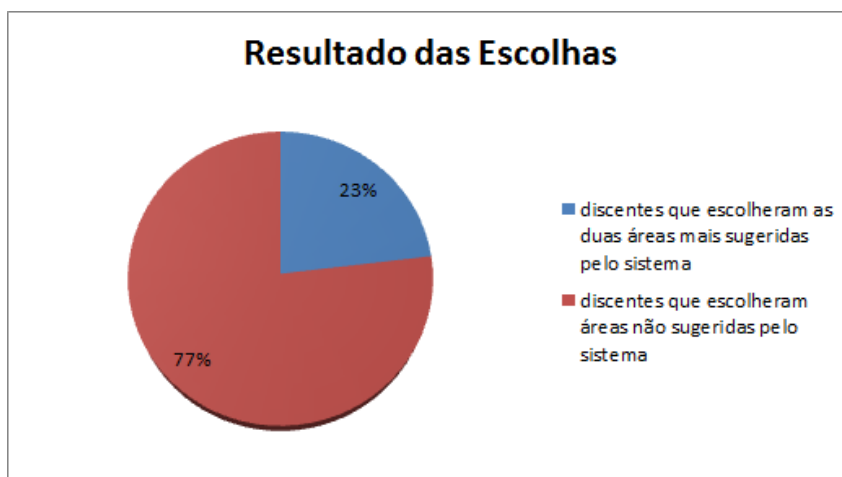


Figura 21 – Gráfico para comparação da porcentagem dos alunos que escolheram áreas indicadas pelo sistema e dos que não escolheram

As indicações do sistema serão apresentadas em gráficos, nos quais a nota do discente obtida no TCC realizado foi convertida em um valor percentual, como pode ser visto, por exemplo, a nota do *Aluno3*, apresentado na Figura 20, convertida de 9,75 para 97,50%. O objetivo foi de normalizar os valores para tornar a comparação dos resultados visualmente mais adequadas aos objetivos deste trabalho de conclusão de curso.

A seguir serão apresentadas as análises realizadas diante de vários pontos, como por exemplo, casos em que o discente tenha escolhido a primeira ou segunda área mais sugerida pelo sistema proposto, assim como, casos em que a escolha por áreas não sugeridas.

5.1 Escolha da Área mais Sugerida pelo Sistema

Nesta seção são apresentados os casos em que a área mais indicada pelo sistema foi a escolhida pelo discente. Nos gráficos das figuras 20, 22, 24, 25, 26, 27 e 28 o aproveitamento no trabalho de conclusão foi sempre maior que 90% e nos outros dois gráficos, apresentados na Figura 23 e 29 o aproveitamento obtido foi de 89,5% e 87,5%, respectivamente, demonstrando que os trabalhos que seguiram as mesmas áreas das indicações obtiveram aproveitamento considerado ótimo.

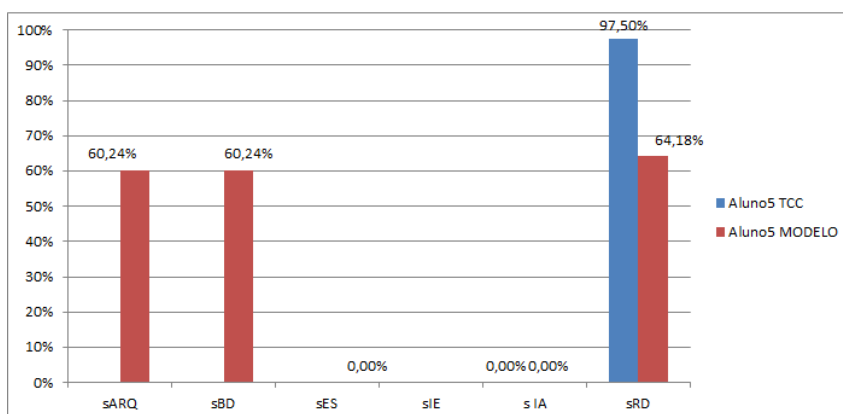


Figura 22 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno5

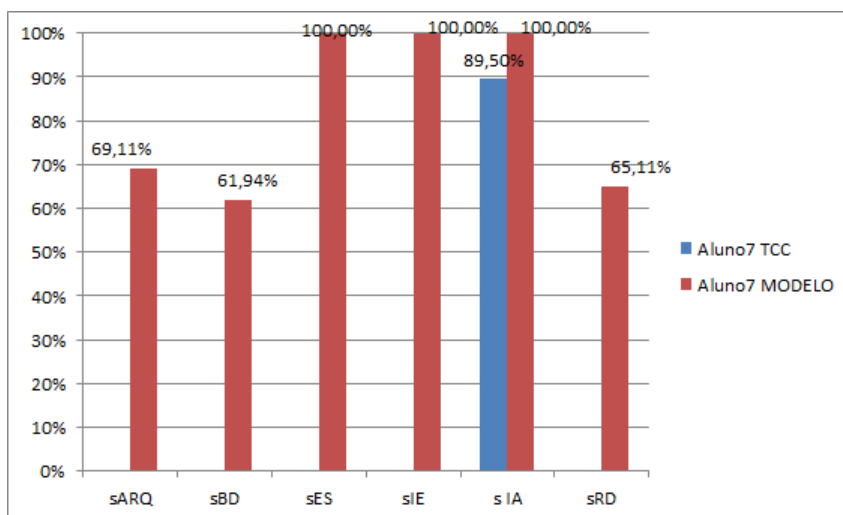


Figura 23 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno7

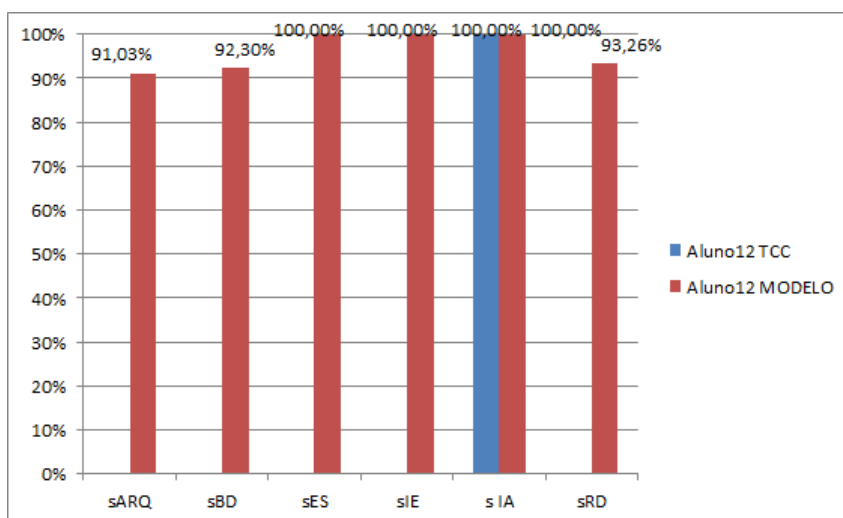


Figura 24 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno12

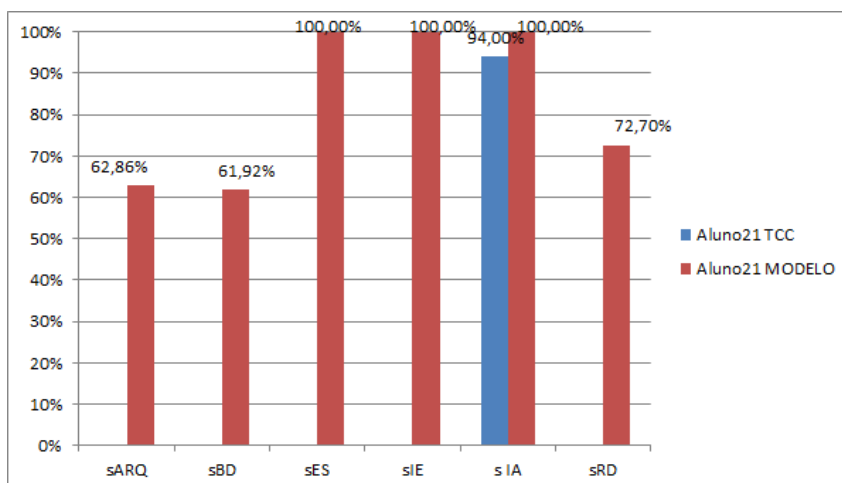


Figura 25 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno21

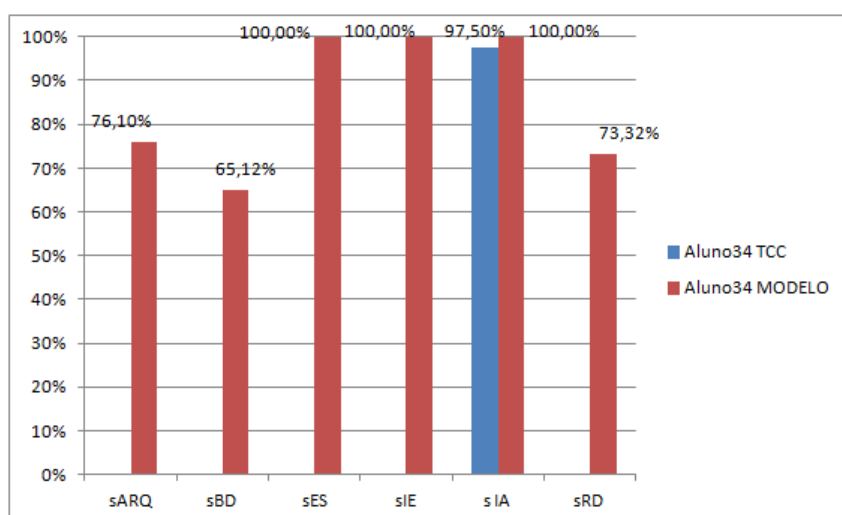


Figura 26 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno34

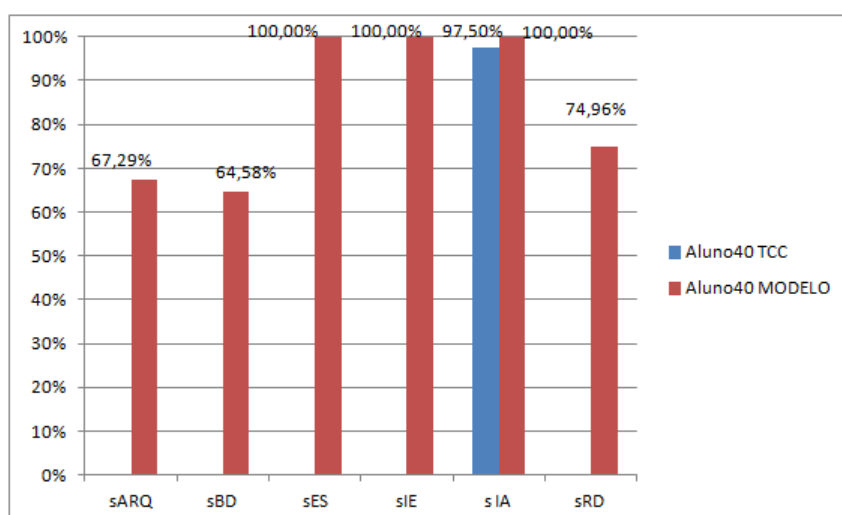


Figura 27 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno40

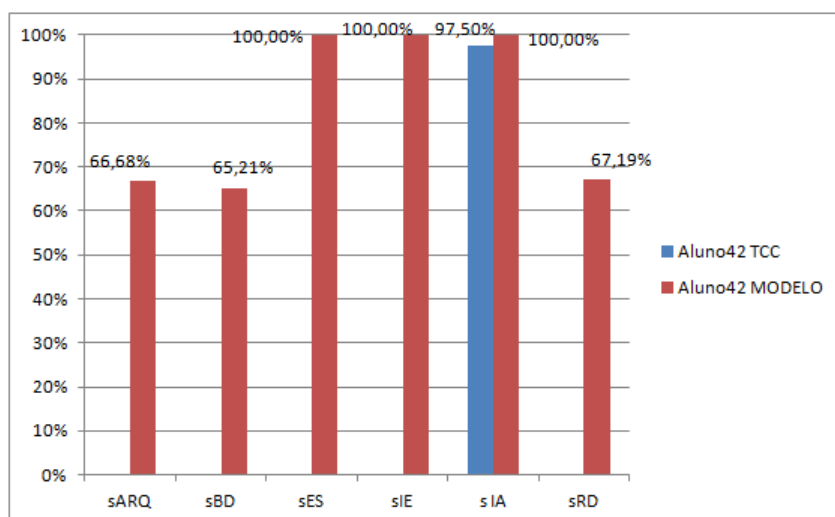


Figura 28 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno42

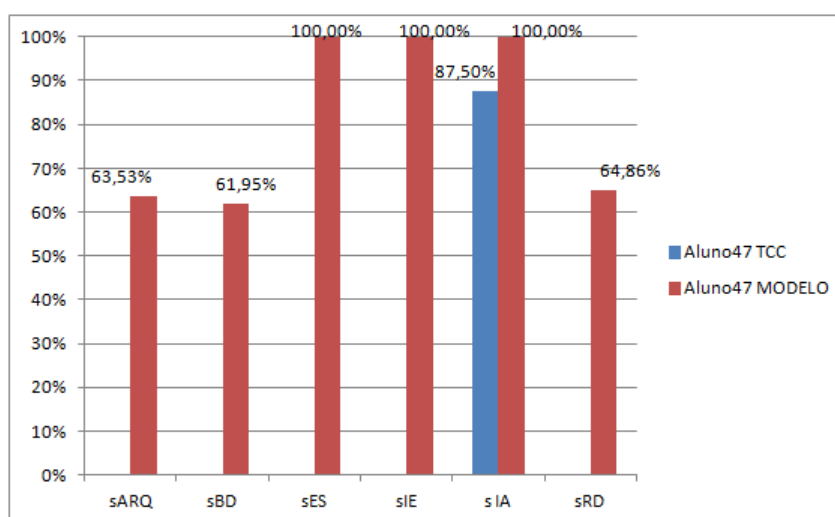


Figura 29 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno47

5.2 Escolha pela Segunda Área mais Sugerida pelo Sistema

Para o *Aluno13*, apresentado na Figura 30, o sistema fez indicações em todas as áreas de pesquisa, sendo três delas, Engenharia de Software, Informática Educativa e Inteligência Artificial, com 100% de indicação. A área escolhida teve indicação de 86,2%, e a avaliação do TCC foi em percentual 97,5%.

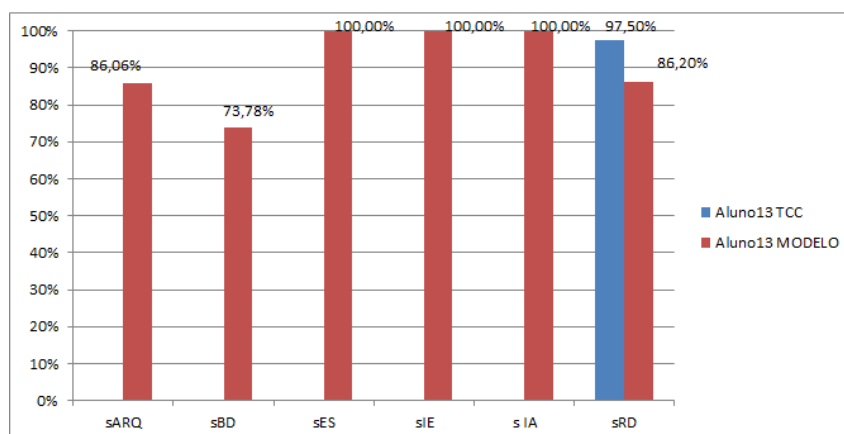


Figura 30 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno13

O *Aluno28* (Figura 31) foi indicado com maior valor, 100%, para a área Informática Educativa, e sua área de escolha na qual obteve aproveitamento de 97,5%, seguindo a ordem decrescente de valores recebidos, foi a segunda mais sugerida pelo sistema.

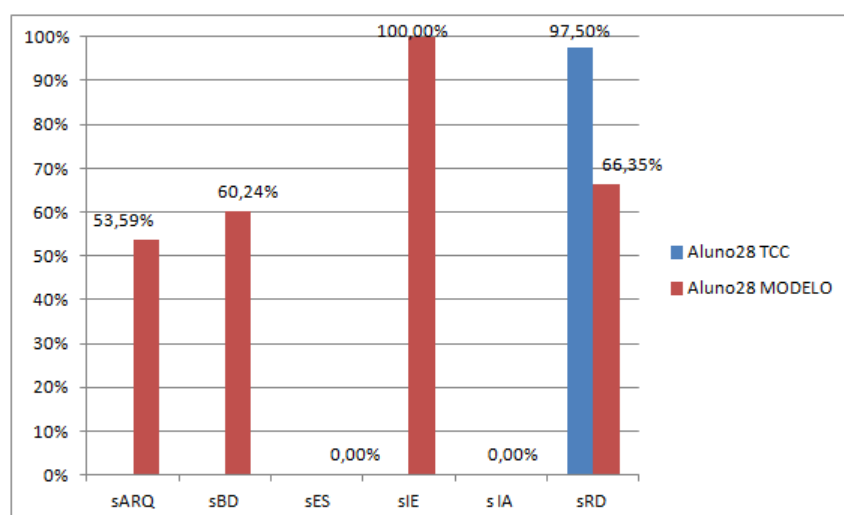


Figura 31 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno28

Na Figura 32 está representado os valores do *Aluno29*, que foram de 100% de indicação para as áreas: Engenharia de Software, Informática Educativa e Inteligência Artificial, porém foi realizado um TCC na área Redes que o sistema indicou como 80,29% com aproveitamento de 90%.

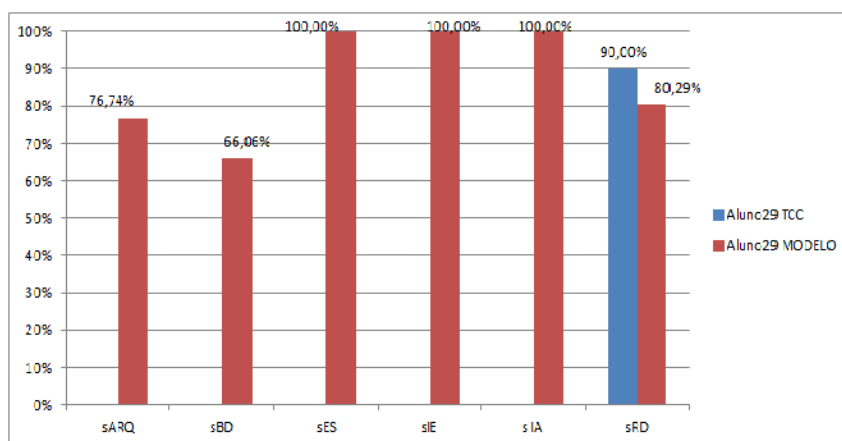


Figura 32 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno29

5.3 Escolha por Área não Sugerida pelo Sistema

Nesta seção é apresentado o comportamento do sistema diante de casos em que o discente realizou a escolha de uma área de pesquisa não indicada pelo sistema.

5.3.1 Média no TCC menor que 7.0

Em um dos casos, apresentado na Figura 33, o discente obteve média no TCC menor que 7.0, seu aproveitamento foi de 5.0, se considerarmos os conjuntos definidos para as entradas, *Ótimo*, *Bom* e *Satisfatório*, este estaria enquadrado no último conjunto citado. O sistema indicou uma outra área para este discente e, para a escolhida, o resultado foi de que não estaria apto.

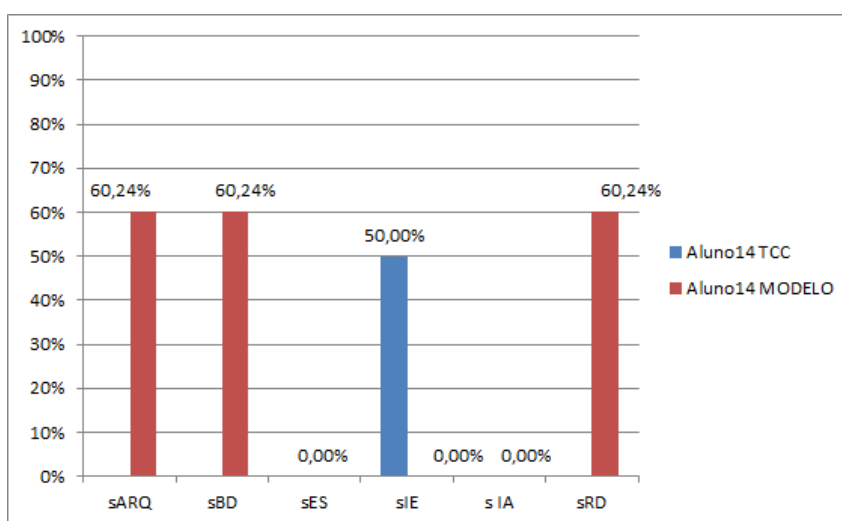


Figura 33 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno14

5.3.2 Média no TCC entre 7.0 e 7.9

Para o discente *Aluno8* (Figura 34) as áreas mais indicadas pelo sistema foram Arquitetura e Banco de Dados com 60,24%, e o TCC na área escolhida, sem indicação do sistema, foi com valor de 72,5%.

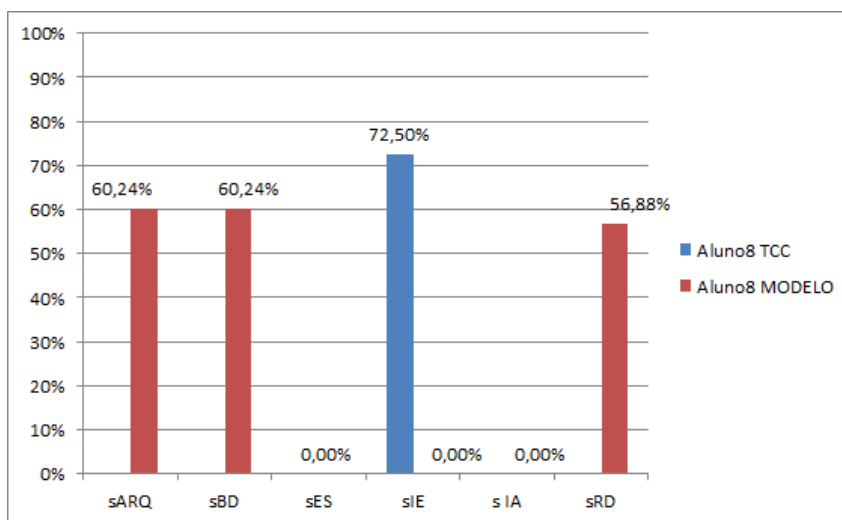


Figura 34 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno8

Para o discente apresentado na Figura 35, o sistema indicou a área de Informática Educativa com valor 100%, porém uma área sem indicação do sistema foi escolhida e a nota no TCC foi de 75.0%.

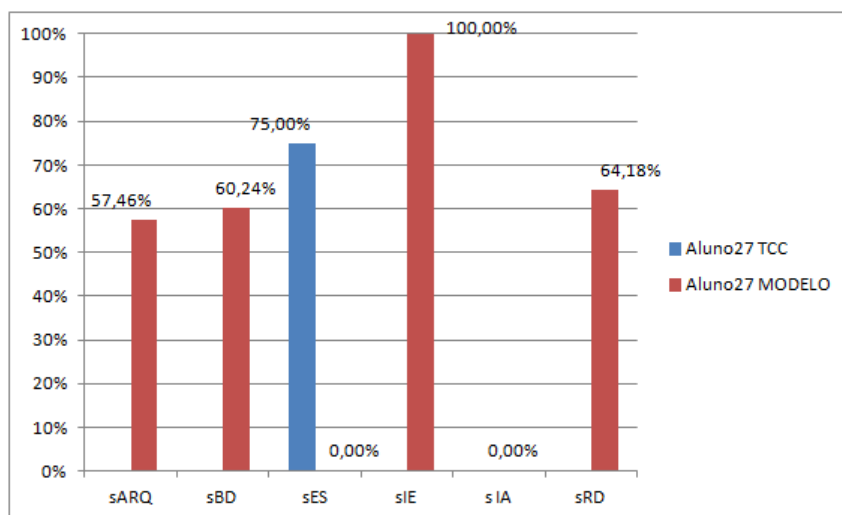


Figura 35 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno27

Na Figura 36, as indicações de maior aptidão definidas pelo sistema foram para Redes e Arquitetura, 75,45% e 73,32%, respectivamente, e o aproveitamento do discente para a área escolhida foi de 77,50% para Inteligência Artificial.

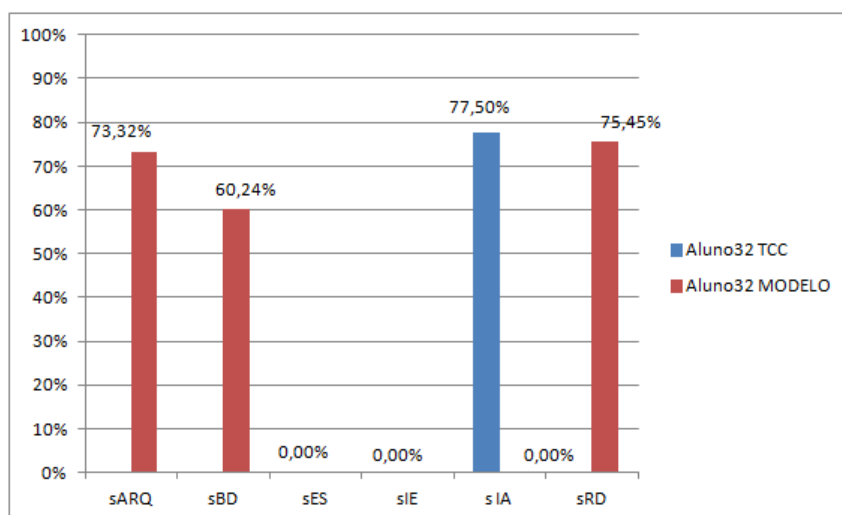


Figura 36 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno32

Na Figura 37 o aproveitamento no TCC do discente foi de 70%, e a indicação maior do sistema foi de 100% para Inteligência Educativa.

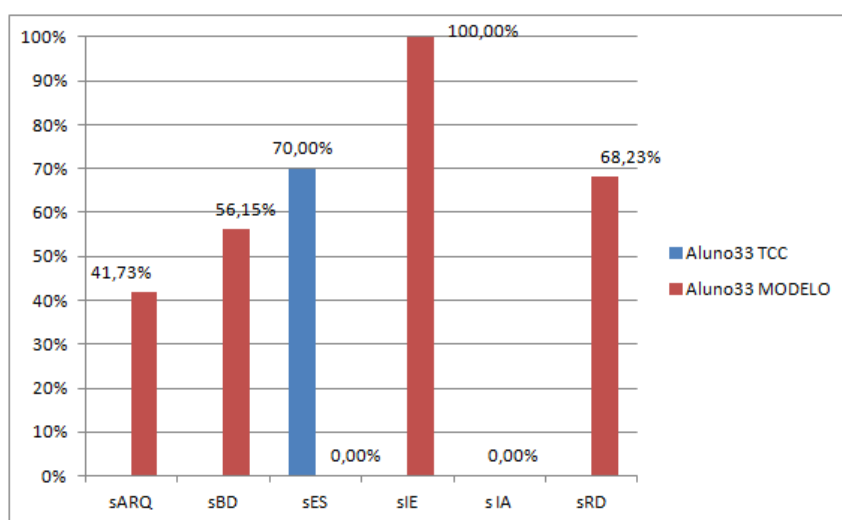


Figura 37 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno33

A maior indicação do sistema para o discente (Figura 38), foi com valor de 60,24% para Banco de Dados e Arquitetura, sendo o TCC realizado em outra área com aproveitamento de 70%.

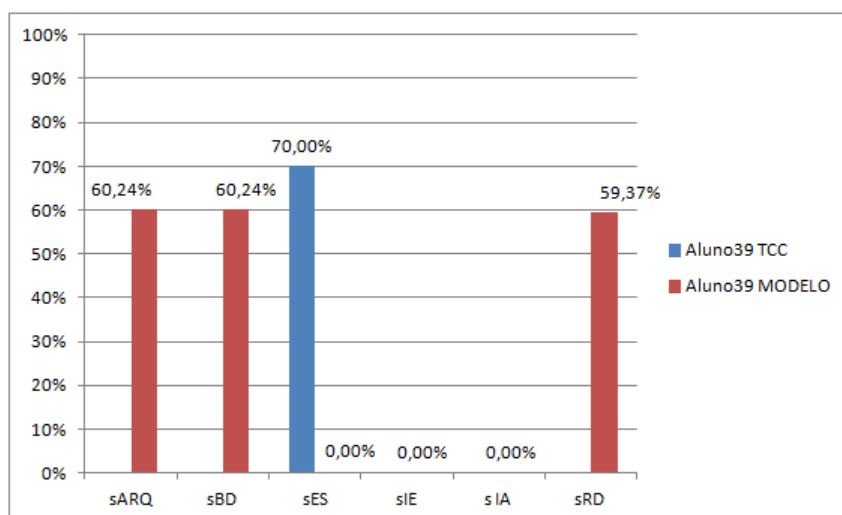


Figura 38 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno39

Na Figura 39, a área mais indicada foi Redes, 63,03%, e a escolhida foi Inteligência Artificial, com aproveitamento de 75%.

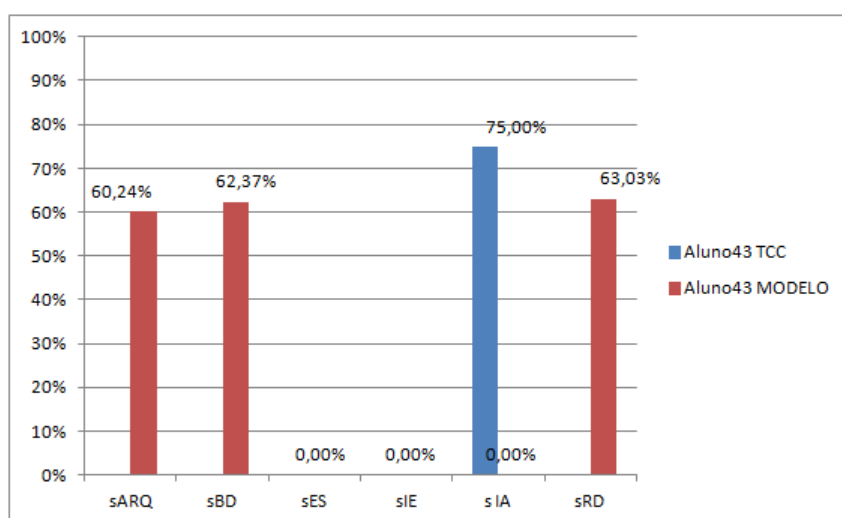


Figura 39 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno43

Na Figura 40, a maior indicação foi para Redes, 73,32%, e o aproveitamento para Inteligência Artificial, área sem indicação pelo sistema, foi de 75%.

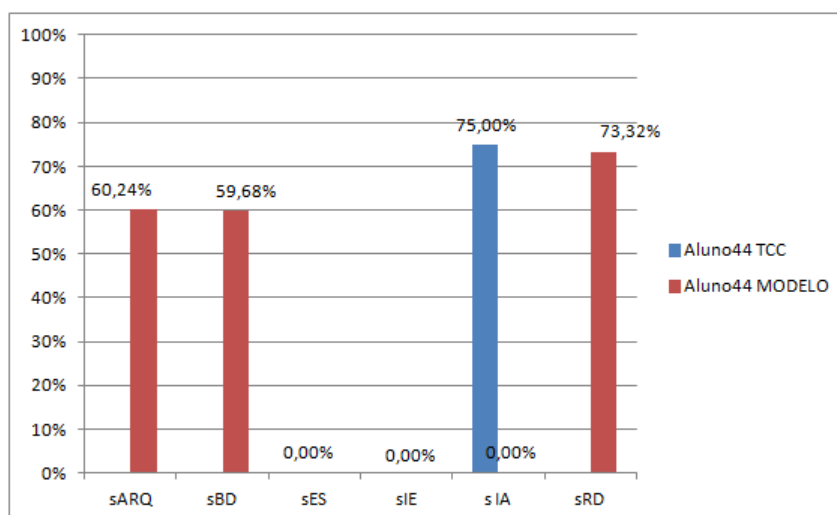


Figura 40 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno44

Para o discente *Aluno48* (Figura 41), o sistema sugeriu Redes e escolhendo uma área a qual o sistema não realizou indicação, Engenharia de Software, obteve aproveitamento de 71,5%.

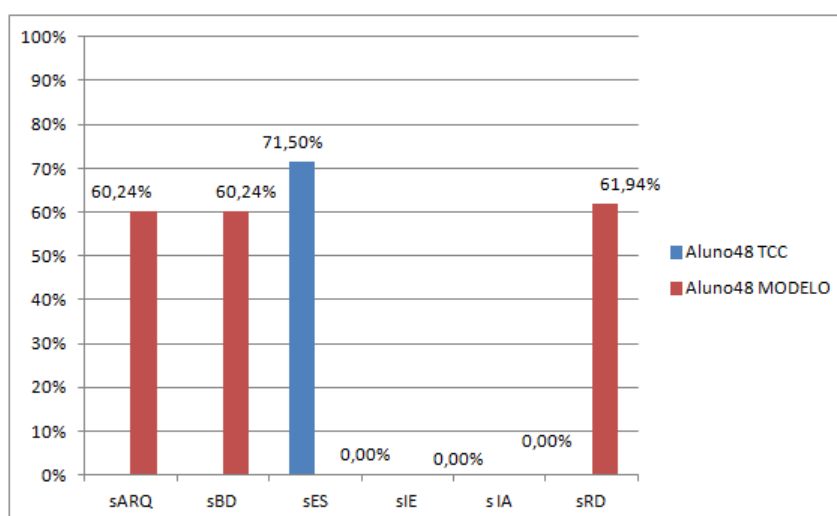


Figura 41 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno48

Na Figura 42 apresenta a escolha pela área Inteligência Artificial pelo discente, que obteve aproveitamento de 75% no TCC, sendo que o sistema sugeriu as áreas Arquitetura com 67,9%, Redes com 67,14% e Banco de Dados com 60,24%.

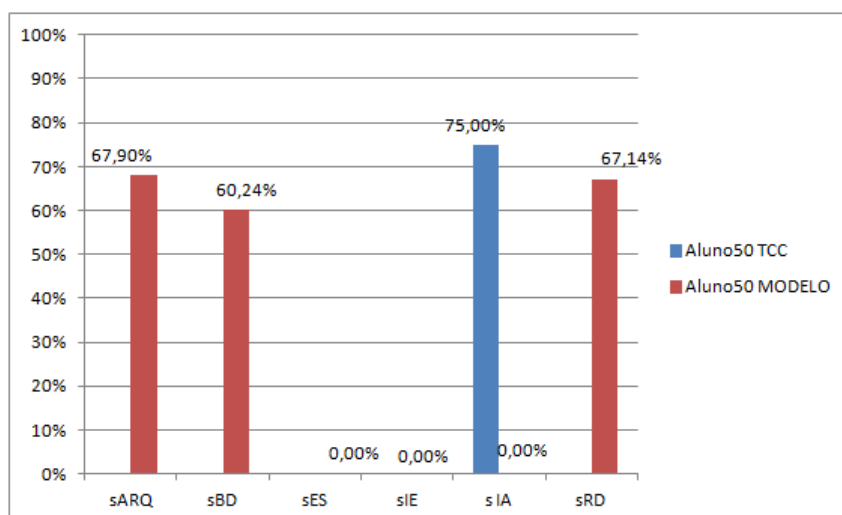


Figura 42 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno50

5.3.3 Média no TCC entre 8.0 e 8.9

Em um total de 12 casos que o sistema não indicou a área de pesquisa que o discente escolheu foram obtidos aproveitamento no TCC de 80% a 89,5%.

O discente *Aluno6*, *Aluno24* e *Aluno35*, apresentados nas Figuras 43, 44 e 45, que obtiveram maiores indicações para Redes e Arquitetura, ambos com valores de 60,24%, entretanto escolheram Inteligência Artificial.

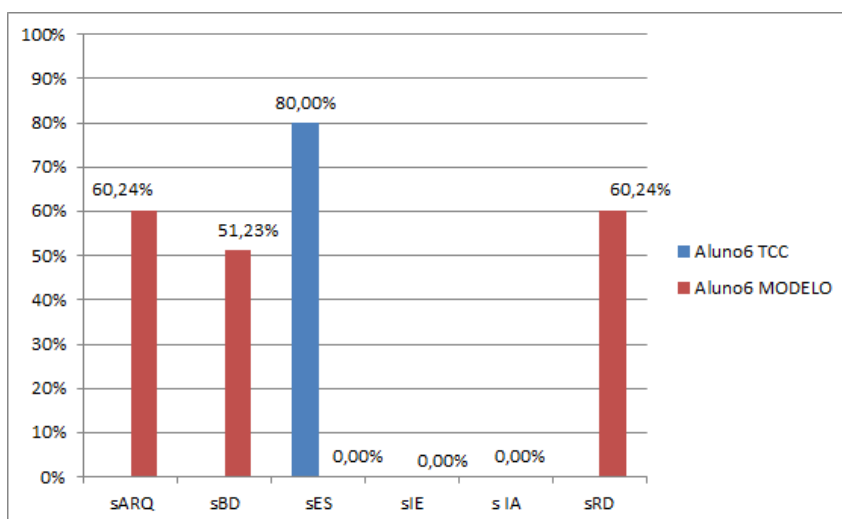


Figura 43 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno6

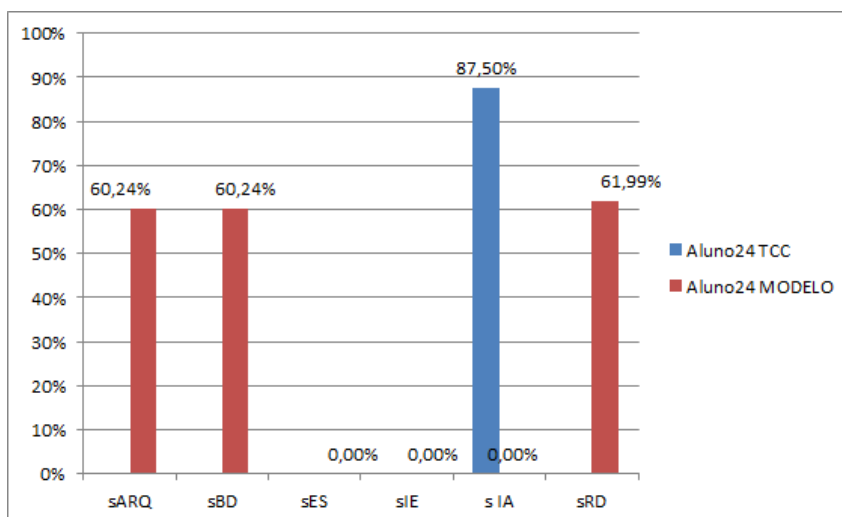


Figura 44 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno24

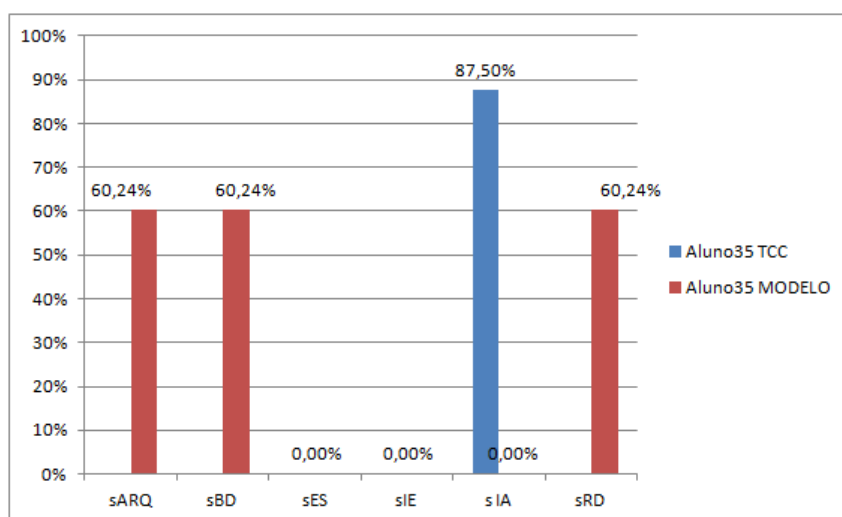


Figura 45 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno35

O discente *Aluno30* (Figura 46), que obteve um valor mais alto de indicação para Redes com 68,54% e seguiu, também, Inteligência Artificial, obteve o rendimento de 87,5%.

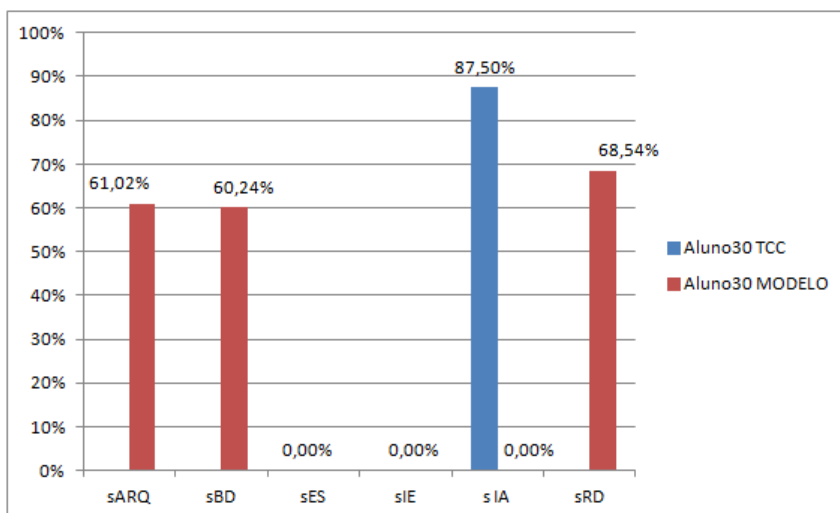


Figura 46 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno30

Os discentes *Aluno9* e *Aluno25* e *Aluno49*, apresentados nas Figuras 47, 48 e 49, indicados para Inteligência Educativa com valor 100% e escolheram Engenharia de Software. O discente *Aluno10* (Figura 50), com também 100% de indicação para Inteligência Educativa e escolheu Inteligência Artificial.

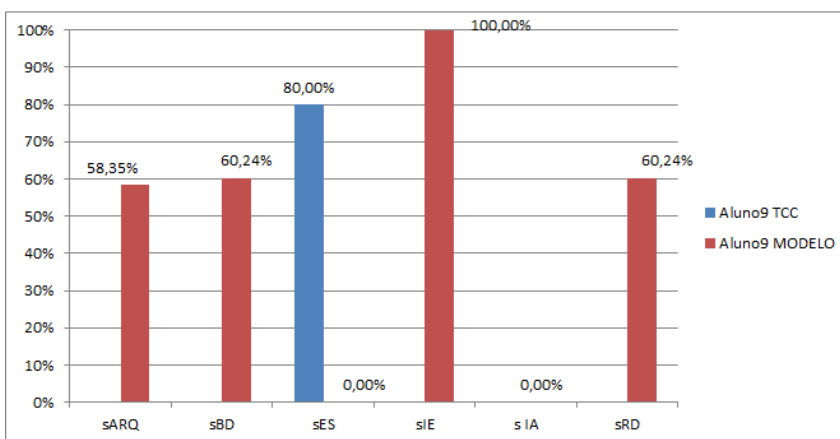


Figura 47 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno9

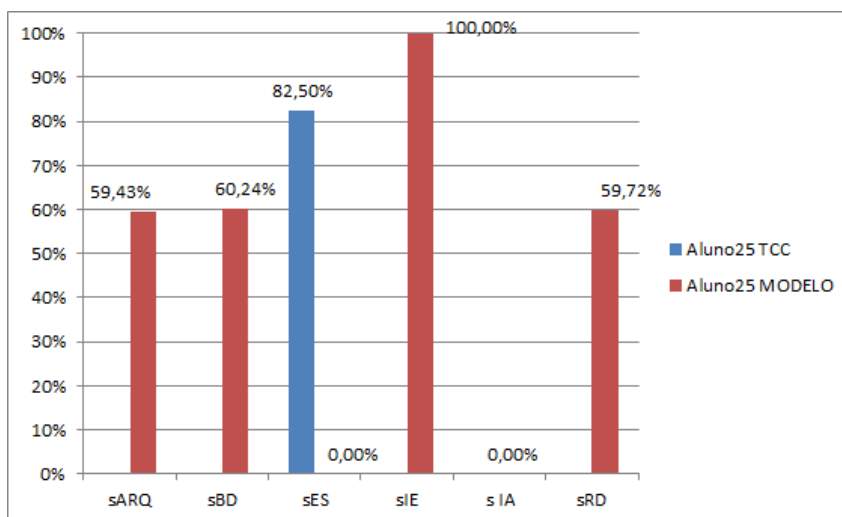


Figura 48 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno25

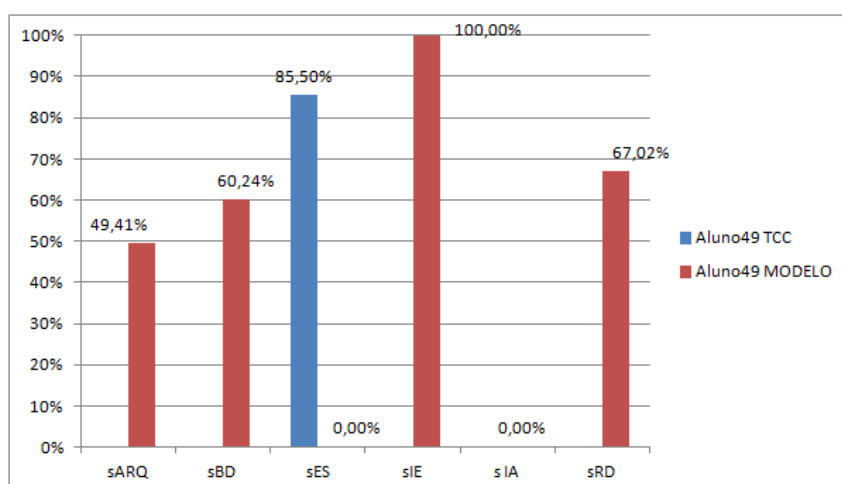


Figura 49 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno49

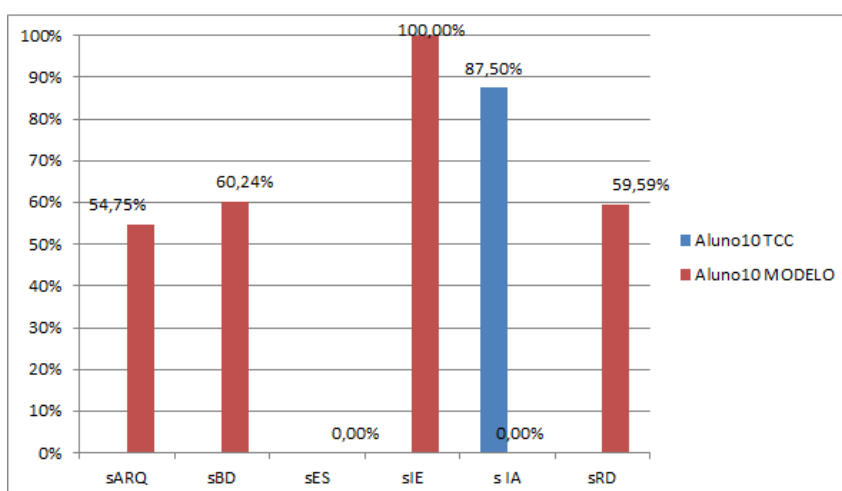


Figura 50 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno10

Os discentes *Aluno15* e *Aluno31* (Figuras 51 e 52), que obtiveram maior indicação para Redes, 66,25% e 63,28%, e seguiram Engenharia de Software.

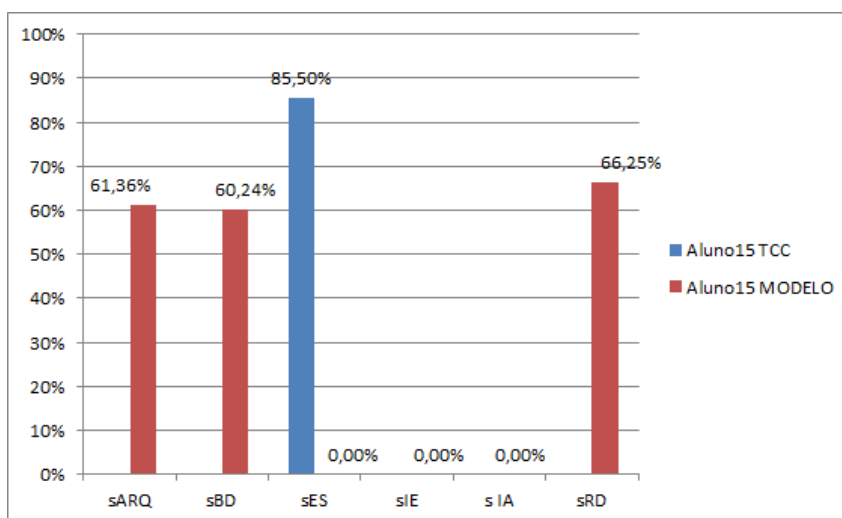


Figura 51 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno15

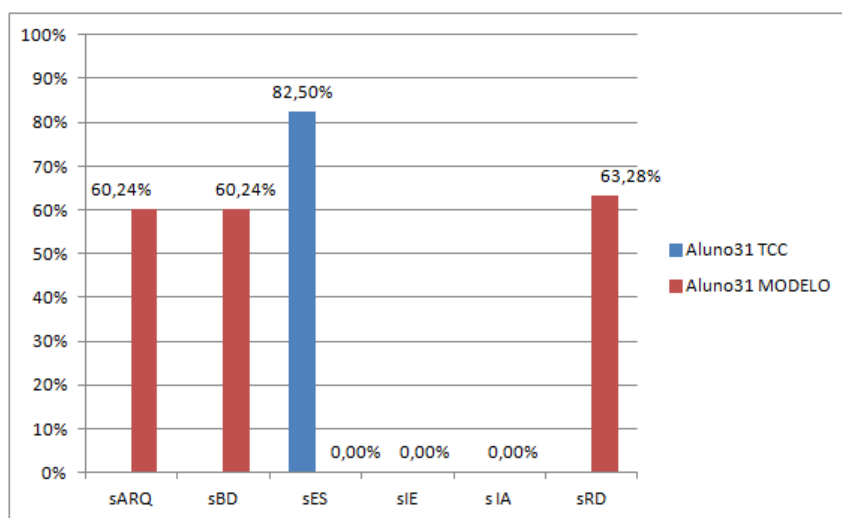


Figura 52 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno31

Os discente *Aluno17* e *Aluno22* (Figuras 53 e 54), que as maiores indicações foram para Arquitetura e escolheram Inteligência Artificial.

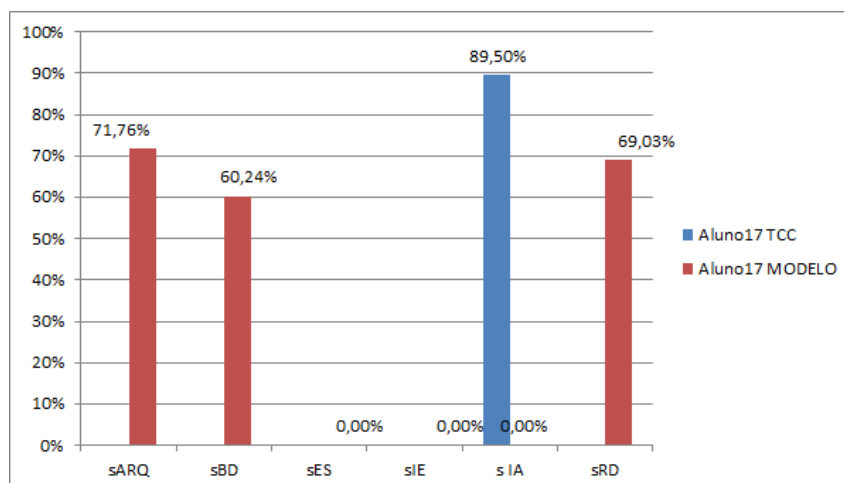


Figura 53 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno17

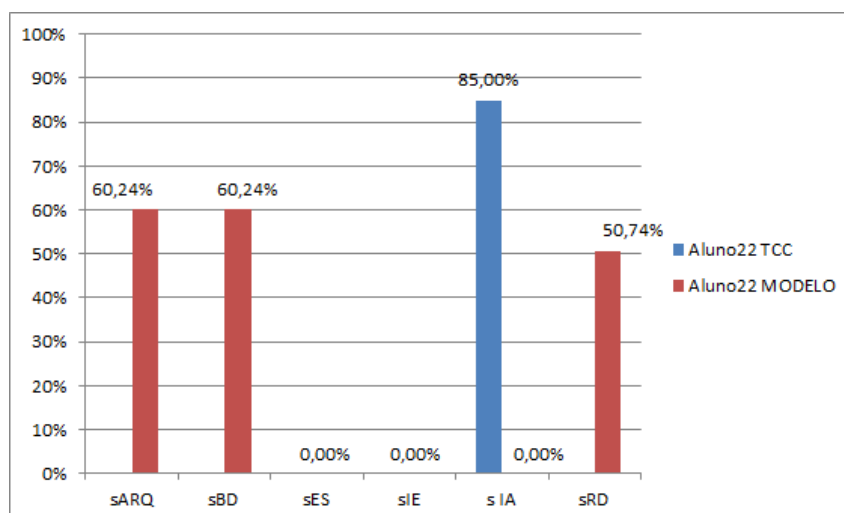


Figura 54 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno22

5.3.4 Média no TCC entre 9.0 a 10

Em 18 dos casos os discentes escolheram áreas que o sistema indicou como “não apto”, mas foram obtidas notas no TCC acima de 9. Estes casos estão representados nas Figuras 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71 e 72 que seguem.

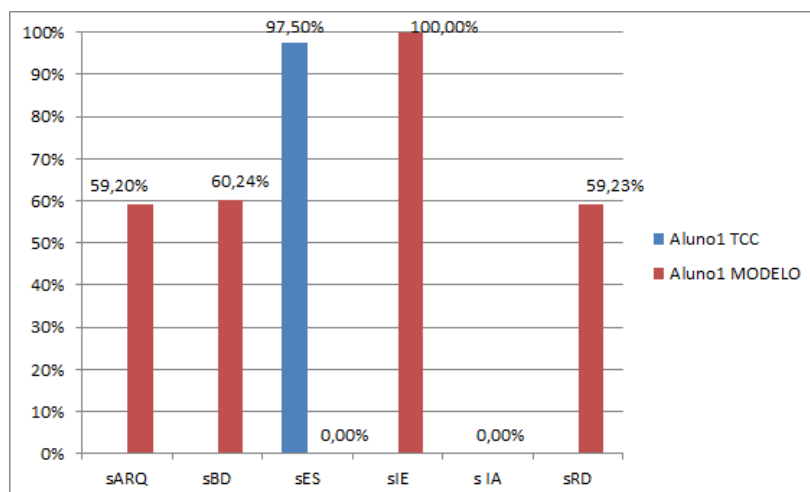


Figura 55 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno1

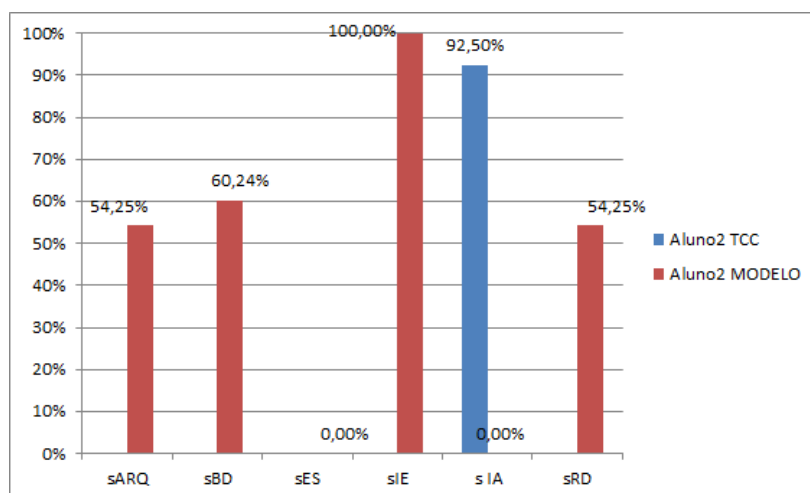


Figura 56 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno2

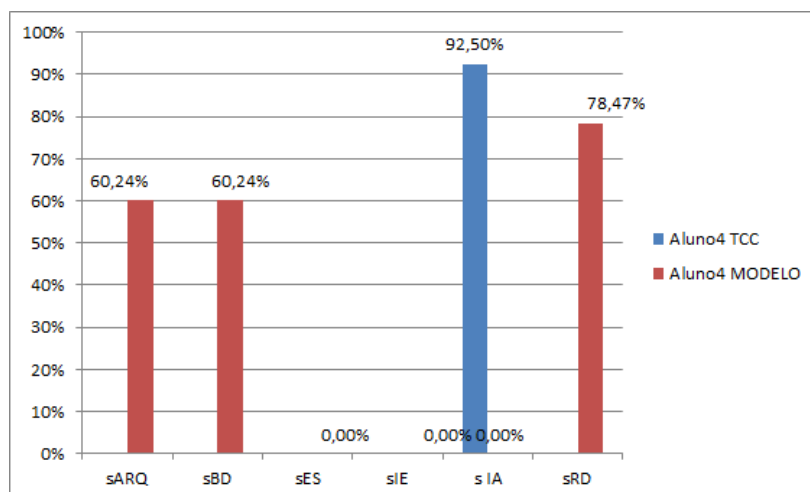


Figura 57 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno4

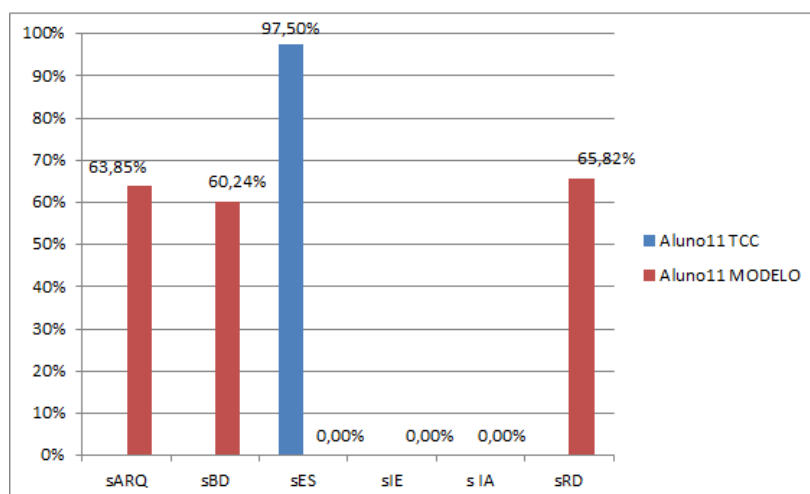


Figura 58 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno11

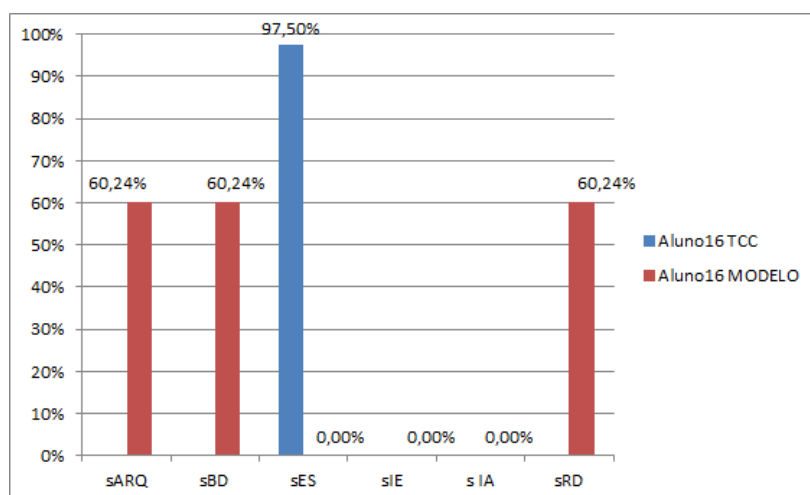


Figura 59 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno16

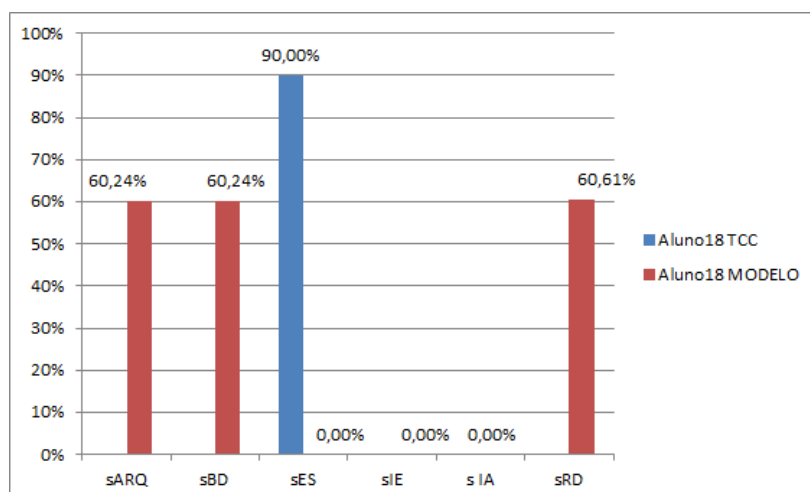


Figura 60 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno18

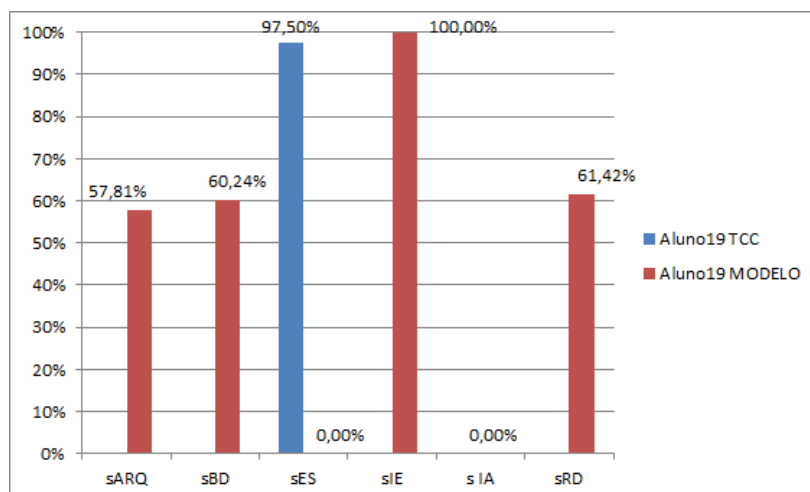


Figura 61 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno19

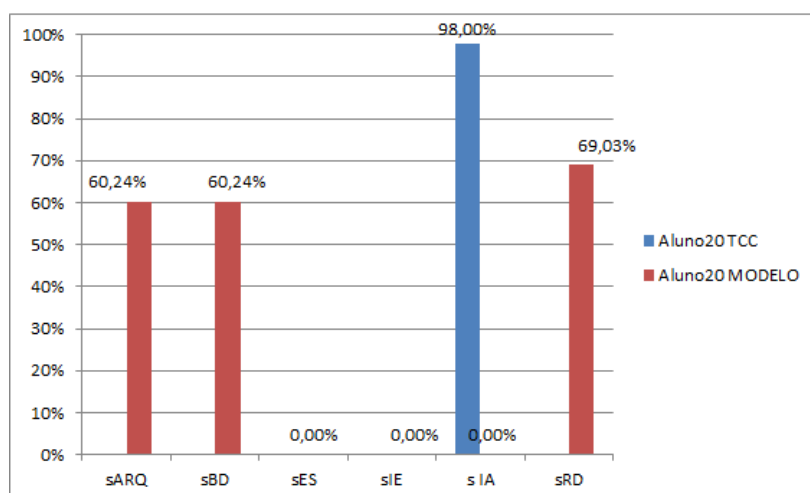


Figura 62 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno20

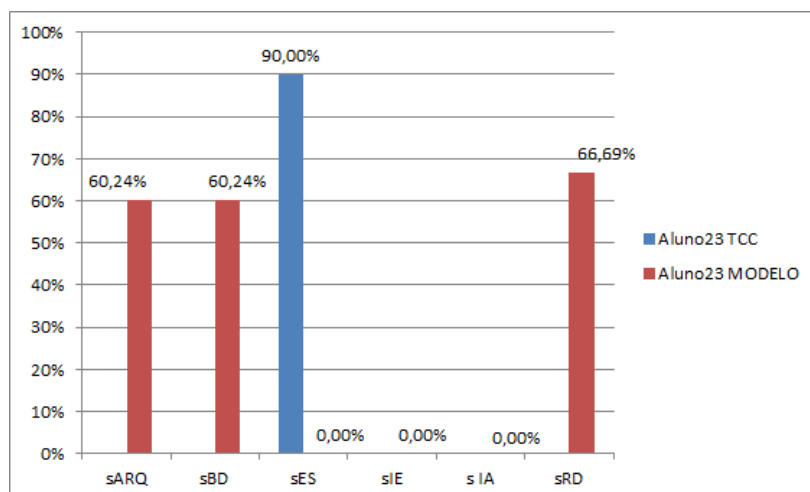


Figura 63 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno23

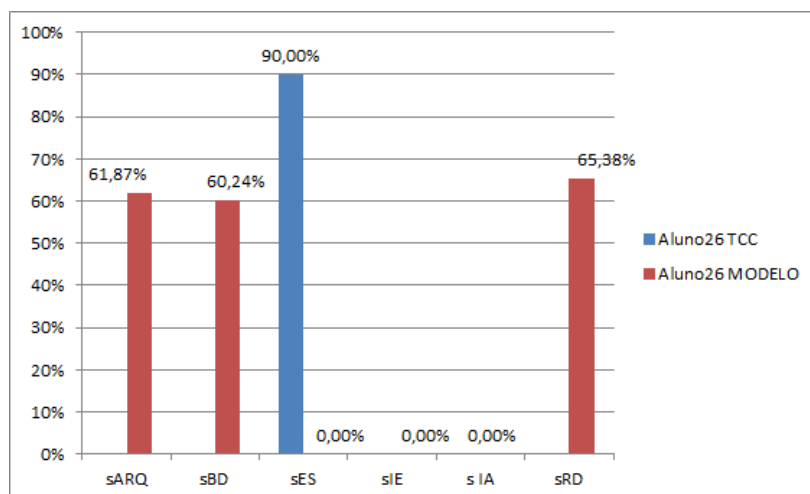


Figura 64 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno26

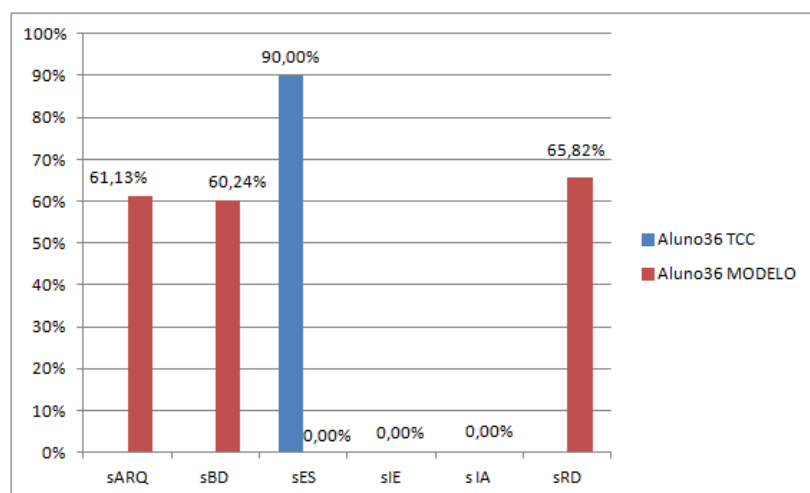


Figura 65 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno36

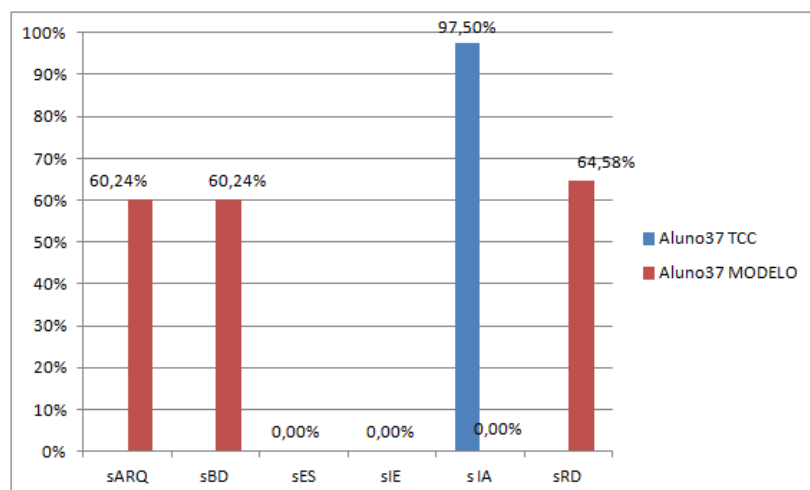


Figura 66 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno37

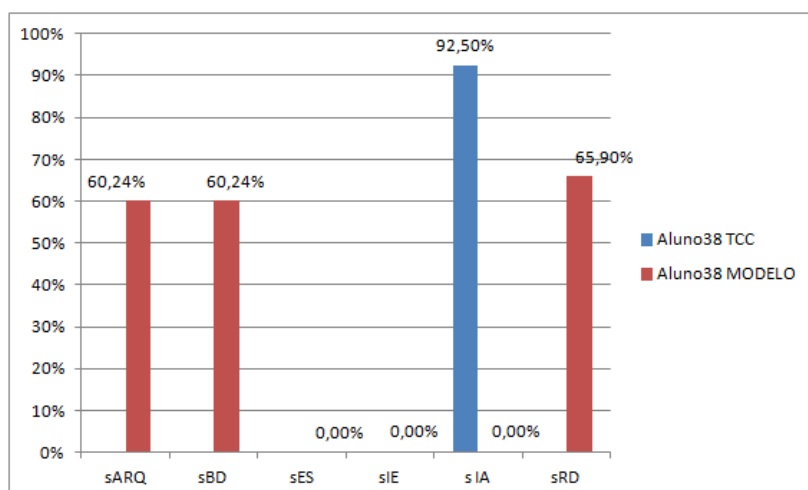


Figura 67 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno38

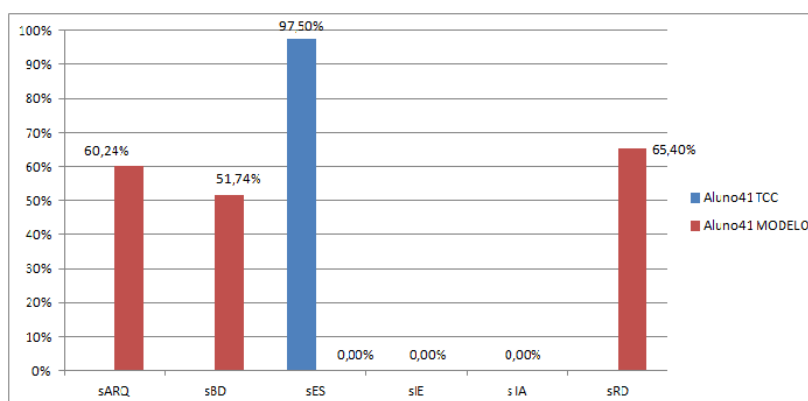


Figura 68 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno41

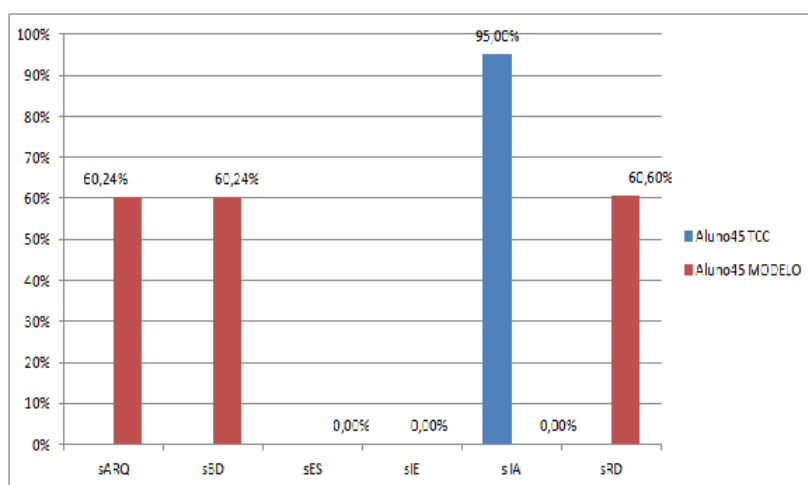


Figura 69 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno45

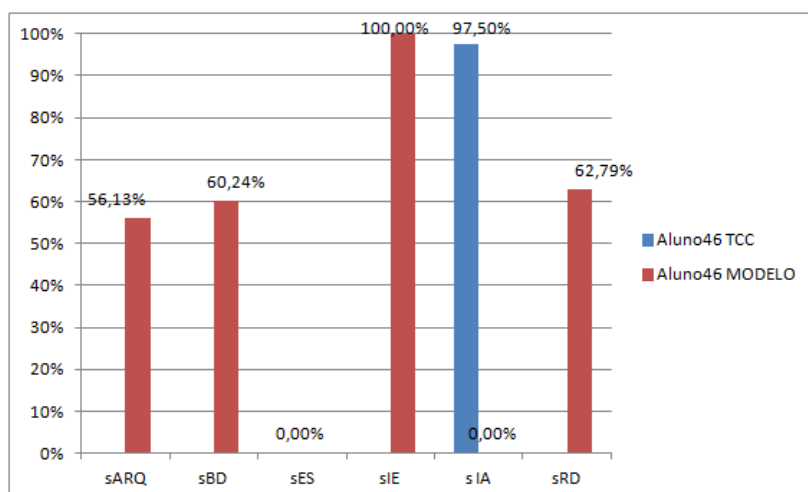


Figura 70 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno46

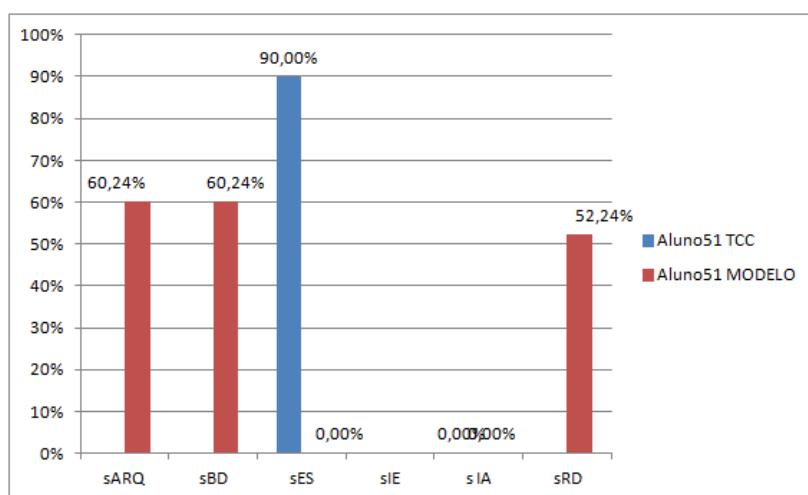


Figura 71 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno51

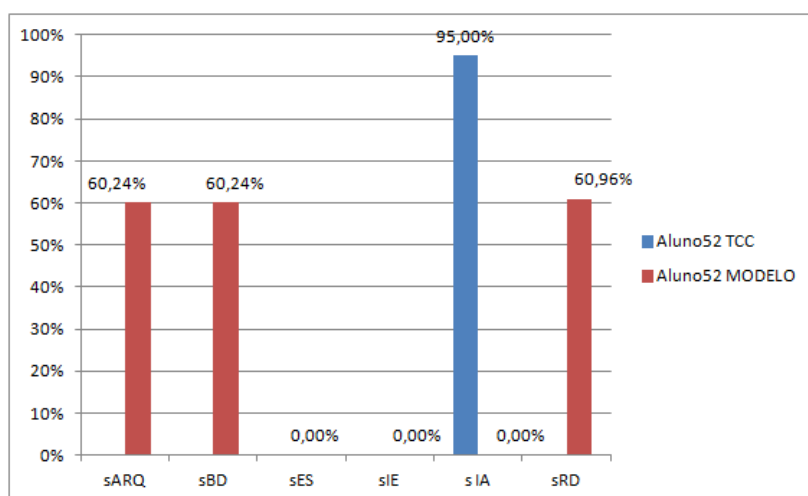


Figura 72 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno52

6 CONCLUSÃO

Um fator importante para o desempenho do modelo proposto está relacionado à base de conhecimento, tendo grande importância para o funcionamento do sistema, e seu refinamento sucessivo pode aumentar, de forma significativa, a inteligência geral do sistema, como também a abrangência de novas áreas de pesquisa.

Na Figura 73 é possível ver que nos resultados gerados existe a relação entre a indicação da área de pesquisa e os graus de aproveitamento nos trabalhos de conclusão. Os alunos que escolheram áreas que coincidem com as mais indicadas pelo sistema obtiveram desempenho melhor na avaliação de seus trabalhos.

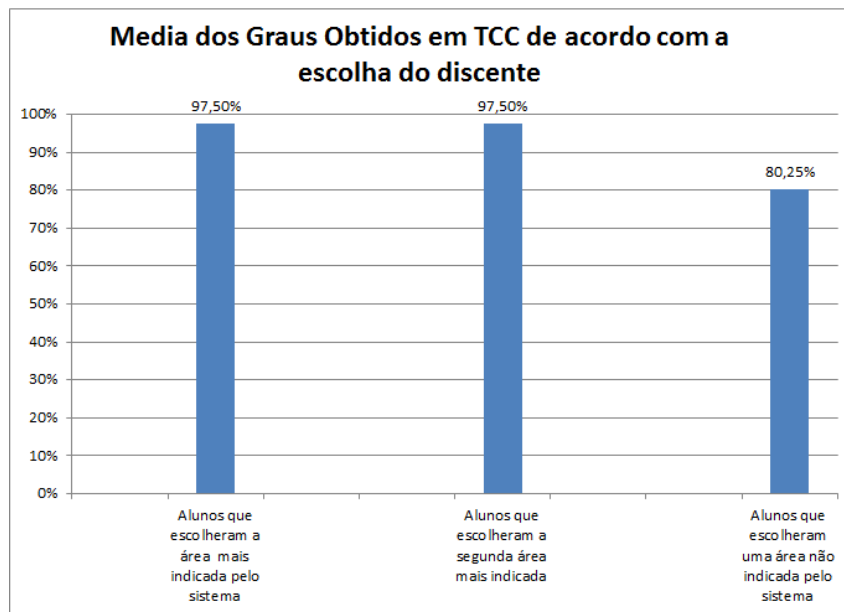


Figura 73 – Gráfico com indicação de áreas para o Aluno52

Observando os casos analisados no capítulo anterior, podemos observar que existem discentes que optam por áreas de pesquisa nas quais suas médias, de acordo com seu histórico escolar, não apresentam rendimento ideal, entretanto, o desempenho obtido no trabalho de conclusão tem alcançado valores elevados. Contudo, estes resultados não podem ser tratados de forma generalizada. Por outro lado, estes casos podem gerar subsídios para o surgimento de novas pesquisas referentes à esta temática, através da investigação de demais variáveis que possam influenciar o processo de decisão do discente.

O modelo *fuzzy* proposto neste trabalho de conclusão de curso para o apoio à tomada de decisão sobre áreas de pesquisa contou com o apoio de diversos especialistas de

cada área específica considerada, o que tornou o sistema apto a sugerir áreas de pesquisa. Por outro lado, a partir de dados de discentes egressos, foram comparadas e validadas de acordo com a sugestão do sistema *fuzzy* desenvolvido, o que permitiu a conclusão do objetivo principal deste trabalho. É também importante notar que, as áreas de pesquisas utilizadas neste trabalho, assim como a base de conhecimento, são peças de suma importância ao funcionamento do sistema e o modelo está apto à possíveis refinamentos. De acordo com os resultados comparativos, tanto qualitativos quanto quantitativos apresentados, podemos concluir a efetividade do modelo de inferência *fuzzy* proposto, uma vez evidenciado que médias obtidas em disciplinas relevantes são de suma importância ao aproveitamento final obtido em um trabalho de conclusão de curso.

Referências

- ARRUDA D. M., C. C. A. N. P. R. M. F. C. A. O. L. R. G. Tutorial toolbox fuzzy - matlab. *Universidade Federal do Rio de Janeiro*, 2008. Seminários de Lógica Fuzzy, 2008. Citado na página 29.
- COX, E. The fuzzy systems handbook. *AP Professional*, 1998. San Diego, 2nd edition, 1998. Citado na página 18.
- FARIAS A. M. G.; LOPES, D. C. C. A. F. M. R. V. Sistema fuzzy no combate a violência doméstica. 2011. 10th Brazilian Congress on Computational Intelligence, Fortaleza, Brazil, 2011. Citado na página 19.
- JAGER, R. Fuzzy logic in control. *Delft, the Netherlands*, 1998. Ph.D. Thesis. Delft University of Technology, 1998. Citado na página 18.
- KLIR G. J., Y. B. *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications*. [S.l.]: Prentice Hall, New Jersey, 1995. Citado na página 16.
- MAMDANI, E. Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant. *Proceedings of the IEEE (Control and Science)*, 1974. v. 121, p. 298–316, 1974. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 34.
- MATLAB. *version 7.10.0 (R2010a)*. Natick, Massachusetts: The MathWorks Inc., 2010. Citado na página 30.
- MENDEL, J. M. Fuzzy logic systems for engineering: A tutorial. *IEEE*, 1995. v. 83, p. 345–377, 1995. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 18.
- MIRANDA P., J. M. K. D. Sistema de controle difuso de mamdani. *Monografia Graduação em Análise de Sistemas*). *Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul*, 2003. 2003. Citado na página 16.
- REZENDE, S. O. *Sistemas Inteligentes - Fundamentos e Aplicações*. [S.l.]: Editora Manole Ltda. Barueri, SP, 2003. Citado 3 vezes nas páginas 7, 22 e 23.
- SAZONOV E. S. *Open source fuzzy inference engine for Java*. 2000. Acesso em: 20 abr. 2013. Disponível em: <<http://people.clarkson.edu/~esazonov/FuzzyEngine.htm>>. Citado na página 27.
- SIMOES M. G, S. I. S. *Controle e Modelagem Fuzzy*. [S.l.]: 2ª Edição, Blucher, 2007. Citado 3 vezes nas páginas 16, 17 e 24.
- TEODORO, F. H. Desenvolvimento de um sistema de inferência nebulosa para detecção e diagnóstico de falhas em transformadores de potência. *XIII Encuentro Regional Ibero Americano de Cigré*, 2009. 2009. Citado na página 22.
- UVALDO, M. C. C. Relação homem-trabalho: campo de estudo e atuação da orientação profissional. *A escolha profissional em questão. (pp. 215-237)*. São Paulo, SP: Casa do Psicólogo, 1995. A. M. B. Bock; Cols., (Orgs.), 1995. Citado na página 13.

ZADEH, L. A. Fuzzy sets. *Information and Control*, 1965. v. 8, p. 338–353, 1965. Citado 3 vezes nas páginas 17, 20 e 23.

ZADEH, L. A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. *Information Sciences*, 1975. v. 8, p. 199–249, 1975. Citado na página 18.

Anexos

ANEXO A – Formulários para Construção da Base de Conhecimento

Neste apêndice inserimos os devidos formulários preenchidos por especialistas das áreas de conhecimento pertinentes a este trabalho de conclusão de curso. O objetivo principal foi a construção da base de conhecimento necessária ao processo de tomada de decisão aqui proposto.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
DSI - Departamento de Sistemas de Informação

FORMULÁRIO PARA CONSTRUÇÃO DA BASE DE CONHECIMENTO

**Trabalho de Conclusão de Curso: Modelo de Sistema *Fuzzy* para o Apoio à
Tomada de Decisão em Ambientes Acadêmicos Dinâmicos**

Discente: Jessica da Silva Santos

Orientador: Prof. Msc. Alcides Xavier Benicasa

Nome do Especialista: EUGENIO ZUBENS CARDOSO BRAZ

Área do Conhecimento (favor selecionar apenas uma área por formulário):

Arquitetura de Computadores () Informática Educativa ()
Banco de Dados (X) Inteligência Artificial ()
Engenharia de Software () Redes ()

Observações sobre a definição do perfil do aluno

- A base de conhecimento a ser construída tem como objetivo a aquisição de conhecimentos de especialistas nas áreas citadas acima, necessários à definição de perfis de alunos Ideais (I), Aptos (A) e Fora da área (F), de acordo com suas respectivas médias em disciplinas correlatas da grade curricular.
- A tabela abaixo apresenta os grupos de disciplinas consideradas para a definição do perfil de discentes do curso de Ciências da Computação da Universidade Federal de Sergipe, definidos de acordo com a grade deste curso.
- Cada coluna representa um tipo de perfil e deverão ser atribuídos os valores: S (Satisfatório), B (Bom), ou O (Ótimo), em cada grupo de disciplina que o especialista julgar relevante para a área que estiver analisando.

Tabela de definição do perfil do aluno

Ideal	Apto	Fora da Área	
(S)	(B)	(S)	ENGENHARIA DE SOFTWARE
(O)	(B)	(S)	PROGRAMAÇÃO
()	()	()	REDES
(S)	()	(S)	INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL
(B)	()	(S)	EMBASAMENTO MATEMÁTICO
(O)	(B)	(S)	BANCO DE DADOS
()	()	()	ARQUITETURA DE COMPUTADORES
()	()	()	INFORMÁTICA EDUCATIVA
()	()	()	TEORIA DA COMPUTAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
DSI - Departamento de Sistemas de Informação

FORMULÁRIO PARA CONSTRUÇÃO DA BASE DE CONHECIMENTO

**Trabalho de Conclusão de Curso: Modelo de Sistema *Fuzzy* para o Apoio à
Tomada de Decisão em Ambientes Acadêmicos Dinâmicos**

Discente: Jessica da Silva Santos

Orientador: Prof. Msc. Alcides Xavier Benicasa

Nome do Especialista: ANDRES IGNACIO MARTINEZ MENENDEZ

Área do Conhecimento (favor selecionar apenas uma área por formulário):

Arquitetura de Computadores () Informática Educativa ()
Banco de Dados..... () Inteligência Artificial ()
Engenharia de Software (X) Redes ()

Observações sobre a definição do perfil do aluno

- A base de conhecimento a ser construída tem como objetivo a aquisição de conhecimentos de especialistas nas áreas citadas acima, necessários à definição de perfis de alunos Ideais (I), Aptos (A) e Fora da área (F), de acordo com suas respectivas médias em disciplinas correlatas da grade curricular.
- A tabela abaixo apresenta os grupos de disciplinas consideradas para a definição do perfil de discentes do curso de Ciências da Computação da Universidade Federal de Sergipe, definidos de acordo com a grade deste curso.
- Cada coluna representa um tipo de perfil e deverão ser atribuídos os valores: S (Satisfatório), B (Bom), ou O (Ótimo), em cada grupo de disciplina que o especialista julgar relevante para a área que estiver analisando.

Tabela de definição do perfil do aluno

Ideal	Apto	Fora da Área	
(O)	(O)	(B)	ENGENHARIA DE SOFTWARE
(O)	(B)	(B)	PROGRAMAÇÃO
(S)	(S)	(S)	REDES
(S)	(S)	(S)	INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL
(S)	(S)	(S)	EMBASAMENTO MATEMÁTICO
(O)	(B)	(B)	BANCO DE DADOS
(S)	(S)	(S)	ARQUITETURA DE COMPUTADORES
(S)	(S)	(S)	INFORMÁTICA EDUCATIVA
(S)	(S)	(S)	TEORIA DA COMPUTAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
DSI - Departamento de Sistemas de Informação

FORMULÁRIO PARA CONSTRUÇÃO DA BASE DE CONHECIMENTO

**Trabalho de Conclusão de Curso: Modelo de Sistema *Fuzzy* para o Apoio à
Tomada de Decisão em Ambientes Acadêmicos Dinâmicos**

Discente: Jessica da Silva Santos

Orientador: Prof. Msc. Alcides Xavier Benicasa

Nome do Especialista: ANDRÉ VINÍCIUS RODRIGUES PASSOS NASCIMENTO

Área do Conhecimento (favor selecionar apenas uma área por formulário):

Arquitetura de Computadores () Informática Educativa ()
Banco de Dados..... (X) Inteligência Artificial ()
Engenharia de Software () Redes ()

Observações sobre a definição do perfil do aluno

- A base de conhecimento a ser construída tem como objetivo a aquisição de conhecimentos de especialistas nas áreas citadas acima, necessários à definição de perfis de alunos Ideais (I), Aptos (A) e Fora da área (F), de acordo com suas respectivas médias em disciplinas correlatas da grade curricular.
- A tabela abaixo apresenta os grupos de disciplinas consideradas para a definição do perfil de discentes do curso de Ciências da Computação da Universidade Federal de Sergipe, definidos de acordo com a grade deste curso.
- Cada coluna representa um tipo de perfil e deverão ser atribuídos os valores: **S** (Satisfatório), **B** (Bom), ou **O** (Ótimo), em cada grupo de disciplina que o especialista julgar relevante para a área que estiver analisando.

Tabela de definição do perfil do aluno

Ideal	Apto	Fora da Área	
(O)	(B)	(S)	ENGENHARIA DE SOFTWARE
(O)	(B)	(S)	PROGRAMAÇÃO
(S)	(S)	(S)	REDES
(S)	(S)	(S)	INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL
(B)	(B)	(S)	EMBASAMENTO MATEMÁTICO
(B)	(B)	(S)	BANCO DE DADOS
(S)	(S)	(S)	ARQUITETURA DE COMPUTADORES
(S)	(S)	(S)	INFORMÁTICA EDUCATIVA
(S)	(S)	(S)	TEORIA DA COMPUTAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
DSI - Departamento de Sistemas de Informação

FORMULÁRIO PARA CONSTRUÇÃO DA BASE DE CONHECIMENTO

**Trabalho de Conclusão de Curso: Modelo de Sistema *Fuzzy* para o Apoio à
Tomada de Decisão em Ambientes Acadêmicos Dinâmicos**

Discente: Jessica da Silva Santos

Orientador: Prof. Msc. Alcides Xavier Benicasa

Nome do Especialista: _____

Área do Conhecimento (*favor selecionar apenas uma área por formulário*):

Arquitetura de Computadores () Informática Educativa (**x**)
Banco de Dados..... () Inteligência Artificial ()
Engenharia de Software..... () Redes ()

Observações sobre a definição do perfil do aluno

- A base de conhecimento a ser construída tem como objetivo a aquisição de conhecimentos de especialistas nas áreas citadas acima, necessários à definição de perfis de alunos Ideais (I), Aptos (A) e Fora da área (F), de acordo com suas respectivas médias em disciplinas correlatas da grade curricular.
- A tabela abaixo apresenta os grupos de disciplinas consideradas para a definição do perfil de discentes do curso de Ciências da Computação da Universidade Federal de Sergipe, definidos de acordo com a grade deste curso.
- Cada coluna representa um tipo de perfil e deverão ser atribuídos os valores: **S** (Satisfatório), **B** (Bom), ou **O** (Ótimo), em cada grupo de disciplina que o especialista julgar relevante para a área que estiver analisando.

Tabela de definição do perfil do aluno

Ideal	Apto	Fora da Área	
(B)	(B)	(S)	ENGENHARIA DE SOFTWARE
(B)	(B)	(S)	PROGRAMAÇÃO
(B)	(S)	(S)	REDES
(B)	(S)	(S)	INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL
(S)	(S)	(S)	EMBASAMENTO MATEMÁTICO
(B)	(S)	(S)	BANCO DE DADOS
(S)	(S)	(S)	ARQUITETURA DE COMPUTADORES
(O)	(O)	(S)	INFORMÁTICA EDUCATIVA
(S)	(S)	(S)	TEORIA DA COMPUTAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
DSI - Departamento de Sistemas de Informação

FORMULÁRIO PARA CONSTRUÇÃO DA BASE DE CONHECIMENTO

**Trabalho de Conclusão de Curso: Modelo de Sistema *Fuzzy* para o Apoio à
Tomada de Decisão em Ambientes Acadêmicos Dinâmicos**

Discente: Jessica da Silva Santos

Orientador: Prof. Msc. Alcides Xavier Benicasa

Nome do Especialista: Alcides Xavier Benicasa

Área do Conhecimento (*favor selecionar apenas uma área por formulário*):

Arquitetura de Computadores () Informática Educativa ()
Banco de Dados..... () Inteligência Artificial (x)
Engenharia de Software () Redes ()

Observações sobre a definição do perfil do aluno

- A base de conhecimento a ser construída tem como objetivo a aquisição de conhecimentos de especialistas nas áreas citadas acima, necessários à definição de perfis de alunos Ideais (**I**), Aptos (**A**) e Fora da área (**F**), de acordo com suas respectivas médias em disciplinas correlatas da grade curricular.
- A tabela abaixo apresenta os grupos de disciplinas consideradas para a definição do perfil de discentes do curso de Ciências da Computação da Universidade Federal de Sergipe, definidos de acordo com a grade deste curso.
- Cada coluna representa um tipo de perfil e deverão ser atribuídos os valores: **S** (Satisfatório), **B** (Bom), ou **O** (Ótimo), em cada grupo de disciplina que o especialista julgar relevante para a área que estiver analisando.

Tabela de definição do perfil do aluno

Ideal	Apto	Fora da Área	
(B)	(B)	(S)	ENGENHARIA DE SOFTWARE
(O)	(B)	(S)	PROGRAMAÇÃO
(S)	(S)	(S)	REDES
(O)	(O)	(S)	INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL
(O)	(B)	(S)	EMBASAMENTO MATEMÁTICO
(S)	(S)	(S)	BANCO DE DADOS
(S)	(S)	(S)	ARQUITETURA DE COMPUTADORES
(S)	(S)	(S)	INFORMÁTICA EDUCATIVA
(B)	(S)	(S)	TEORIA DA COMPUTAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
DSI - Departamento de Sistemas de Informação

FORMULÁRIO PARA CONSTRUÇÃO DA BASE DE CONHECIMENTO

**Trabalho de Conclusão de Curso: Modelo de Sistema *Fuzzy* para o Apoio à
Tomada de Decisão em Ambientes Acadêmicos Dinâmicos**

Discente: Jessica da Silva Santos

Orientador: Prof. Msc. Alcides Xavier Benicasa

Nome do Especialista: _____

Área do Conhecimento (*favor selecionar apenas uma área por formulário*):

Arquitetura de Computadores (X) Informática Educativa ()
Banco de Dados..... () Inteligência Artificial ()
Engenharia de Software..... () Redes ()

Observações sobre a definição do perfil do aluno

- A base de conhecimento a ser construída tem como objetivo a aquisição de conhecimentos de especialistas nas áreas citadas acima, necessários à definição de perfis de alunos Ideais (I), Aptos (A) e Fora da área (F), de acordo com suas respectivas médias em disciplinas correlatas da grade curricular.
- A tabela abaixo apresenta os grupos de disciplinas consideradas para a definição do perfil de discentes do curso de Ciências da Computação da Universidade Federal de Sergipe, definidos de acordo com a grade deste curso.
- Cada coluna representa um tipo de perfil e deverão ser atribuídos os valores: S (Satisfatório), B (Bom), ou O (Ótimo), em cada grupo de disciplina que o especialista julgar relevante para a área que estiver analisando.

Tabela de definição do perfil do aluno

Ideal	Apto	Fora da Área	
()	()	()	ENGENHARIA DE SOFTWARE
(B)	(B)	()	PROGRAMAÇÃO
()	(B)	()	REDES
()	()	()	INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL
(O)	(B)	(S)	EMBASAMENTO MATEMÁTICO
()	()	()	BANCO DE DADOS
(O)	(B)	(S)	ARQUITETURA DE COMPUTADORES
()	()	()	INFORMÁTICA EDUCATIVA
(B)	(B)	(S)	TEORIA DA COMPUTAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
DSI - Departamento de Sistemas de Informação

FORMULÁRIO PARA CONSTRUÇÃO DA BASE DE CONHECIMENTO

**Trabalho de Conclusão de Curso: Modelo de Sistema *Fuzzy* para o Apoio à
Tomada de Decisão em Ambientes Acadêmicos Dinâmicos**

Discente: Jessica da Silva Santos

Orientador: Prof. Msc. Alcides Xavier Benicasa

Nome do Especialista: ANDRÉ VINÍCIUS RODRIGUES PASSOS NASCIMENTO

Área do Conhecimento (favor selecionar apenas uma área por formulário):

Arquitetura de Computadores () Informática Educativa ()
Banco de Dados (X) Inteligência Artificial ()
Engenharia de Software () Redes ()

Observações sobre a definição do perfil do aluno

- A base de conhecimento a ser construída tem como objetivo a aquisição de conhecimentos de especialistas nas áreas citadas acima, necessários à definição de perfis de alunos Ideais (I), Aptos (A) e Fora da área (F), de acordo com suas respectivas médias em disciplinas correlatas da grade curricular.
- A tabela abaixo apresenta os grupos de disciplinas consideradas para a definição do perfil de discentes do curso de Ciências da Computação da Universidade Federal de Sergipe, definidos de acordo com a grade deste curso.
- Cada coluna representa um tipo de perfil e deverão ser atribuídos os valores: S (Satisfatório), B (Bom), ou O (Ótimo), em cada grupo de disciplina que o especialista julgar relevante para a área que estiver analisando.

Tabela de definição do perfil do aluno

Ideal	Apto	Fora da Área	
()	(B)	(B)	ENGENHARIA DE SOFTWARE
()	(B)	(S)	PROGRAMAÇÃO
()	(S)	(S)	REDES
()	(S)	(S)	INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL
()	(B)	(S)	EMBASAMENTO MATEMÁTICO
()	(O)	(S)	BANCO DE DADOS
()	(S)	(S)	ARQUITETURA DE COMPUTADORES
()	(S)	(S)	INFORMÁTICA EDUCATIVA
()	(S)	(S)	TEORIA DA COMPUTAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
DSI - Departamento de Sistemas de Informação

FORMULÁRIO PARA CONSTRUÇÃO DA BASE DE CONHECIMENTO

**Trabalho de Conclusão de Curso: Modelo de Sistema *Fuzzy* para o Apoio à
Tomada de Decisão em Ambientes Acadêmicos Dinâmicos**

Discente: Jessica da Silva Santos

Orientador: Prof. Msc. Alcides Xavier Benicasa

Nome do Especialista:

José Carlos da Silva

Área do Conhecimento (favor selecionar apenas uma área por formulário):

Arquitetura de Computadores () Informática Educativa ()
Banco de Dados () Inteligência Artificial ()
Engenharia de Software () Redes (x)

Observações sobre a definição do perfil do aluno

- A base de conhecimento a ser construída tem como objetivo a aquisição de conhecimentos de especialistas nas áreas citadas acima, necessários à definição de perfis de alunos Ideais (I), Aptos (A) e Fora da área (F), de acordo com suas respectivas médias em disciplinas correlatas da grade curricular.
- A tabela abaixo apresenta os grupos de disciplinas consideradas para a definição do perfil de discentes do curso de Ciências da Computação da Universidade Federal de Sergipe, definidos de acordo com a grade deste curso.
- Cada coluna representa um tipo de perfil e deverão ser atribuídos os valores: S (Satisfatório), B (Bom), ou O (Ótimo), em cada grupo de disciplina que o especialista julgar relevante para a área que estiver analisando.

Tabela de definição do perfil do aluno

Ideal	Apto	Fora da Área	
()	()	()	ENGENHARIA DE SOFTWARE
()	()	()	PROGRAMAÇÃO
(O)	(B)	(S)	REDES
()	()	()	INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL
()	()	()	EMBASAMENTO MATEMÁTICO
()	()	()	BANCO DE DADOS
(B)	(B)	(S)	ARQUITETURA DE COMPUTADORES
()	()	()	INFORMÁTICA EDUCATIVA
()	()	()	TEORIA DA COMPUTAÇÃO