

Desenvolvimento de um sistema fuzzy para atribuição de conceitos a partir de notas

Daniel Carlos Chaves Boll¹, Felipe Lima Matozinho¹

¹Centro de Ciências Exatas e da Terra
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)
R. Universitária, 1619 – 85819-110 – Cascavel – PR – Brasil

{felipi.matozinho,daniel.boll}@unioeste.br

1. Introdução

O Instituto Federal do Paraná (IFPR) é uma instituição paranaense de ensino que foi criada em dezembro de 2008 e conta com 26 *campi* espalhados pelo estado [IFPR 2023b]. Um desses *campi* é o de Jaguariaíva, localizado ao noroeste do estado, que foi inaugurado em 10 de abril de 2015, que hoje oferece os cursos técnicos subsequentes e integrados ao ensino médio, além de curso superior em Tecnologia de Gestão da Qualidade [IFPR 2023a].

Um dos cursos providos pelo *campi* é o de Técnico em Biotecnologia Integrado ao Ensino Médio. O curso é dividido em dois principais módulos, sendo ele o módulo de matérias técnicas e o módulo de matérias tradicionais do ensino médio.

No curso utiliza-se uma metodologia de ensino interdisciplinar, que pode ser definida como uma abordagem educacional e de pesquisa que busca integrar diferentes disciplinas ou áreas do conhecimento para compreender e abordar problemas complexos de forma mais abrangente e holística. Em vez de tratar os assuntos de forma isolada, a interdisciplinaridade busca estabelecer conexões e diálogos entre as disciplinas, promovendo uma visão mais ampla e integrada do conhecimento [da Silva Thiesen 2008].

[da Silva Thiesen 2008] diz ainda que interdisciplinaridade tem como objetivo desenvolver habilidades de pensamento crítico, criatividade, resolução de problemas complexos e uma compreensão mais profunda da realidade. Ela reconhece a complexidade e a interconexão dos desafios contemporâneos e procura abordá-los de forma mais eficaz, combinando o conhecimento e as perspectivas de diferentes disciplinas para gerar *insights* e soluções inovadoras.

Isso se dá pois a interdisciplinaridade reconhece que muitos fenômenos e questões do mundo real não podem ser adequadamente compreendidos a partir de uma única perspectiva disciplinar. Ela busca superar as limitações e as fronteiras rígidas entre as disciplinas acadêmicas, incentivando a colaboração e a troca de ideias entre especialistas de diferentes áreas. Ao adotar uma abordagem interdisciplinar, os estudantes são encorajados a explorar conexões entre os diversos campos do conhecimento, relacionando conceitos, métodos e abordagens de disciplinas distintas para obter uma compreensão mais completa de um determinado tema ou problema [Hoff et al. 2011].

Em adendo ao modelo de ensino, as notas dos alunos não seguem o método tradicional, de 0 a 100. São utilizados conceitos, sendo eles, do maior para o menor: **A**, **B**, **C** e **D**. O conceito D significa que o aluno não alcançou o necessário para ser aprovado, o conceito C significa que o aluno alcançou o mínimo para ser aprovado, o conceito B significa que o aluno foi sem pendências e o conceito A é a “nota máxima”.

A problemática desse modelo é um mapeamento direto de notas para conceitos, ou seja, “por que um aluno que tirou 95 tem nota A e um aluno que tirou 94 tem nota B?”. Nesse contexto, torna-se interessante a aplicação de um sistema fuzzy pois em vez de adotar uma abordagem dicotômica de “tudo ou nada”, a lógica fuzzy permite a representação e o cálculo de graus de pertinência ou probabilidade.

A lógica fuzzy baseia-se em conjuntos fuzzy, que são conjuntos que permitem a graduação de pertinência de seus elementos. Esses conjuntos são definidos por funções de pertinência, que atribuem um valor a cada elemento, com base em critérios específicos [Marro et al. 2023].

Na lógica fuzzy, os valores verdadeiros são expressos como pertinências em uma escala contínua de 0 a 1. Por exemplo, em vez de afirmar que “uma pessoa é alta” ou “uma pessoa é baixa”, podemos atribuir um valor de pertinência a essa afirmação, como “0,8” para alta e “0,3” para baixa. Isso permite uma representação mais precisa das nuances e das características gradativas presentes nos sistemas do mundo real [Gomide and Gudwin 1994].

Sabendo disso, o objetivo do presente trabalho é produzir um sistema fuzzy para o módulo tradicional e um para o módulo técnico, que seja capaz de ajudar os professores a “traduzir” notas do bimestre de um aluno no modelo tradicional para os conceitos utilizados pela instituição. Esse sistema fuzzy terá três entradas, sendo elas: nota da prova, nota do trabalho e nota de participação, todas podendo variar de 0 a 100, e terá como saída o conceito do aluno naquele bimestre.

Os especialistas utilizados para o desenvolvimento do sistema serão: (1) Ramon Martins - Graduado em Licenciatura em Letras pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2007), Mestre em Educação pela UFPR (2018) e docente no IFPR *campi* Jaguariaíva desde 2015 e (2) Tarcila Bueno - Graduada em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia pela UFPR (2006), Mestre em Engenharia Química (2009), Doutora em Processos Biotecnológicos (2018) e docente no IFPR *campi* Jaguariaíva desde 2015. O Ramon será a referência para as modelagens relacionadas ao módulo tradicional e a Tarcila será referência para as modelagens do módulo técnico.

2. Desenvolvimento

A modelagem do sistema fuzzy foi realizada utilizando o sistema Matlab [MathWorks 2023], na versão R2023a.

2.1. Aquisição de conhecimento

Para definição das regras do sistema fuzzy, os especialistas foram entrevistados através do *Whatsapp*. Os principais pontos discutidos foram: (1) definição do intervalo de notas que representam cada um dos termos do conjunto fuzzy; (2) definição dos conjuntos de regras fuzzy.

2.1.1. Variáveis de entrada

Todas as três entradas utilizadas pelo sistema têm a mesma semântica, ou seja, são notas tiradas pelos alunos em cada um dos itens, optou-se por utilizar a mesma distribuição dos

conjunto fuzzy para todos. Sabendo disso, cada uma das três notas de entrada poderá ser classificada em **baixa**, **media-baixa**, **media-alta** e **alta**, enquanto a distribuição do intervalo se dá do seguinte modo:

- **Faixa/Intervalo:** de 0 a 100;
- **baixa:** de 0 a 15;
- **media-baixa:** de 35 a 50;
- **media-alta:** de 70 a 85;
- **alta:** de 92 a 100;

A partir do tipo dos intervalos de entrada, optou-se por utilizar a **função trapezoidal** como função de pertinência. Sabendo que a função trapezoidal precisa de quatro valores para ser definida, a Tabela 1 demonstra como os conjuntos foram distribuídos.

Tabela 1. Distribuição do conjunto de notas para a função trapezoidal

	base esquerda	topo esquerdo	topo direito	base direita
baixa	-25	0	15	35
media-baixa	15	35	50	70
media-alta	50	70	85	92
alta	85	92	100	125

2.1.2. Variável de saída

A saída da modelagem fuzzy é o **conceito**, que varia de 0 a 100. Considerando que essa saída é um número *crisp* que também representa a nota do aluno, optou-se por utilizar a função de pertinência trapezoidal. Os termos definidos para o conjunto *conceito* são: **A**, **B**, **C** e **D** e a distribuição do intervalo pode ser vista na Tabela 2.

Tabela 2. Distribuição do conceito para a função trapezoidal.

	base esquerda	topo esquerdo	topo direito	base direita
D	-25	0	15	35
C	15	35	50	70
B	50	70	85	92
A	85	92	100	125

2.1.3. Definição das regras fuzzy

Cada um dos sistemas conta com três entradas, cada uma com quatro termos possíveis. Portanto, cada sistema fuzzy deve compreender 64 regras, que foram definidas juntamente com os especialistas. A Tabela 3 demonstra as regras para o sistema reponsável pelas disciplinas do módulo tradicional, enquanto a Tabela 4 demonstra as regras para o sistema reponsável pelas disciplinas do módulo técnico.

Tabela 3: Tabela de regras para disciplinas pertencentes ao módulo tradicional

nota_prova	nota_trabalho	nota_participação	conceito
baixa	baixa	baixa	D
baixa	baixa	media-baixa	D
baixa	baixa	media-alta	D
baixa	baixa	alta	D
baixa	media-baixa	baixa	D
baixa	media-baixa	media-baixa	D
baixa	media-baixa	media-alta	D
baixa	media-baixa	alta	C
baixa	media-alta	baixa	D
baixa	media-alta	media-baixa	D
baixa	media-alta	media-alta	C
baixa	media-alta	alta	C
baixa	alta	baixa	D
baixa	alta	media-baixa	C
baixa	alta	media-alta	C
baixa	alta	alta	C
media-baixa	baixa	baixa	D
media-baixa	baixa	media-baixa	D
media-baixa	baixa	media-alta	D
media-baixa	baixa	alta	C
media-baixa	media-baixa	baixa	C
media-baixa	media-baixa	media-baixa	C
media-baixa	media-baixa	media-alta	C
media-baixa	media-baixa	alta	C
media-baixa	media-alta	baixa	C
media-baixa	media-alta	media-baixa	C
media-baixa	media-alta	media-alta	B
media-baixa	media-alta	alta	B
media-baixa	alta	baixa	C
media-baixa	alta	media-baixa	B
media-baixa	alta	media-alta	B
media-baixa	alta	alta	B
media-alta	baixa	baixa	C
media-alta	baixa	media-baixa	C
media-alta	baixa	media-alta	C
media-alta	baixa	alta	C
media-alta	media-baixa	baixa	B
media-alta	media-baixa	media-baixa	B
media-alta	media-baixa	media-alta	B
media-alta	media-baixa	alta	B
media-alta	media-alta	baixa	B

media-alta	media-alta	media-baixa	B
media-alta	media-alta	media-alta	B
media-alta	media-alta	alta	B
media-alta	alta	baixa	B
media-alta	alta	media-baixa	B
media-alta	alta	media-alta	B
media-alta	alta	alta	A
alta	baixa	baixa	B
alta	baixa	media-baixa	B
alta	baixa	media-alta	B
alta	baixa	alta	B
alta	media-baixa	baixa	B
alta	media-baixa	media-baixa	B
alta	media-baixa	media-alta	B
alta	media-baixa	alta	B
alta	media-alta	baixa	B
alta	media-alta	media-baixa	A
alta	media-alta	media-alta	A
alta	media-alta	alta	A
alta	alta	baixa	A
alta	alta	media-baixa	A
alta	alta	media-alta	A
alta	alta	alta	A

Tabela 4: Tabela de regras para disciplinas pertencentes ao módulo técnico

nota_prova	nota_trabalho	nota_participação	conceito
baixa	baixa	baixa	D
baixa	baixa	media-baixa	D
baixa	baixa	media-alta	D
baixa	baixa	alta	D
baixa	media-baixa	baixa	D
baixa	media-baixa	media-baixa	D
baixa	media-baixa	media-alta	D
baixa	media-baixa	alta	D
baixa	media-alta	baixa	D
baixa	media-alta	media-baixa	D
baixa	media-alta	media-alta	C
baixa	media-alta	alta	C
baixa	alta	baixa	D
baixa	alta	media-baixa	C
baixa	alta	media-alta	C
baixa	alta	alta	C

media-baixa	baixa	baixa	D
media-baixa	baixa	media-baixa	D
media-baixa	baixa	media-alta	D
media-baixa	baixa	alta	C
media-baixa	media-baixa	baixa	C
media-baixa	media-baixa	media-baixa	C
media-baixa	media-baixa	media-alta	C
media-baixa	media-baixa	alta	C
media-baixa	media-alta	baixa	C
media-baixa	media-alta	media-baixa	C
media-baixa	media-alta	media-alta	B
media-baixa	media-alta	alta	B
media-baixa	alta	baixa	B
media-baixa	alta	media-baixa	B
media-baixa	alta	media-alta	B
media-baixa	alta	alta	B
media-alta	baixa	baixa	C
media-alta	baixa	media-baixa	C
media-alta	baixa	media-alta	C
media-alta	baixa	alta	C
media-alta	media-baixa	baixa	C
media-alta	media-baixa	media-baixa	C
media-alta	media-baixa	media-alta	C
media-alta	media-baixa	alta	B
media-alta	media-alta	baixa	B
media-alta	media-alta	media-baixa	B
media-alta	media-alta	media-alta	B
media-alta	media-alta	alta	B
media-alta	alta	baixa	B
media-alta	alta	media-baixa	B
media-alta	alta	media-alta	A
media-alta	alta	alta	A
alta	baixa	baixa	C
alta	baixa	media-baixa	C
alta	baixa	media-alta	C
alta	baixa	alta	C
alta	media-baixa	baixa	C
alta	media-baixa	media-baixa	C
alta	media-baixa	media-alta	B
alta	media-baixa	alta	B
alta	media-alta	baixa	B
alta	media-alta	media-baixa	B
alta	media-alta	media-alta	B
alta	media-alta	alta	A

alta	alta	baixa	A
alta	alta	media-baixa	A
alta	alta	media-alta	A
alta	alta	alta	A

2.2. Implementação

Tendo as regras, o sistema foi modelado utilizando o aplicativo Fuzzy Logic Designer do Matlab, com o modelo *Mamdani* e o método de defuzzificação através do *centroide*. Assim, o último problema a ser resolvido era a conversão do número de saída para o conceito, conforme esperado pelos usuários. Ao realizar a modelagem, o matlab disponibiliza a visualização gráfica para o conceito, que é demonstrada na Figura 1.

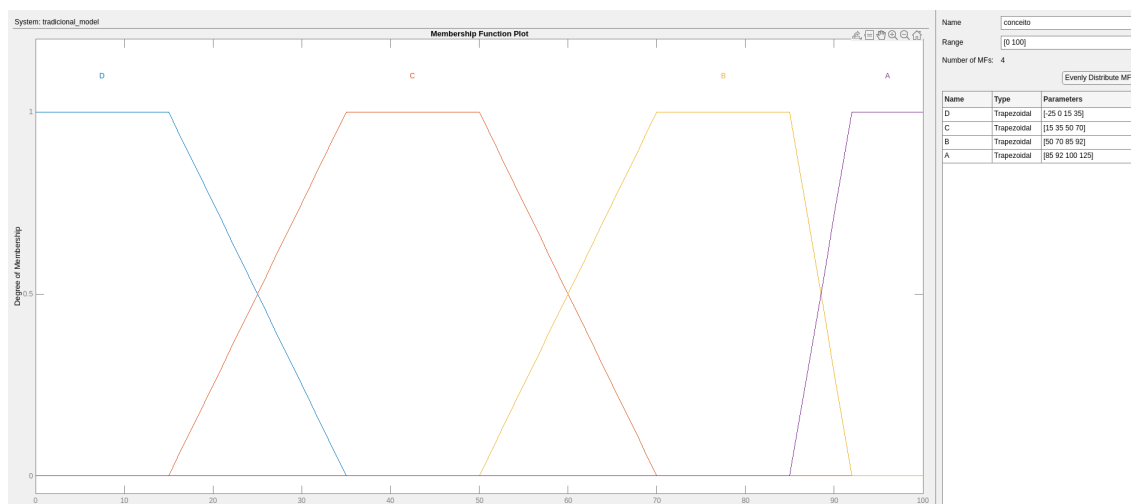


Figura 1. Definição gráfica do conjunto “conceito”.

Através dela é possível perceber que para todas as notas, há um ponto em comum na qual ocorre o corte, sendo esse uma reta definida por $y = 0.5$. Sabendo disso, as retas foram plotadas no GeoGebra [GeoGebra 2023], visando descobrir qual o valor respectivo de x no qual cada intersecção de cada transição ocorre.

Através da Figura 2, é possível perceber que o ponto de intersecção para a transição *baixa - media-baixa* ocorre no $x = 25$, a intersecção da transição *media-baixa - media-alta* ocorre no $x = 60$ e a intersecção da transição *media-alta - alta* ocorre no $x = 88.5$. Assim, os conceitos são definidos de modo que a saídas abaixo de 25 são conceito **D**, abaixo de 60 são conceito **C**, abaixo de 88.5 são conceito **B** e acima são conceito **A**.

O script para a utilização do sistema foi feito no próprio matlab. Nele, o usuário insere a quantidade de alunos que terão seu conceito gerado e assim insere a nota da prova, do trabalho e de participação, tendo o conceito de cada aluno após a inserção dos valores. O trecho abaixo demonstra o script desenvolvido.

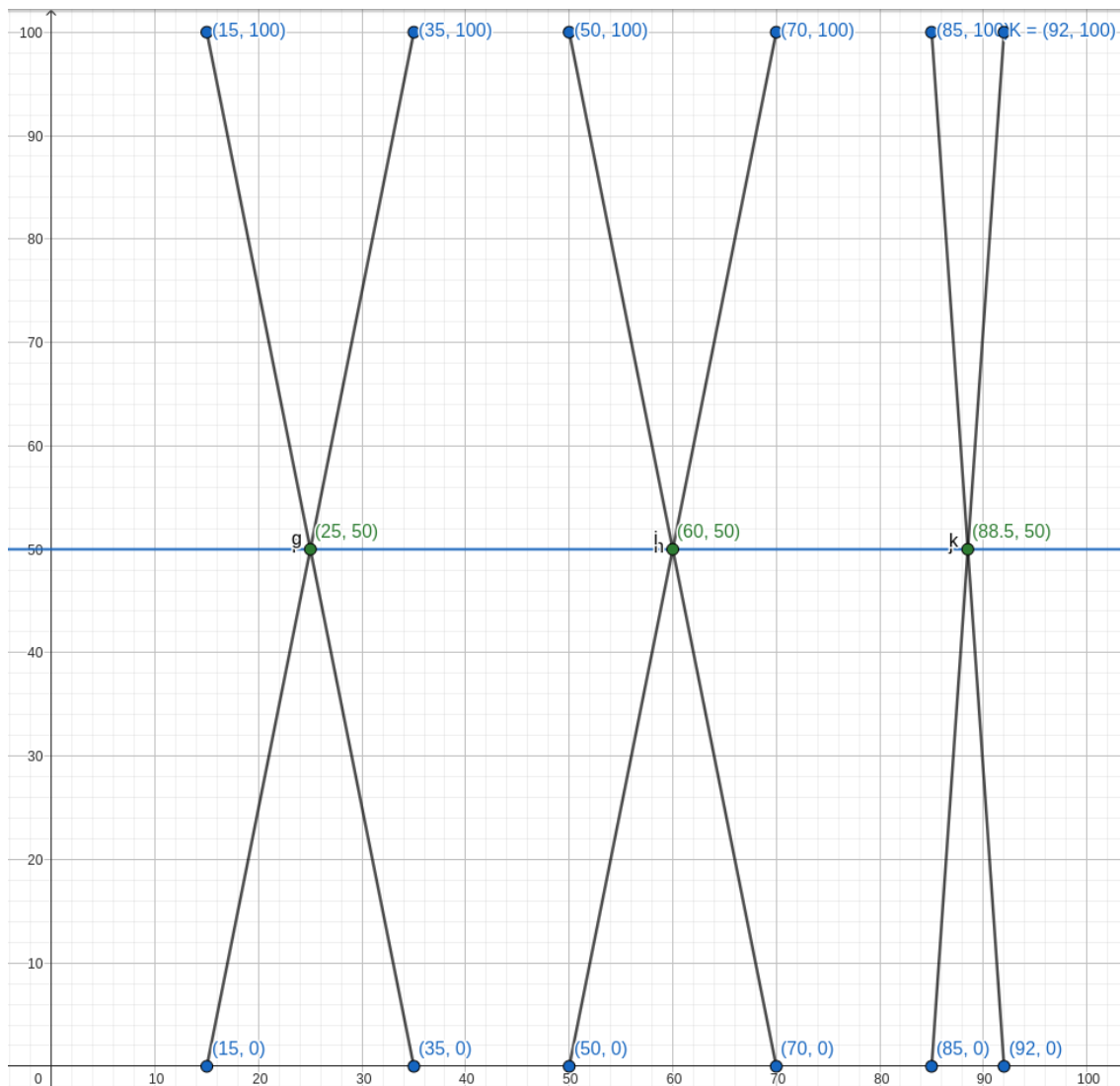


Figura 2. Abstração gráfica das intersecções das transições de notas para o conceito

```
function evaluate()

% Le o modelo fuzzy
EvaluationModel = readfis("<modelo>.fis");

studentsAmount = 0;

while (studentsAmount < 1)
    studentsAmount = input("Digite a quantidade de alunos: ");

    if(studentsAmount < 1)
        fprintf("\nQuantidade invalida de alunos, tente
↪ novamente!\n\n");
    end
end
```



```

end

currentStudent = 1;

while (studentsAmount > 0)
    fprintf("=====Aluno %d=====\\n",
    ↪ currentStudent);
    nota_prova = input("Insira a nota da PROVA: ");
    nota_trabalho = input("Insira a nota do TRABALHO: ");
    nota_participacao = input("Insira a nota de PARTICIPAÇÃO:
    ↪ ");

    nota_final= evalfis(EvaluationModel, [nota_prova,
    ↪ nota_trabalho, nota_participacao]);

    conceito = "";

    if(nota_final < 25)
        conceito = "D";
    elseif(nota_final < 60)
        conceito = "C";
    elseif(nota_final < 88.5)
        conceito = "B";
    else
        conceito = "A";
    end

    fprintf("Conceito do Aluno %d: %s\\n", currentStudent,
    ↪ conceito);
    fprintf("=====\\n");

    studentsAmount = studentsAmount - 1;
    currentStudent = currentStudent + 1;
end

```

3. Resultados e Discussão

A Figura 3 demonstra a execução do sistema para o módulo tradicional e para o módulo técnico, à esquerda e direita, respectivamente. Pode-se perceber que o conceito gerado pelo sistema módulo tradicional tem um impacto maior das notas da prova, enquanto o sistema do módulo técnico tem um impacto maior do das notas de trabalho e participação. Essa diferença é explicitada ainda na Figura 4, qual demonstra os polígonos gerados por cada um dos sistemas para as notas: 95 para prova, 90 para trabalho e 90 para participação.

Visando validar a modelagem, foi realizada uma reunião com os especialistas na qual as notas de 10 alunos de cada módulo foram adicionadas ao sistema. Houve divergência em alguns conceitos de saída, principalmente, para as notas que se enquadravam nas transições entre **media-baixa** - **media-alta** e **media-alta** - **alta**. Para os demais casos, o sistema teve uma resposta coerente com a real.

Command Window

```
>> EVALUATE
Unrecognized function or variable 'EVALUATE'.

Did you mean:
>> evaluate
Digite a quantidade de alunos: 40
=====Aluno 1=====
Insira a nota da PROVA: 95
Insira a nota do TRABALHO: 90
Insira a nota de PARTICIPAÇÃO: 90
Conceito do Aluno 1: A
=====
=====Aluno 2=====
Insira a nota da PROVA: 80
Insira a nota do TRABALHO: 95
Insira a nota de PARTICIPAÇÃO: 85
Conceito do Aluno 2: B
=====
```

Command Window

```
>> evaluate
Digite a quantidade de alunos: 40
=====Aluno 1=====
Insira a nota da PROVA: 95
Insira a nota do TRABALHO: 90
Insira a nota de PARTICIPAÇÃO: 90
Conceito do Aluno 1: B
=====
=====Aluno 2=====
Insira a nota da PROVA: 80
Insira a nota do TRABALHO: 95
Insira a nota de PARTICIPAÇÃO: 85
Conceito do Aluno 2: A
=====
=====Aluno 3=====
Insira a nota da PROVA:
Operation terminated by user during evaluate

fx >>
```

Figura 3. Comparação da execução do sistema para o módulo tradicional (à esquerda) e para o módulo técnico (à direita).

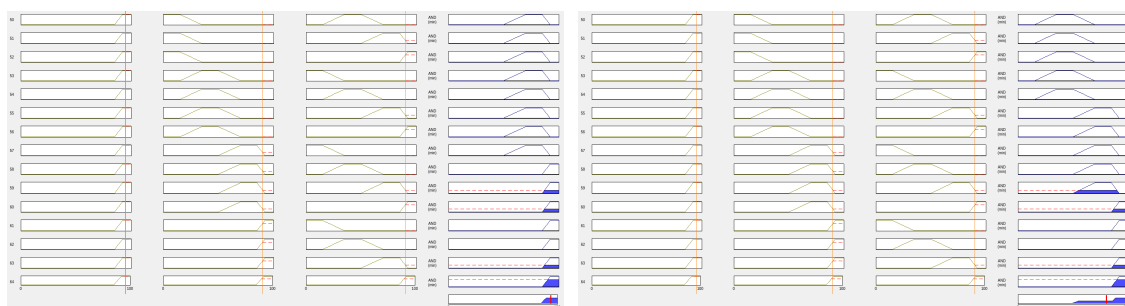


Figura 4. Polígonos gerados para as notas [95, 90, 90] para o módulo tradicional (à esquerda) e técnico (à direita).

4. Conclusão

Pode-se concluir que o objetivo principal do presente trabalho foi atingido, e que durante o desenvolvimento foi possível perceber a diferença da influência que cada nota individual tem no conceito final do bimestre de um aluno.

Entretanto considerando que houve divergência na comparação dos conceitos de saída do sistema com os reais, principalmente para os conceitos de notas em estados de transição, uma possível solução seria a adição de mais um conjunto para classificar as notas, sendo ele a **media**, reduzindo assim o escopo da **media-baixa** e da **media-alta**, tornando o sistema mais sensível e acertivo para os casos de transição.

Em contraponto, a adição de mais um conjunto para cada variável de entrada, tornaria a enumeração de regras mais trabalhosa e propensa a falhas, pois de 64 regras, seria necessário definir 125 regras. Esse é um dos principais pontos negativos para a utilização desse sistema fuzzy para esse contexto.

Foi relatado ainda que a utilização do mesmo no dia a dia não seria trivial, pois a utilização iterativa via script não seria prático, devido ao modelo de entrada e saída. Para que o sistema fosse viável, seria necessário utilizar entradas e saídas através de planilhas. Ainda seria necessário ser possível executar o sistema sem o ambiente do matlab, devido à licença temporária.

Referências

- [da Silva Thiesen 2008] da Silva Thiesen, J. (2008). A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino-aprendizagem. *Revista Brasileira de Educação*, 13(39):545–554.
- [GeoGebra 2023] GeoGebra (2023). calculator.
- [Gomide and Gudwin 1994] Gomide, F. A. C. and Gudwin, R. R. (1994). Modelagem, controle, sistemas e Lógica fuzzy. *Revista SBA: CONTROLE & AUTOMAÇÃO*, 4(3):97–115.
- [Hoff et al. 2011] Hoff, D. N., Dewes, H., Rathmann, R., Bruch, K. L., and Padula, A. D. (2011). Os desafios da pesquisa e ensino interdisciplinares. *Revista Brasileira de Pós-Graduação*, 4(7).
- [IFPR 2023a] IFPR (2023a). O campus jaguariaíva.
- [IFPR 2023b] IFPR (2023b). O instituto.
- [Marro et al. 2023] Marro, A. A., de Carvalho Souza and Everton R. de Sousa Cavalcante, A. M., Bezerra, G. S., and de Oliveira Nunes, R. (2023). Lógica fuzzy: Conceitos e aplicações.
- [MathWorks 2023] MathWorks (2023). Matlab.