



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Energias Alternativas e Renováveis
Departamento de Engenharia Elétrica
Disciplina de Automação Inteligente

Miguel Marques Ferreira

Orientador: Prof. Dr. Juan Moises Mauricio Villanueva

Lógica Fuzzy Avaliação 02



João Pessoa - PB

Março, 2024

Miguel Marques Ferreira
Orientador: Prof. Dr. Juan Moises Mauricio Villanueva

Lógica Fuzzy

Avaliação 02

Relatório técnico apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Automação Inteligente, graduação em Engenharia Elétrica.

Universidade Federal da Paraíba – UFPB
Centro de Energias Alternativas e Renováveis – CEAR
Departamento de Engenharia Elétrica – DEE
Disciplina de Automação Inteligente

João Pessoa - PB
Março, 2024

Sumário

1	INTRODUÇÃO	3
2	DESENVOLVIMENTO	4
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	7
3.1	Superfícies	7
3.1.1	Superfície para a saída E	7
3.1.2	Superfície para a saída H	9
3.1.3	Superfície para a saída F	9
3.1.4	Superfície para a saída D	12
3.1.5	Superfície para a saída G	12
3.2	Implementação do sistema no MATLAB	16
3.3	Simulação	16
4	CONCLUSÃO	21
	REFERÊNCIAS	22

1 Introdução

A aplicação da lógica fuzzy para o controle de sistemas tem se destacado como uma abordagem poderosa e flexível em uma variedade de campos, desde engenharia e automação industrial até sistemas de suporte à decisão e inteligência artificial.

Nessa conjuntura, a lógica fuzzy fornece uma estrutura matemática que lida com a incerteza e a imprecisão de forma mais natural do que a lógica binária ou booleana convencional. Isso permite a modelagem de sistemas complexos e a tomada de decisões em situações onde as informações disponíveis são vagas ou ambíguas.

Além disso, existem aplicações de lógica fuzzy em projetos de controladores que podem lidar eficazmente com sistemas dinâmicos não lineares e imprevisíveis. Ao combinar a teoria da lógica fuzzy com técnicas de controle clássicas ou modernas, é possível desenvolver sistemas de controle robustos e adaptativos que são capazes de enfrentar os desafios encontrados em ambientes reais e variáveis.

Nesse trabalho, portanto, será explorado os fundamentos da lógica fuzzy, bem como a reprodução de um sistema inteligente de ar condicionado como atividade de avaliação da segunda unidade da disciplina de Automação Inteligente do curso de Engenharia Elétrica na Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

2 Desenvolvimento

Diante disso, foi utilizado o trabalho *Fuzzy Logic Simulations for a Smart Air Conditioning System* como base para construção o sistema Fuzzy (RAJA; RAMATHILAGAM, 2022). É válido destacar que todos as informações existentes no trabalho fizeram uso do *software* MATLAB e da linguagem de programação Python.

Para mais, o trabalho aborda o controle da temperatura, a velocidade da ventoinha e outras características do sistema de ar condicionado que utilizamos todos os dias são todos automatizados manualmente. Os aparelhos de ar condicionado mais recentes oferecem controlo automático da temperatura, velocidade variável da ventoinha, velocidade variável do compressor e muito mais. No entanto, utilizando um sistema de controle totalmente lógico, em fazer uso de a automatização mais bem elaborada. Dessa forma, foi utilizada a contagem do número de pessoas na sala utilizando um sensor de infravermelhos, e a temperatura e a velocidade da ventoinha são ajustadas em conformidade. O tamanho da sala foi estimada utilizando um sonar e, com base nestes dados, determina-se a posição de inclinação e mantém-se a velocidade da ventoinha. Por fim, a temperatura interior é determinada utilizando um sensor externo de temperatura e humidade. Estas são as três variáveis ou formas através das quais calcula-se a temperatura, a velocidade da ventoinha e a direção necessária para manter a temperatura desejada.

Com base em (RAJA; RAMATHILAGAM, 2022), temos que as variáveis de entrada e seus graus de pertinência são:

1. Número de Pessoas:

- Less: $[0, 0, 5]$.
- Normal: $[2, 5, 8]$.
- More: $[5, 10, 10]$.

2. Tamanho do Cômodo:

- Small: $[0, 0, 100]$.
- Medium: $[40, 100, 160]$.
- Large: $[100, 200, 200]$.

3. Temperatura Atmosférica:

- Cold: [15, 15, 30.5].
- Warm: [22, 30.5, 39].
- Hot: [30.5, 45, 45].

Para as variáveis de saída e seus graus de pertinência, temos:

1. Temperatura do Quarto:

- Low: [16, 16, 23].
- Medium: [19, 23, 27].
- High: [23, 30, 30].

2. Capacidade de Refrigeração:

- Very Cold: [3500, 3500, 4600].
- Cold: [4100, 4850, 5600].
- Warm: [5400, 6200, 6200].

3. Potência Consumida:

- Low: [1100, 1100, 1440].
- Medium: [1275, 1540, 1820].
- High: [1725, 2000, 2000].

4. Posição de Inclinação:

- Low: [0, 0, 12.5].
- Centre: [4, 15.5, 27].
- High: [19, 30, 30].

5. Velocidade do Ventilador:

- Low: [600, 600, 840].
- Medium: [678, 900, 1140].
- Fast: [960, 1200, 1200].

A [Tabela 1](#) disponibiliza as regras utilizadas para o desenvolvimento do sistema fuzzy com A, B e C como as entradas de número de pessoas, tamanho do cômodo e temperatura atmosférica, respectivamente. Por outro lado, as variáveis D, E, F, G, H representam a temperatura do quarto, capacidade de refrigeração, potência consumida, posição de inclinação, velocidade do ventilador, respectivamente.

Tabela 1 – Conjunto de regras utilizadas para treinar o sistema fuzzy.

A	B	C	D	E	F	G	H
Less	Small	Cold	Low	VeryCold	Low	Low	Low
Less	Medium	Warm	Medium	Cold	Medium	Centre	Medium
Less	Large	Hot	High	warm	High	High	Fast
Normal	Small	Cold	Low	Very cold	Low	Low	Low
Normal	Medium	Warm	Medium	Cold	Medium	Centre	Medium
Normal	Large	Hot	High	warm	High	High	Fast
More	Small	Cold	Low	Very cold	Low	Low	Low
More	Medium	Warm	Medium	Cold	Medium	Centre	Medium
More	Large	Hot	High	warm	High	High	Fast
Less	Small	Cold	Low	Very cold	Low	Low	Low
Normal	Small	Warm	Medium	Cold	Medium	Centre	Medium
More	Small	Hot	High	warm	High	High	Fast
Less	Medium	Cold	Low	Very cold	Low	Low	Low
Normal	Medium	Warm	Medium	Cold	Medium	Centre	Medium
More	Medium	Hot	High	warm	High	High	Fast
Less	Large	Cold	Low	Very cold	Low	Low	Low
Normal	Large	Warm	Medium	Cold	Medium	Centre	Medium
More	Large	Hot	High	warm	High	High	Fast
Less	Less	Cold	Low	Very cold	Low	Low	Low
Normal	Normal	Cold	Medium	Cold	Medium	Centre	Medium
More	More	Cold	High	warm	High	High	Fast
Less	Less	Warm	Low	Very cold	Low	Low	Low
Normal	Normal	Warm	Medium	Cold	Medium	Centre	Medium
More	More	Warm	High	warm	High	High	Fast
Less	Less	Hot	Low	Very cold	Low	Low	Low
Normal	Normal	Hot	Medium	Cold	Medium	Centre	Medium
More	More	Hot	High	warm	High	High	Fast

Fonte: Autoria própria.

3 Resultados e Discussão

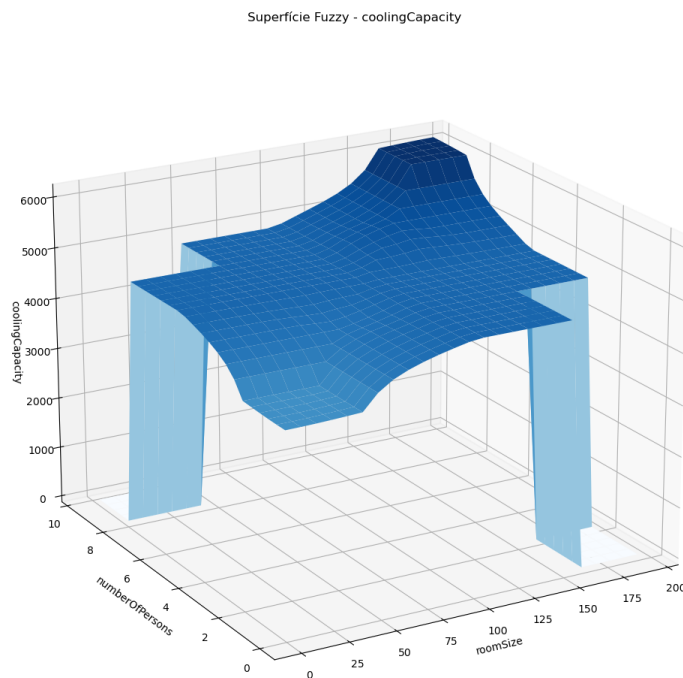
3.1 Superfícies

Com base na metodologia apresentada anteriormente, por meio da definição da faixa de valor para cada entrada e saída, foram geradas as superfícies a seguir. Elas são constituídas pela combinação de 2 das 3 variáveis de entrada do sistema Fuzy nos eixos X e Y, respectivamente, enquanto o eixo Z representa umas das variáveis de saída.

3.1.1 Superfície para a saída E

A [Figura 1](#) ilustra a superfície de saída para as entradas A e B, enquanto a saída E está disposta no eixo Z.

Figura 1 – Superfície para a saída E.

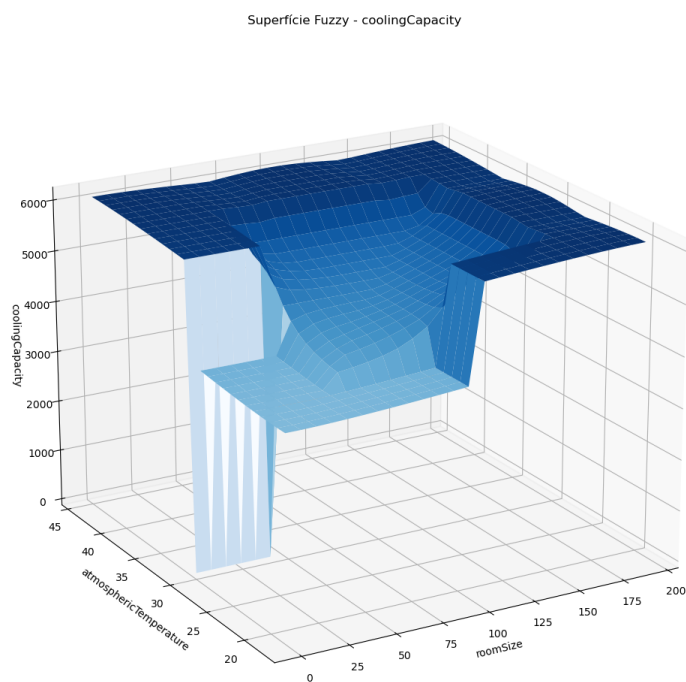


Fonte: Autoria própria.

A [Figura 2](#) ilustra a superfície de saída para as entradas C e B, enquanto a saída E está disposta no eixo Z.

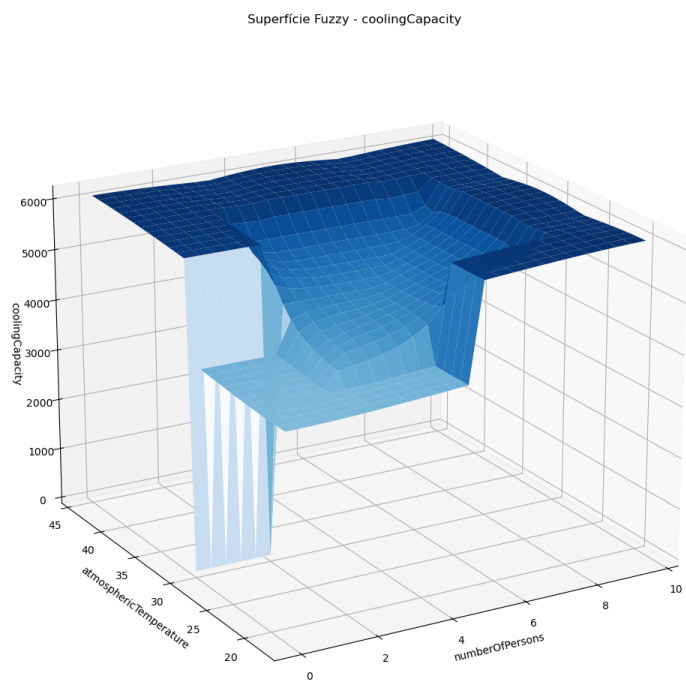
A [Figura 2](#) ilustra a superfície de saída para as entradas C e A, enquanto a saída E está disposta no eixo Z.

Figura 2 – Superfície para a saída E.



Fonte: Autoria própria.

Figura 3 – Superfície para a saída E.

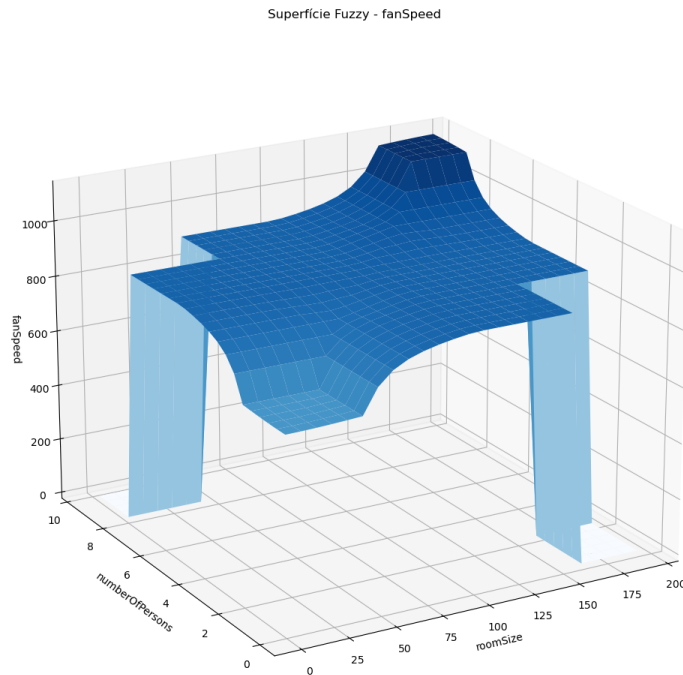


Fonte: Autoria própria.

3.1.2 Superfície para a saída H

A Figura 4 ilustra a superfície de saída para as entradas A e B, enquanto a saída H está disposta no eixo Z.

Figura 4 – Superfície para a saída H.



Fonte: Autoria própria.

A Figura 5 ilustra a superfície de saída para as entradas C e B, enquanto a saída H está disposta no eixo Z.

A Figura 6 ilustra a superfície de saída para as entradas C e A, enquanto a saída H está disposta no eixo Z.

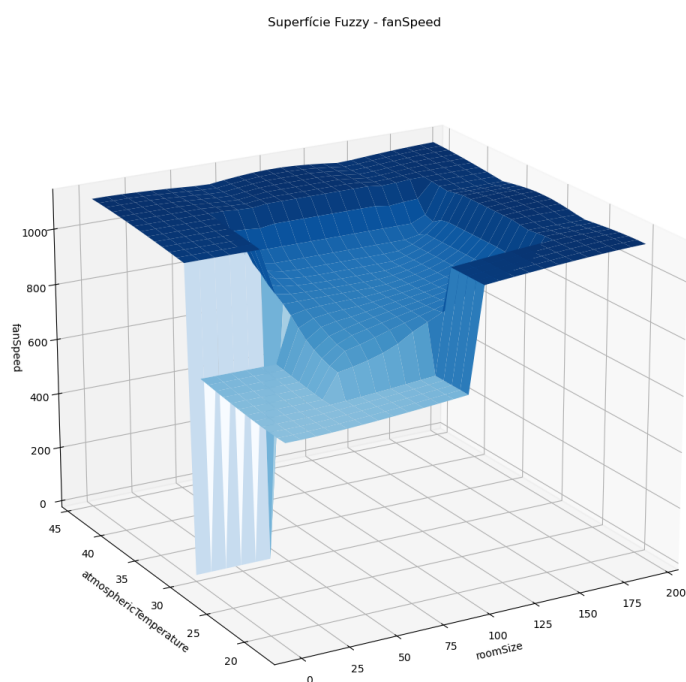
3.1.3 Superfície para a saída F

A Figura 7 ilustra a superfície de saída para as entradas A e B, enquanto a saída F está disposta no eixo Z.

A Figura 8 ilustra a superfície de saída para as entradas C e B, enquanto a saída F está disposta no eixo Z.

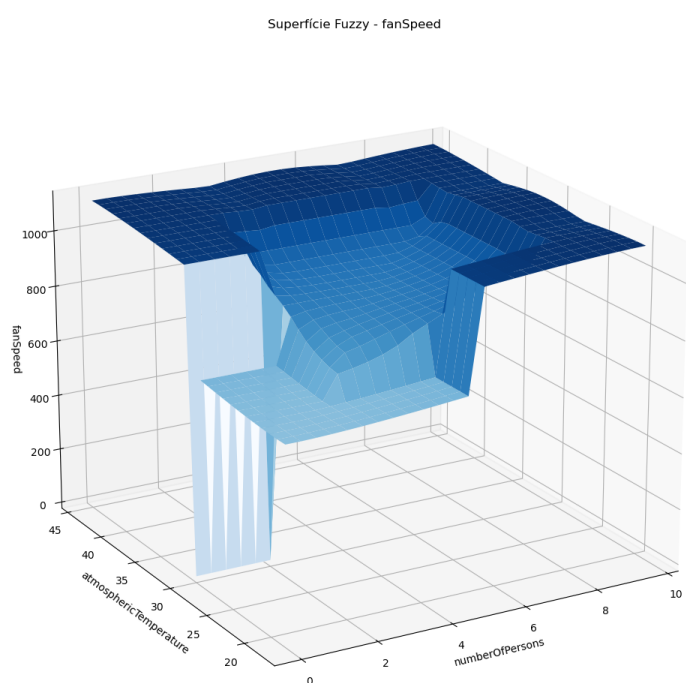
A Figura 9 ilustra a superfície de saída para as entradas C e A, enquanto a saída F está disposta no eixo Z.

Figura 5 – Superfície para a saída H.



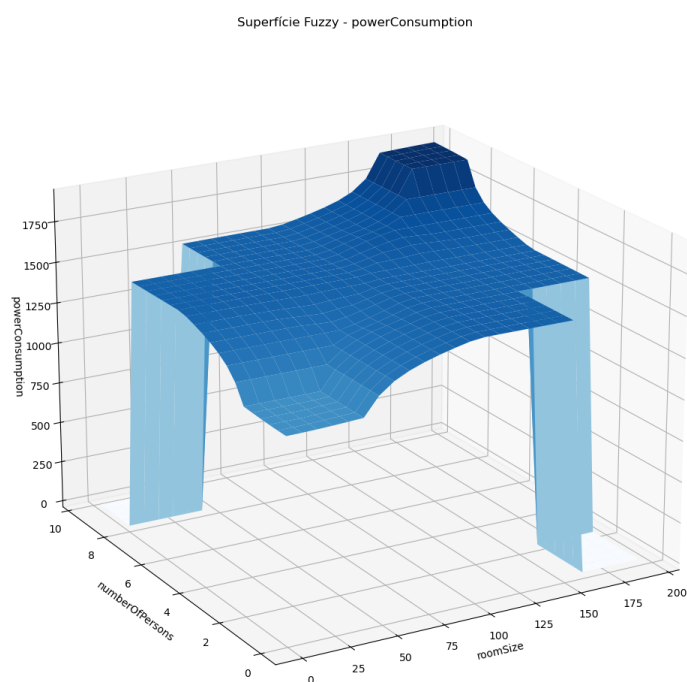
Fonte: Autoria própria.

Figura 6 – Superfície para a saída H.



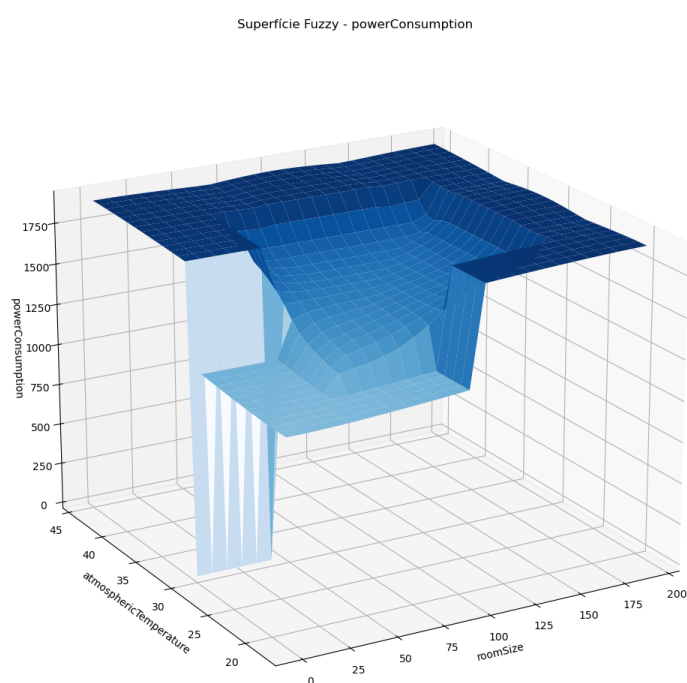
Fonte: Autoria própria.

Figura 7 – Superfície para a saída F.



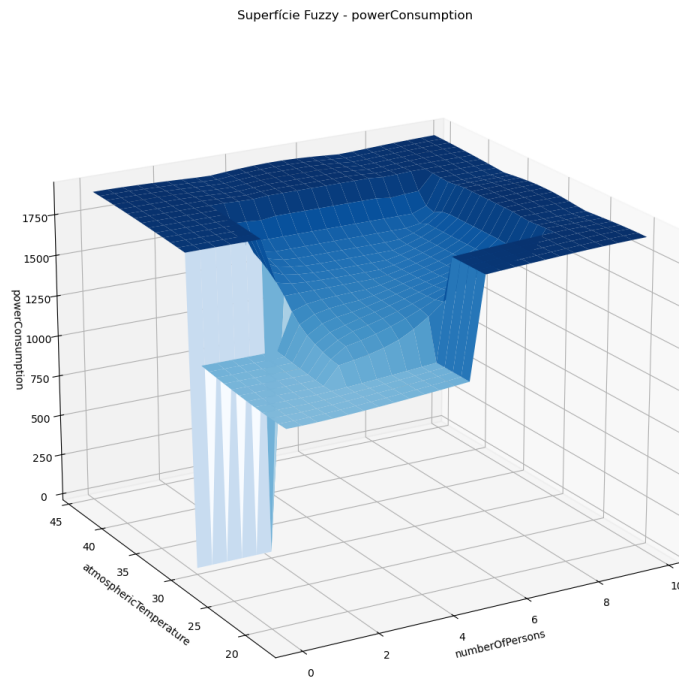
Fonte: Autoria própria.

Figura 8 – Superfície para a saída F.



Fonte: Autoria própria.

Figura 9 – Superfície para a saída F.



Fonte: Autoria própria.

3.1.4 Superfície para a saída D

A [Figura 10](#) ilustra a superfície de saída para as entradas A e B, enquanto a saída D está disposta no eixo Z.

A [Figura 11](#) ilustra a superfície de saída para as entradas C e B, enquanto a saída D está disposta no eixo Z.

A [Figura 12](#) ilustra a superfície de saída para as entradas C e A, enquanto a saída D está disposta no eixo Z.

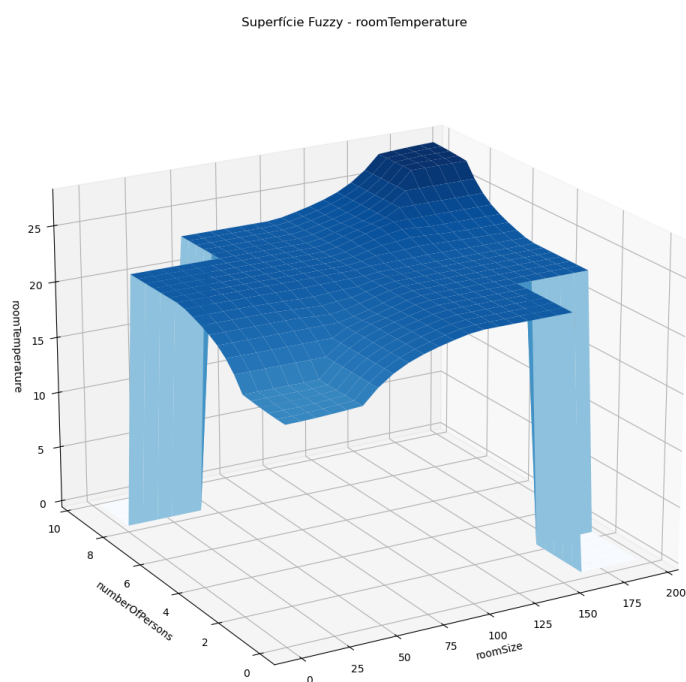
3.1.5 Superfície para a saída G

A [Figura 13](#) ilustra a superfície de saída para as entradas A e B, enquanto a saída G está disposta no eixo Z.

A [Figura 14](#) ilustra a superfície de saída para as entradas C e B, enquanto a saída G está disposta no eixo Z.

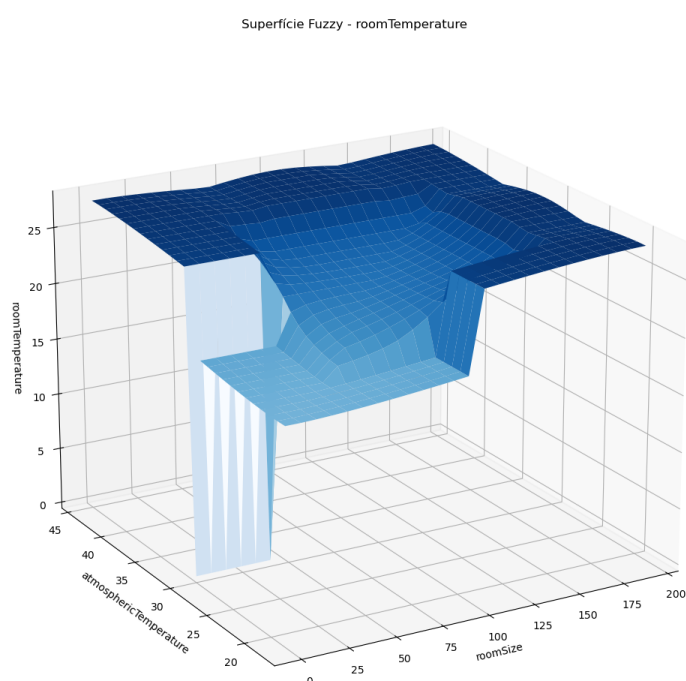
A [Figura 15](#) ilustra a superfície de saída para as entradas C e A, enquanto a saída G está disposta no eixo Z.

Figura 10 – Superfície para a saída D.



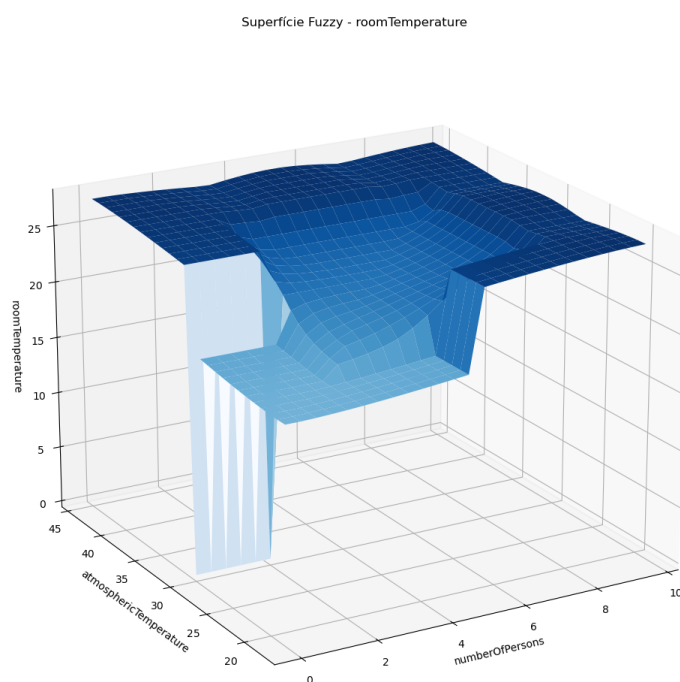
Fonte: Autoria própria.

Figura 11 – DSuperfície para a saída D.



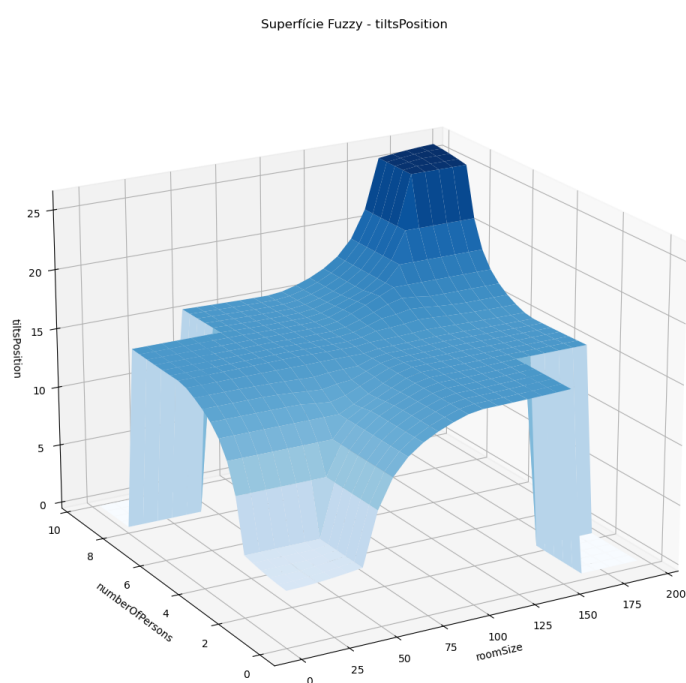
Fonte: Autoria própria.

Figura 12 – Superfície para a saída D.



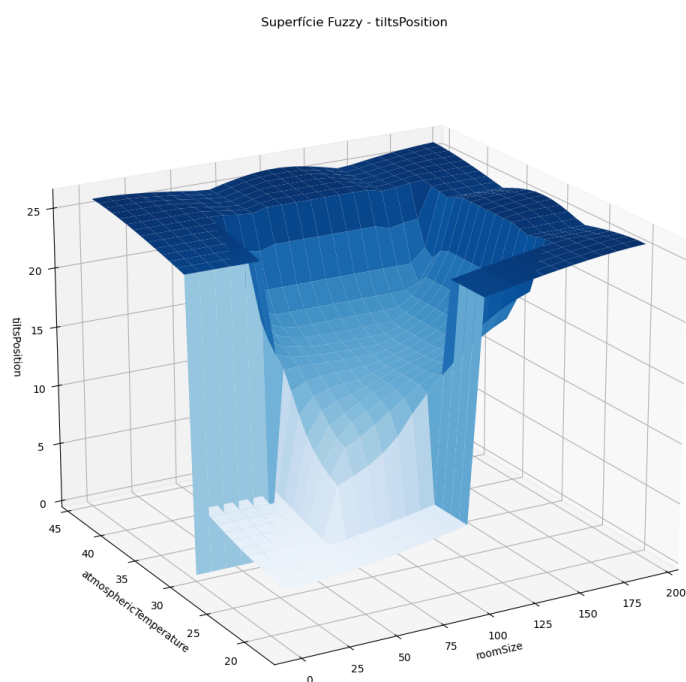
Fonte: Autoria própria.

Figura 13 – Superfície para a saída G.



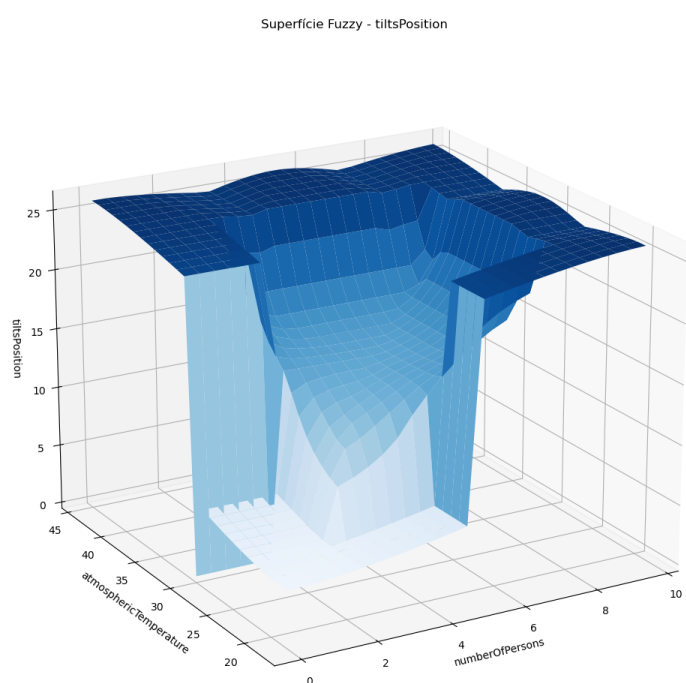
Fonte: Autoria própria.

Figura 14 – Superfície para a saída G.



Fonte: Autoria própria.

Figura 15 – Superfície para a saída G.



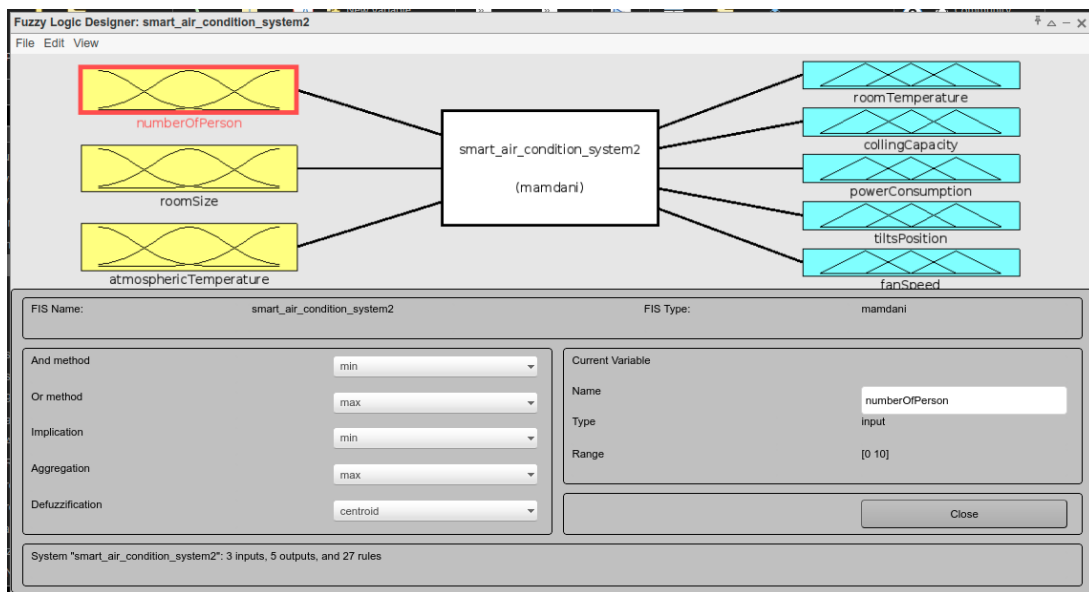
Fonte: Autoria própria.

3.2 Implementação do sistema no MATLAB

Com o *software* MATLAB foi utilizado a ferramenta Fuzzy Logic Toolbox para comparar os resultados do mesmo sistema desenvolvido via interface com o sistema desenvolvido com a linguagem de programação Python.

A Figura 16 ilustra a tela inicial da ferramenta utilizada no MATLAB para modelar o sistema com lógica Fuzzy.

Figura 16 – Tela inicial com as entradas e saídas definidas.



Fonte: Autoria própria.

A Figura 17 ilustra a tela de inserção de regras da ferramenta utilizada no MATLAB para modelar o sistema com lógica Fuzzy.

A Figura 18 ilustra a tela para configuração das variáveis na ferramenta utilizada no MATLAB para modelar o sistema com lógica Fuzzy.

3.3 Simulação

Para emular o funcionamento de um dia típico, com diferente número de pessoas, e temperatura ambiente, tamanho do quarto foi fixado com valor igual a 10. A partir disso, foram geradas quantidades de pessoas em cada horário, respeitando o valor máximo de 10 indivíduos no local entre 8 horas da manhã até as 22 horas, simulando um estabelecimento, por exemplo.

Feito isto, a temperatura ambiente percorreu uma faixa de valores entre 18° C até 42° C ao passo de 3° C. A Figura 19 ilustra a distribuição de pessoas durante um dia (24

Figura 17 – Superfície para a saída G.

Rule Editor: smart_air_condition_system2

File Edit View Options

1. If (numberOfPerson is less) and (roomSize is small) and (atmosphericTemperature is cold) then (roomTemperature is low)(collingCapacity is veryCold)(powerConsumption is low)

2. If (numberOfPerson is less) and (roomSize is medium) and (atmosphericTemperature is warm) then (roomTemperature is medium)(collingCapacity is cold)(powerConsumption is medium)

3. If (numberOfPerson is less) and (roomSize is large) and (atmosphericTemperature is hot) then (roomTemperature is high)(collingCapacity is warm)(powerConsumption is high)

4. If (numberOfPerson is normal) and (roomSize is small) and (atmosphericTemperature is cold) then (roomTemperature is low)(collingCapacity is veryCold)(powerConsumption is low)

5. If (numberOfPerson is normal) and (roomSize is medium) and (atmosphericTemperature is warm) then (roomTemperature is medium)(collingCapacity is cold)(powerConsumption is medium)

6. If (numberOfPerson is normal) and (roomSize is large) and (atmosphericTemperature is hot) then (roomTemperature is high)(collingCapacity is warm)(powerConsumption is high)

7. If (numberOfPerson is more) and (roomSize is small) and (atmosphericTemperature is cold) then (roomTemperature is low)(collingCapacity is veryCold)(powerConsumption is low)

8. If (numberOfPerson is more) and (roomSize is medium) and (atmosphericTemperature is warm) then (roomTemperature is medium)(collingCapacity is cold)(powerConsumption is medium)

9. If (numberOfPerson is more) and (roomSize is large) and (atmosphericTemperature is hot) then (roomTemperature is high)(collingCapacity is warm)(powerConsumption is high)

10. If (numberOfPerson is less) and (roomSize is small) and (atmosphericTemperature is cold) then (roomTemperature is low)(collingCapacity is veryCold)(powerConsumption is low)

11. If (numberOfPerson is normal) and (roomSize is small) and (atmosphericTemperature is warm) then (roomTemperature is medium)(collingCapacity is cold)(powerConsumption is medium)

12. If (numberOfPerson is more) and (roomSize is small) and (atmosphericTemperature is hot) then (roomTemperature is high)(collingCapacity is warm)(powerConsumption is high)

If

numberOfPerson is and roomSize is and atmosphericTemperature is Then roomTemperature is and collingCapacity is and

less normal more none small medium large none cold warm hot none low medium high none veryCold cold warm none

not not not not not

Connection

or and

Weight: 1

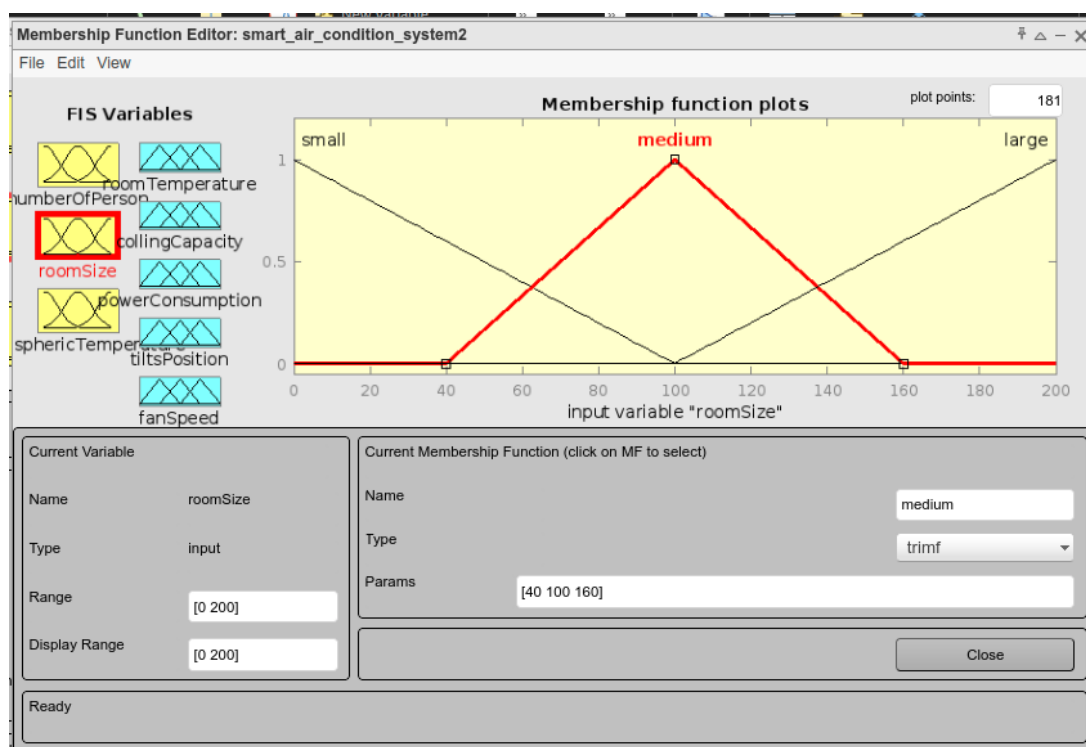
Delete rule Add rule Change rule << >>

FIS Name: smart_air_condition_system2

Close

Fonte: Autoria própria.

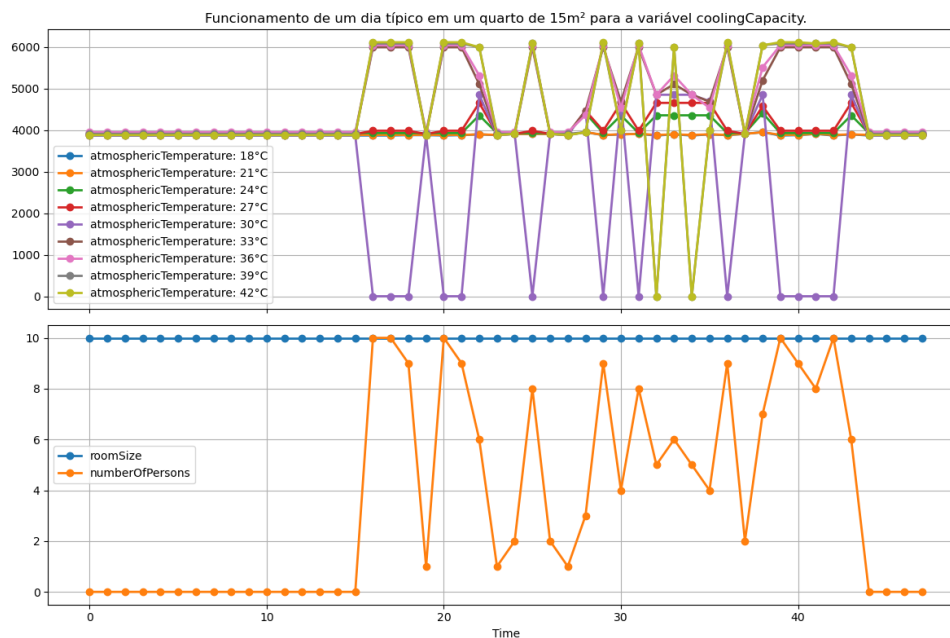
Figura 18 – Superfície para a saída G.



Fonte: Autoria própria.

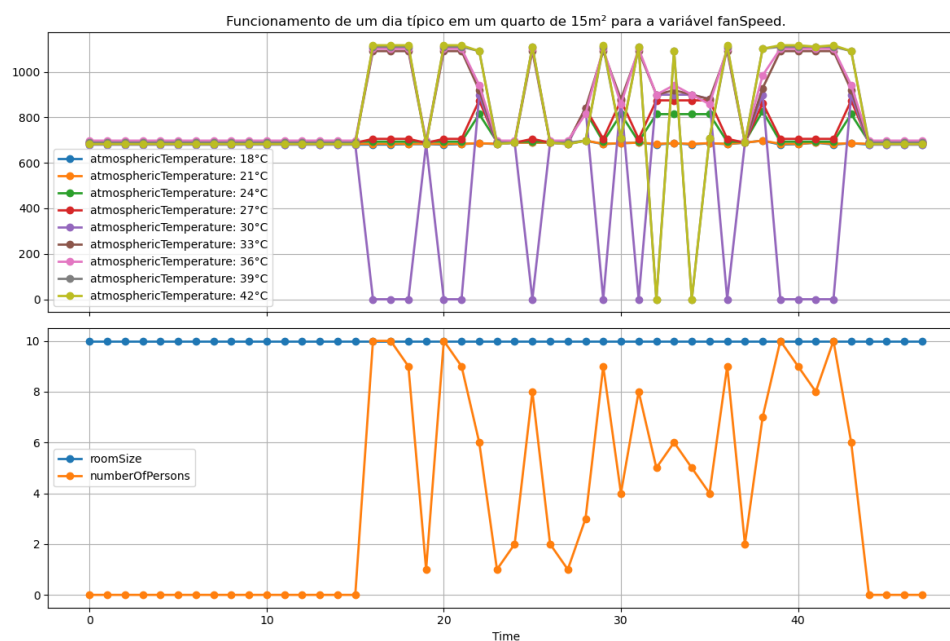
horas), bem como o valor da capacidade de resfriamento para cada uma das temperaturas ambientes utilizadas.

Figura 19 – Dados de potência elétrica.



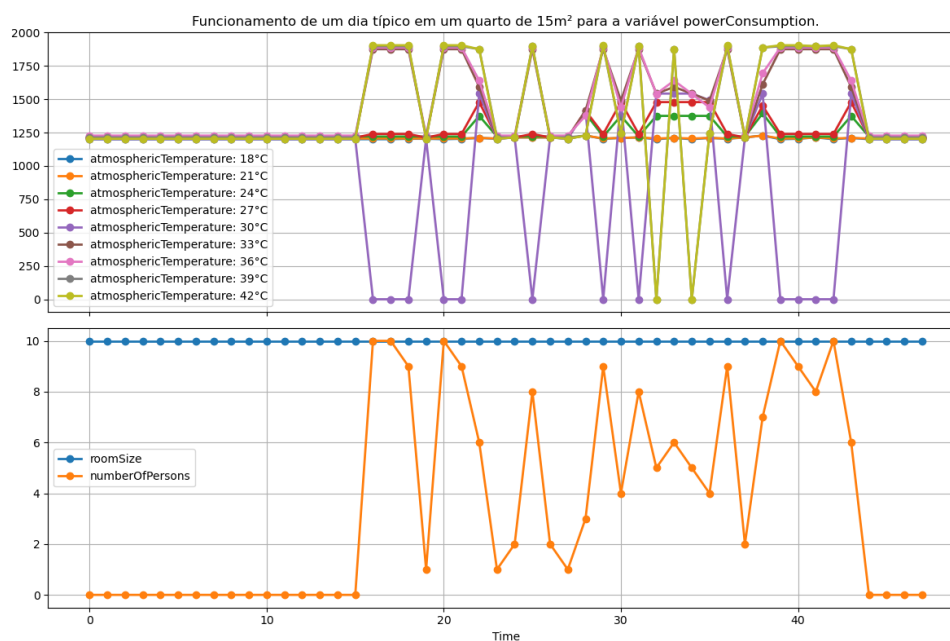
Fonte: Autoria própria.

Figura 20 – Dados de potência elétrica.



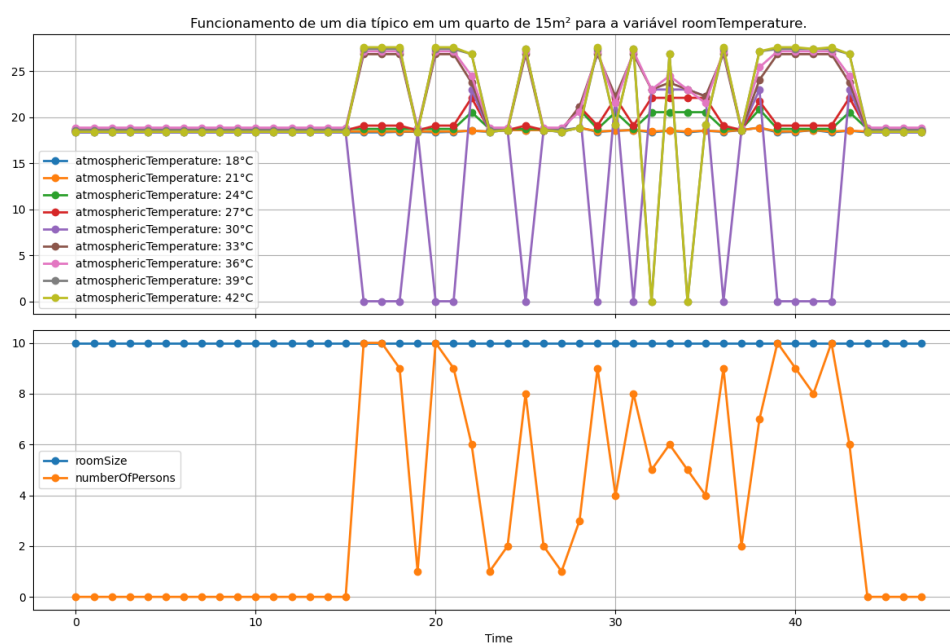
Fonte: Autoria própria.

Figura 21 – Dados de potência elétrica.



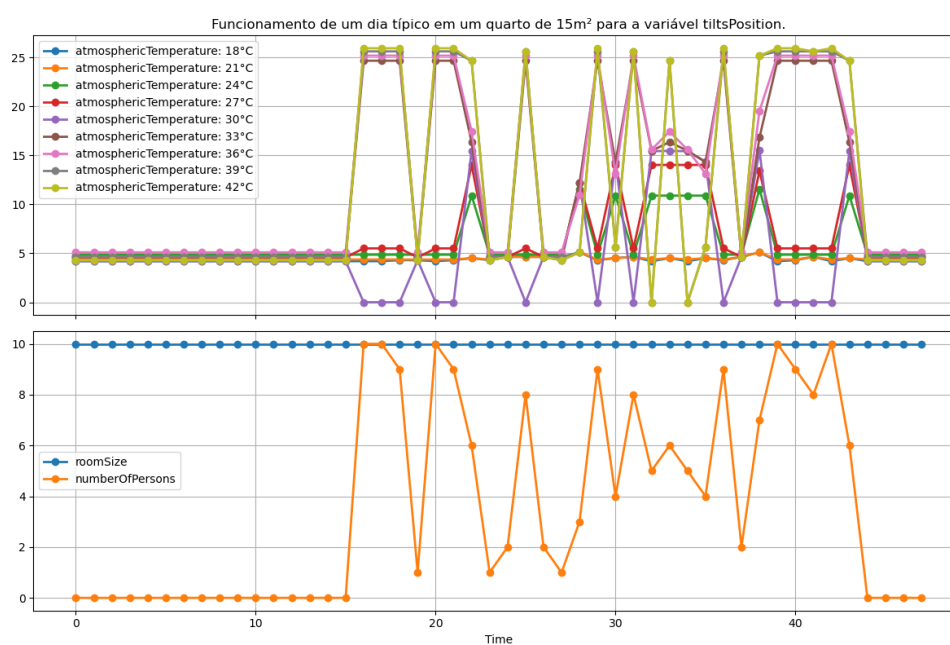
Fonte: Autoria própria.

Figura 22 – Dados de potência elétrica.



Fonte: Autoria própria.

Figura 23 – Dados de potência elétrica.



Fonte: Autoria própria.

4 Conclusão

Em conclusão, a aplicação da lógica fuzzy para o controle de um sistema de ar condicionado representa uma abordagem promissora e eficaz para otimizar o conforto térmico e a eficiência energética em ambientes internos. Este relatório destacou como a lógica fuzzy permite a modelagem de sistemas complexos de forma mais precisa, levando em consideração variáveis imprecisas e incertezas inerentes ao ambiente.

Além disso, ao integrar técnicas de controle baseadas em lógica fuzzy com sistemas de ar condicionado, é possível alcançar um controle mais adaptativo e responsivo às mudanças nas condições ambientais e nas preferências dos usuários.

Diante disso, destaca-se a flexibilidade da lógica fuzzy permite a customização dos controladores de acordo com as necessidades específicas de cada aplicação, contribuindo para uma operação mais eficiente e sustentável dos sistemas de ar condicionado. Em suma, a adoção da lógica fuzzy no controle de sistemas de ar condicionado oferece benefícios significativos em termos de conforto, economia de energia e redução do impacto ambiental, tornando-se uma escolha cada vez mais relevante na busca por soluções de climatização mais inteligentes e eficientes.

Referências

RAJA, K.; RAMATHILAGAM, S. Fuzzy logic simulations for a smart air conditioning system. 08 2022. Citado na página [4](#).