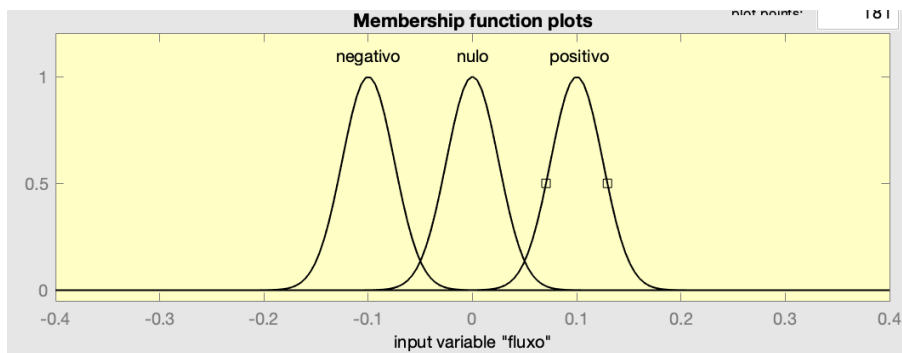
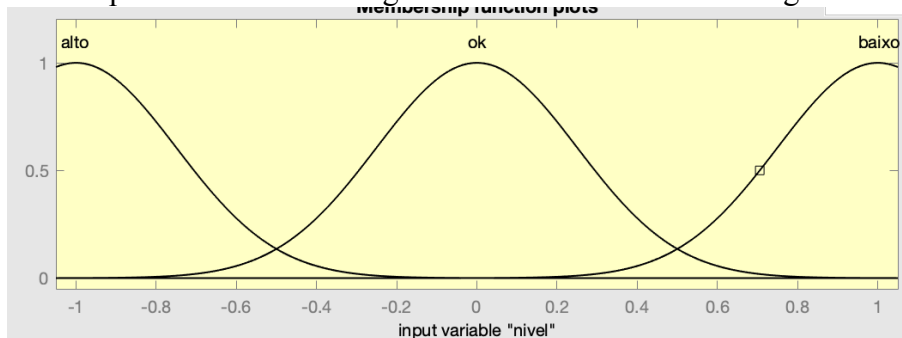


## Ficha nº 6 - Lógica Difusa

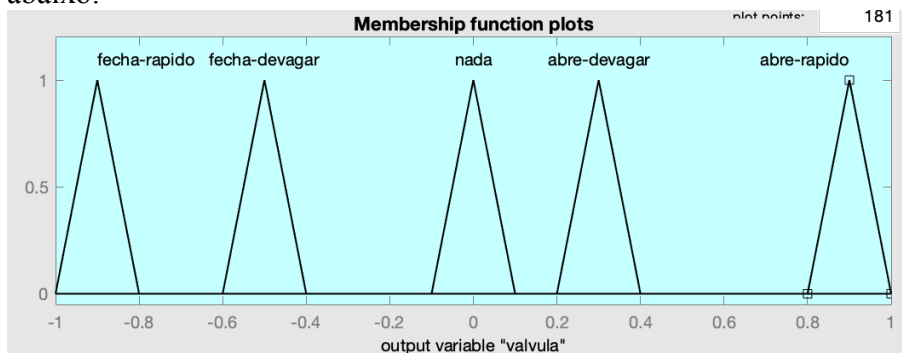
### 1 – Controlador da água de um tanque

Neste exercício pretende-se utilizar um sistema de lógica difusa para a implementação de um modelo que controla o nível de água em um tanque usando um sistema de inferência fuzzy.

As duas entradas para o sistema difuso são o erro do nível da água (variável nível de domínio  $[-1, 1]$ ) e a taxa de variação do nível da água (variável fluxo de domínio  $[-0.4, 0.4]$ ). Cada entrada possui três termos linguísticos como se mostra nas figuras abaixo:



A saída do sistema fuzzy é a taxa na qual a válvula de controle abre ou fecha (variável válvula de domínio  $[-1, 1]$ ). que tem cinco funções de pertença, como se mostra na figura abaixo:



Devido ao diâmetro do tubo de escoamento, o tanque de água neste sistema esvazia mais lentamente do que enche. Para compensar esse desequilíbrio, as funções de associação de válvula *fecha\_devagar* e *abre\_devagar* não são simétricas.

O sistema fuzzy tem cinco regras. As três primeiras regras ajustam a válvula com base apenas no erro do nível de água.

- Se o nível da água estiver bom, não ajuste a válvula.
- Se o nível da água estiver baixo, abra a válvula rapidamente.
- Se o nível da água estiver alto, feche a válvula rapidamente.

As outras duas regras ajustam a válvula com base na taxa de mudança do nível da água quando o nível da água está perto do ponto de ajuste.

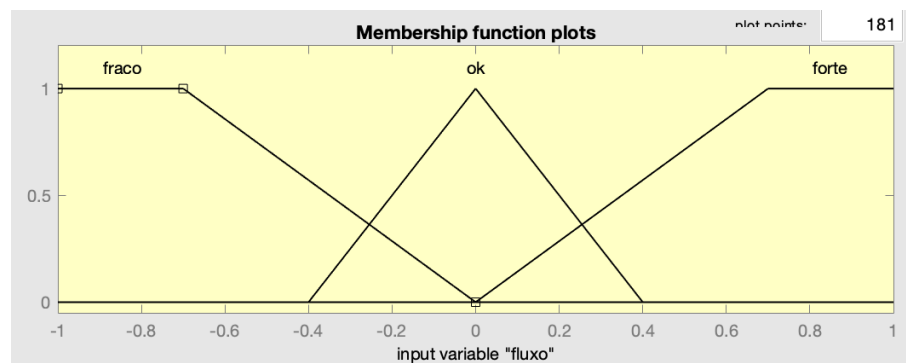
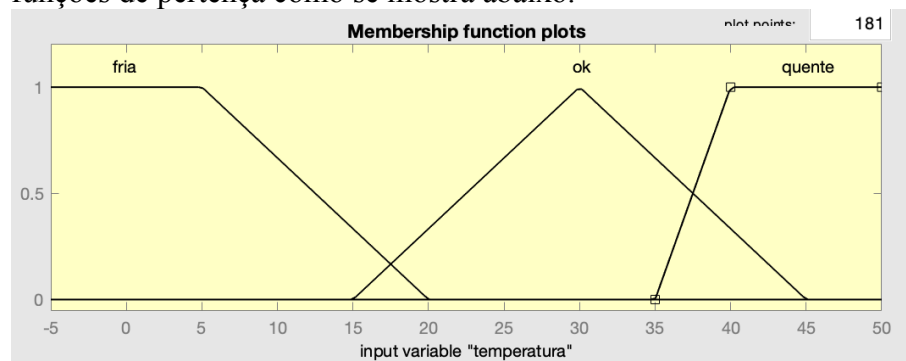
- Se o nível da água estiver bom e aumentando (positivo), feche a válvula lentamente.
- Se o nível da água estiver bom e diminuindo (negativo), abra a válvula lentamente..

Usando as funções da toolbox fuzzy do Matlab, implemente o sistema descrito anteriormente. Teste o sistema e avalie os resultados.

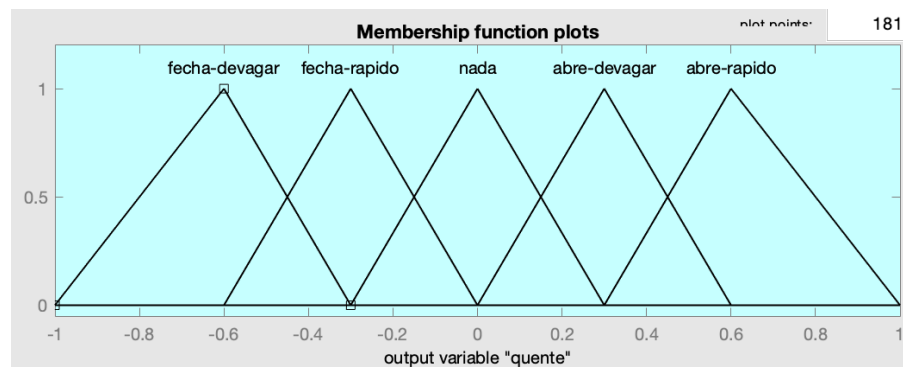
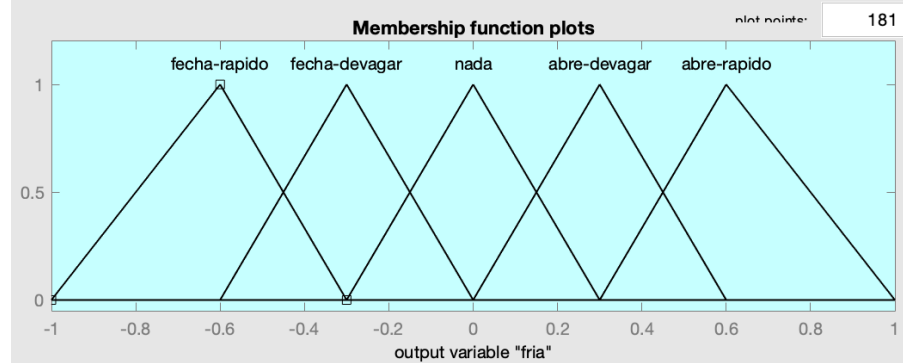
## 2 – Controlador da temperatura de um chuveiro

Neste exercício pretende-se utilizar um sistema de lógica difusa para a implementação de um modelo para controlo da temperatura de um chuveiro, através de um sistema de inferência fuzzy. Para tal sistema, o sistema ajusta a taxa de fluxo e a temperatura de um chuveiro ajustando as torneiras de água quente e fria.

As duas entradas para o sistema difuso são a temperatura (variável temperatura de domínio  $[-5, 50]$ ) e o erro de taxa de fluxo (variável fluxo de domínio  $[-1, 1]$ ). Cada entrada possui três funções de pertinência como se mostra abaixo.



As duas saídas do sistema difuso são a taxa na qual as torneiras de água fria e quente abrem ou fecham (domínio ). Cada saída possui cinco funções de associação:



O sistema fuzzy possui nove regras para ajustar as torneiras de água quente e fria com base nos erros de fluxo e na temperatura. As regras ajustam a taxa de fluxo total com base no erro de fluxo e ajustam as taxas de fluxo quente e frio relativas com base na temperatura.

- Se temperatura estiver fria e o fluxo fraco, então abre a torneira fria devagar e abre a torneira quente depressa.
- Se temperatura estiver fria e o fluxo ok, então fecha a torneira fria devagar e abre a torneira quente devagar.
- Se temperatura estiver fria e o fluxo forte, então fecha a torneira fria depressa e fecha a torneira quente devagar.
- Se temperatura estiver boa e o fluxo fraco, então abre a torneira fria devagar e abre a torneira quente devagar.
- Se temperatura estiver boa e o fluxo ok, então não altera nenhuma das torneiras.
- Se temperatura estiver boa e o fluxo forte, então fecha a torneira fria devagar e fecha a torneira quente devagar.
- Se temperatura estiver quente e o fluxo fraco, então abre a torneira fria depressa e abre a torneira quente devagar.
- Se temperatura estiver quente e o fluxo ok, então abre a torneira fria devagar e fecha a torneira quente devagar.
- Se temperatura estiver quente e o fluxo forte, então fecha a torneira fria devagar e fecha a torneira quente depressa.

Usando as funções da toolbox fuzzy do Matlab, implemente o sistema descrito anteriormente. Teste o sistema e avalie os resultados.

### 3 - Calculador para o consumo de um automóvel ligeiro

Neste exercício pretende-se utilizar um sistema de lógica difusa para a implementação do cálculo do consumo de combustível num automóvel.

Assuma que o consumo de um automóvel depende da aceleração, medida em rotações por minuto (RPM), do estado dos pneus (medida da altura do sulco do pneu) e da inclinação do terreno onde circula (medido em graus positivos ou negativos, consoante se é uma subida, ou descida, 0° corresponde a um terreno sem inclinação, uma inclinação acentuada pode considerar 30°/-30° para subidas ou descidas, respetivamente).

Quanto maior for a aceleração, o pior estado dos pneus, ou a inclinação do terreno, maior será o consumo.

O consumo deve ser medido em nº de litros gastos por cada 100 Km (L/100km)

Alguma informação relevante:

*“A rotação de um automóvel ligeiro de maior cilindrada poderá chegar às 7000 RPM”*

*“Os automóveis ligeiros de 2020 mais económicos consomem desde 3,8L/100KM”*

*“Os pneus têm uma franja de utilização ideal entre os quatro e os oito milímetros, sendo que a legislação portuguesa aponta para uma profundidade mínima de 1,6 milímetros. Abaixo desse limite, arrisca-se a uma multa no caso de verificação pelas autoridades. Por conseguinte, também não passará na Inspeção Periódica Obrigatória (IPO).”*

Implemente em Matlab o sistema de Lógica difusa descrito de seguida.

- 1) Defina as variáveis de **entrada** e de **saída**, e os respetivos **domínios**.
- 2) Para cada variável defina os **termos linguísticos**, com as **funções de pertinência** que considerar mais apropriadas.
- 3) Defina as **regras** que achar apropriadas. Pode considerar que um consumo será mais baixo para situações em que tem baixa aceleração, pneus novos, terrenos sem inclinação, descidas, por exemplo. Pelo contrário com acelerações maiores, pneus velhos, terrenos com subidas o consumo será maior. Defina uma matriz de 8/10 regras.
- 4) Teste o sistema para vários valores de aceleração/inclinação e analise os resultados obtidos.

Por exemplo:

- Qual o consumo para uma aceleração de 100 RPM, pneus com 5mm, e terreno de 0°?
- Qual o consumo para uma aceleração de 5000 RPM, pneus com 1mm, e terreno de 20°?
- Qual o consumo para uma aceleração de 1000 RPM, pneus com 2.5 mm e terreno de -12°?
- ...