

A Lógica *Fuzzy* Como Recurso Auxiliador na Predição da Diabetes do Tipo 2

Maria Dayane Almeida Araujo¹, Lina Yara M. R. Moreira¹,
Antonia Verlane Carvalho de Araújo¹, Rhyhan Ximenes de Brito¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)
CE-187, s/n - Estádio, – CEP 62320-000 – Tianguá – CE – Brasil

{dayanealmeida1996, linayara, verlane123, rxbrito}@gmail.com

Abstract. *This work presents a system based on fuzzy rules for a pre-diagnosis on type 2 diabetes, aiming at assisting medical doctors in requesting tests to attest whether a patient is sick or not. In order to do this, we consider as system entry variables the following symptoms: excessive urination, central obesity, tingling in the feet and hands and visual turbidity. Type 2 diabetes is a chronic disease, in which the pancreas has difficulties in producing the hormone insulin, causing an increase of sugar inside the blood vessels. This disease still has no cure, but a fast diagnosis can provide greater chances of disease control and avoid the more serious consequences of diabetes.*

Resumo. *Este trabalho apresenta um sistema baseado em regras fuzzy para um pré-diagnóstico da diabetes tipo 2, objetivando auxiliar médicos na solicitação de exames para comprovar ou não a doença no paciente. Para isso, considera-se como variáveis de entrada do sistema os seguintes sintomas da doença: urinar excessivamente, obesidade central, formigamentos nos pés e mãos e turvação visual. Diabetes do tipo 2 é uma doença crônica, em que o pâncreas tem dificuldades na produção do hormônio insulina, ocorrendo um aumento de açúcar dentro do vaso sanguíneo. Essa doença ainda não tem cura, mas um diagnóstico rápido pode proporcionar maiores chances de controle da doença e evitar as consequências mais graves da diabetes.*

1. Introdução

O crescente uso da Inteligência Artificial aplicada na área da medicina é algo cada vez mais presente, sendo notória a solução para diagnóstico de doenças. Como define [Lobo 2017], Inteligência Artificial em medicina é o uso de computadores que, analisando um grande volume de dados e seguindo algoritmos definidos por especialistas na matéria, são capazes de propor soluções para problemas médicos.

Nesse contexto foi utilizada a lógica *fuzzy* como método de auxílio no diagnóstico do diabetes do tipo 2. Para a realização do trabalho fez-se necessária a modelagem de um sistema utilizando-se o MatLab (do inglês *Matrix Laboratory*), um programa computacional conhecido em todo o mundo como uma ferramenta para a resolução de problemas matemáticos, científicos e tecnológicos, pois integra análise numérica, cálculo com matrizes, processamento de sinais e construção de gráficos em ambiente fácil de usar, de acordo com [o MATLAB 2012].

A lógica *fuzzy* difere da lógica convencional, pois ela permite assumir afirmações com valores entre falso e verdadeiro, nos possibilitando inclusive trabalhar com variáveis linguísticas. Ela pode ser considerada uma das ferramentas matemáticas mais poderosas para lidar com incertezas, imprecisões e verdade parciais, permitindo a tratabilidade de problemas do mundo-real muitas vezes com soluções de baixo custo computacional [Massad et al. 2004].

Neste enfoque esta pesquisa objetiva aplicar a lógica *fuzzy* para auxiliar no diagnóstico da diabetes do tipo 2, a qual é uma doença crônica em que o corpo não produz a insulina ou não consegue empregar adequadamente a insulina que produz. A importância do diagnóstico precoce e uma mudança no estilo de vida tem efeitos muito benéficos para o paciente, conforme [Silva et al. 2002]. Já [McLellan et al. 2007] se aprofunda, mostrando como essas mudanças podem ser feitas para evitar consequências graves, como as de risco cardiovascular que a diabetes acarreta.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: seção 2 apresenta alguns trabalhos relacionados, seção 3 apresenta um referencial teórico dos principais conceitos pautados na lógica de *fuzzy*. Em seguida na seção 4 apresenta um referencial teórico sobre a diabetes. Na seção 5 é apresentada a abordagem proposta e, finalmente, conclusões e trabalhos futuros são descritos na seção 6.

2. Trabalhos Relacionados

Esta seção apresenta uma revisão bibliográfica sobre a utilização da lógica *fuzzy* como instrumento auxiliador na busca por respostas a problemas relacionados a saúde.

[Watari 2012] procura distinguir com sistemas *fuzzy* como os portadores de diabetes sofrem com os diferentes graus de polineuropatia sensoriomotora distal diabética, alterações musculares que acometem pacientes diabéticos.

[Sant'Anna and Peixoto 2017] Nessa abordagem concentrou-se o uso de um sistema baseado em regras *fuzzy* para avaliar o risco de um indivíduo desenvolver diabetes do tipo 2. Ele usa : índice de massa corpórea, hereditariedade, sedentarismo, estresse e faixa etária na avaliação.

Já [da Silva et al. 2017] abordaram um sistema *fuzzy* para auxiliar na análise dos riscos de uma mulher desenvolver ou já ser portadora do câncer de mama. O trabalho realizado concentrou os estudos em 3 variáveis: idade, sintomas e os fatores de risco.

Diversos trabalhos já baseiam o diagnóstico em exames médicos, mas é mais raro na área um enfoque em sintomas percebidos ainda pelo paciente, antes da busca por ajuda médica.

3. Lógica *Fuzzy*

Os princípios de lógica *fuzzy* foram desenvolvidos primeiramente por Jan Lukasiewicz (1878-1956), que em 1920 desenvolveu e introduziu conjuntos com grau de pertinência que combinados aos conceitos da lógica clássica, desenvolvida por Aristóteles, deu embasamento suficiente para que na década de 60, Lofti Asker Zadeh, professor de Ciências da Computação da Universidade da Califórnia, chegasse a ser o primeiro autor de uma publicação sobre lógica *fuzzy* [Silva 2005].

Essa lógica é uma extensão da lógica booleana e serve para tratar do aspecto vago da informação baseando-se em graus de pertinência de verdade. Ao serem encontrados dados vagos para a resolução de problemas, pode-se converter esses dados em números por meio da lógica *fuzzy* e assim avaliar melhor as possibilidades de solução, pois ela aceita até mesmo aquilo que está entre o verdadeiro e o falso, abrindo assim um leque de possibilidades.

4. Diabetes

O diabetes é comum e de incidência crescente, estimando-se que em 2025 atingirá 5,4% da população adulta mundial. A maior parte desse aumento se dará em países em desenvolvimento, acentuando-se na faixa etária de 45-64 anos [Grossi and de Pascali 2000].

4.1. Diabetes tipo 2

É uma doença crônica na qual o corpo não produz a insulina ou não consegue empregar adequadamente a insulina que produz. Dessa maneira, ocorre um aumento de açúcar dentro do vaso sanguíneo, ocasionando a glicemia que é o nível de glicose presente no sangue e quando está muito elevado ocorre a hiperglicemia. Se esse quadro permanecendo por muito tempo poderá gerar danos em órgãos, vasos sanguíneos e nervos. Por isso é de grande importância uma pessoa com diabetes fazer exames regulares [Sant'Anna and Peixoto 2017].

De acordo com a Sociedade Brasileira de Diabetes (SBD), a diabetes tipo 2 é mais incidente dentre os pacientes, nesse caso, o organismo desenvolve resistência a insulina produzida ou até mesmo passa a ter deficiência em sua secreção e está associada ao acúmulo de peso corpóreo e ao estilo de vida [Sant'Anna and Peixoto 2017].

4.1.1. Sintomas

A diabetes do tipo 2 é uma doença que não tem sintomas definidos nem mesmo uma causa específica, mas vale ressaltar que alguns sintomas são bastante comuns entre os pacientes que possuem essa doença, nesse artigo é abordado apenas 4 desses sintomas, que auxiliam no diagnóstico médico dessa doença, pois de acordo com a gravidade desses sintomas serão solicitados exames para a detecção do problema.

1. Urinar excessivamente, este sintoma pode estar relacionado a diabetes insipidus que é muito rara e devido a esse sintoma pode ser confundida com a diabetes tipo 2 [ALMEIDA et al.];
2. Obesidade central, em que a cintura abdominal maior que 102 cm para homens e maior que 88 cm para mulheres, medida na altura das cristas ilíacas [Picon et al. 2007];
3. Formigamentos nos pés e mãos [Dantas 2016];
4. Vista embaçada ou turvação visual complicações oftalmológicas [Grillo and Gorini 2007].

A importância desses sintomas reside no fato dos pacientes poderem facilmente observá-los antes mesmo da ida ao médico, pois conforme [Milhomem et al. 2008] fatores como a hereditariedade, embora muito relevante para o médico na identificação do

portador de diabetes, não são levados em consideração pelos pacientes antes da procura por ajuda médica. Já os sintomas escolhidos no presente trabalho costumam incomodar mais os pacientes a ponto deles irem atrás de ajuda.

Esses sintomas são apresentados normalmente em pacientes que já estão a algum tempo com a doença. Lembrando que o fato do paciente possuir algum desses sintomas de forma isolada não significa necessariamente que ele tem diabetes, mas a junção faz ligar um sinal de alerta para a possibilidade do paciente estar com o problema.

5. Abordagem Proposta

Com o auxílio da plataforma MatLab, modelou-se um sistema com a utilização da lógica de *fuzzy* para a realização de simulações de diagnóstico, onde foi utilizado como dados de entrada: urinar excessivamente, medição da obesidade central, formigamento dos pés e mãos e vista embaçada ou turvação visual.

Todos esses sintomas apresentam as seguintes fases de acordo com a gravidade apresentada pelo paciente: irrelevante quando o sintoma não apresenta relevância médica, estando ausente ou apresentando uma alteração que pode ser considerada casual, ou ainda quando o paciente não notou alteração a ponto de não saber informar o sintoma, moderada quando o sintoma já afeta o modo de vida do paciente a ponto de incomodá-lo e grave quando afeta o paciente a ponto de ele dever procurar ajuda clínica urgente. Os sintomas estudados estão classificados em uma escala de 0 a 1, onde 0 é a menor atribuição e 1 é a maior atribuição.

Porém deve-se salientar que outras doenças podem ter os mesmos sintomas, ficando a critério do profissional da medicina fazer a análise de tal possibilidade, com base em critérios específicos e válidos para diabetes do tipo 2.

A Figura 1 apresenta as variáveis de entrada. Neste caso, a aplicação realizada nesse trabalho possui quatro variáveis de entrada e uma de saída, sendo que as variáveis de entrada correspondem aos sintomas necessários para identificação da doença diabetes do tipo 2.

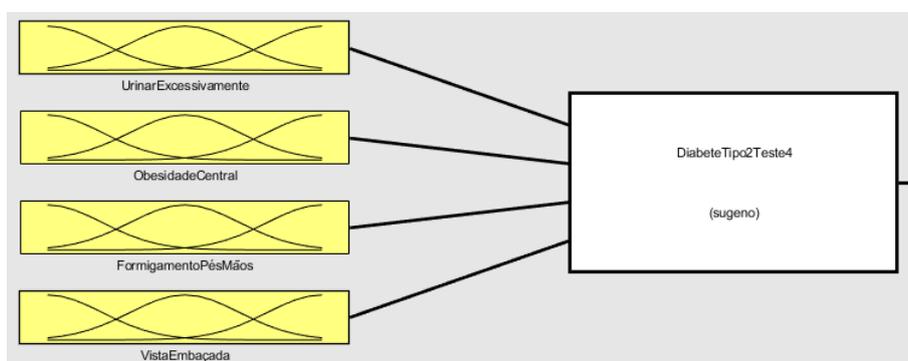


Figura 1. Variáveis de Entrada

Conforme a Figura 2, nota-se a classificação de cada grau do sintoma em irrelevante, moderada e grave, bem como os gráficos estabelecidos. Já a Figura 3 mostra a classificação feita na saída dos dados com relação ao risco de o paciente ter diabetes: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto.

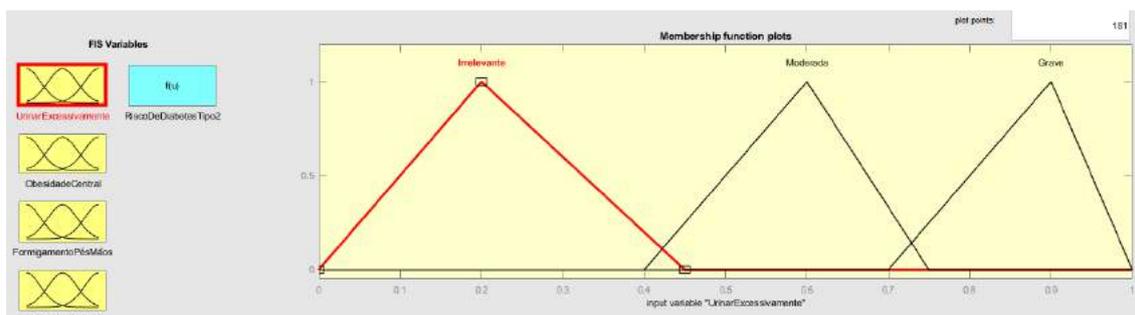


Figura 2. Gráficos do Grau dos Sintomas

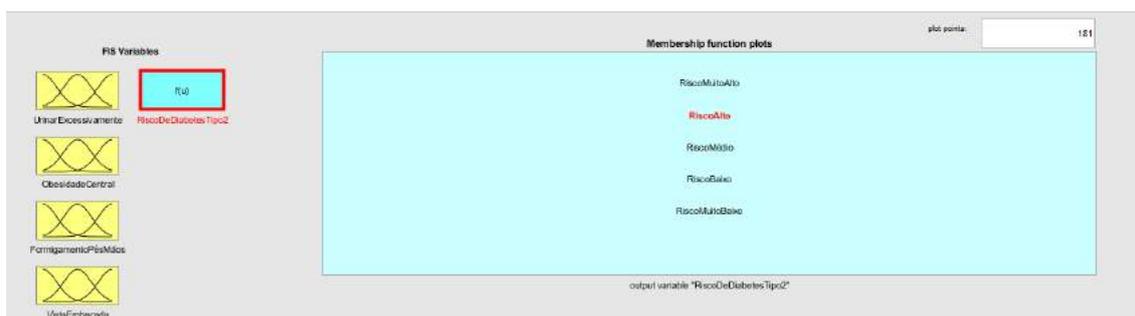


Figura 3. Saídas do Sistema fuzzy

A Figuras 4 demonstra a definição das regras as quais são necessárias para obter o diagnóstico da diabetes tipo 2. Foram elaboradas 81 regras para obter todos os possíveis resultados de combinação entre as entradas e as saídas esperadas. A partir destas regras é possível identificar se o paciente tem ou não o risco de ter a doença e em que gravidade se apresenta esse risco. O critério adotado foi a atribuição de peso 0 para sintomas irrelevantes, 1.5 para sintomas de grau moderado e de peso 2.5 para os graves. Ou seja, no máximo o paciente obteria 4 sintomas graves e um total de 10 em pontuação.

Assim, na saída foram classificadas as pontuações de 0 a 2 como risco muito baixo, acima de 2 até 4 como risco baixo, acima de 4 até 6 como risco médio, acima de 6 até 8 como risco alto e acima de 6 até 10 como risco muito alto.

1. If (UrinarExcessivamente is Irrelevante) and (ObesidadeCentral is Irrelevante) and (FormigamentoPésMãos is Irrelevante) and (VistaEmbaçada is Irrelevante) then (RiscoDeDiabetesTipo2 is RiscoMuitoBaixo) (1)
2. If (UrinarExcessivamente is Moderada) and (ObesidadeCentral is Irrelevante) and (FormigamentoPésMãos is Irrelevante) and (VistaEmbaçada is Irrelevante) then (RiscoDeDiabetesTipo2 is RiscoMuitoBaixo) (1)
3. If (UrinarExcessivamente is Irrelevante) and (ObesidadeCentral is Moderada) and (FormigamentoPésMãos is Irrelevante) and (VistaEmbaçada is Irrelevante) then (RiscoDeDiabetesTipo2 is RiscoMuitoBaixo) (1)
4. If (UrinarExcessivamente is Irrelevante) and (ObesidadeCentral is Irrelevante) and (FormigamentoPésMãos is Moderada) and (VistaEmbaçada is Irrelevante) then (RiscoDeDiabetesTipo2 is RiscoMuitoBaixo) (1)
5. If (UrinarExcessivamente is Irrelevante) and (ObesidadeCentral is Irrelevante) and (FormigamentoPésMãos is Irrelevante) and (VistaEmbaçada is Moderada) then (RiscoDeDiabetesTipo2 is RiscoMuitoBaixo) (1)
6. If (UrinarExcessivamente is Moderada) and (ObesidadeCentral is Moderada) and (FormigamentoPésMãos is Irrelevante) and (VistaEmbaçada is Irrelevante) then (RiscoDeDiabetesTipo2 is RiscoBaixo) (1)
7. If (UrinarExcessivamente is Moderada) and (ObesidadeCentral is Irrelevante) and (FormigamentoPésMãos is Moderada) and (VistaEmbaçada is Irrelevante) then (RiscoDeDiabetesTipo2 is RiscoBaixo) (1)
8. If (UrinarExcessivamente is Moderada) and (ObesidadeCentral is Irrelevante) and (FormigamentoPésMãos is Irrelevante) and (VistaEmbaçada is Moderada) then (RiscoDeDiabetesTipo2 is RiscoBaixo) (1)
9. If (UrinarExcessivamente is Irrelevante) and (ObesidadeCentral is Moderada) and (FormigamentoPésMãos is Moderada) and (VistaEmbaçada is Irrelevante) then (RiscoDeDiabetesTipo2 is RiscoBaixo) (1)
10. If (UrinarExcessivamente is Irrelevante) and (ObesidadeCentral is Moderada) and (FormigamentoPésMãos is Irrelevante) and (VistaEmbaçada is Moderada) then (RiscoDeDiabetesTipo2 is RiscoBaixo) (1)
11. If (UrinarExcessivamente is Irrelevante) and (ObesidadeCentral is Irrelevante) and (FormigamentoPésMãos is Moderada) and (VistaEmbaçada is Moderada) then (RiscoDeDiabetesTipo2 is RiscoBaixo) (1)
12. If (UrinarExcessivamente is Moderada) and (ObesidadeCentral is Moderada) and (FormigamentoPésMãos is Moderada) and (VistaEmbaçada is Irrelevante) then (RiscoDeDiabetesTipo2 is RiscoMédio) (1)
13. If (UrinarExcessivamente is Moderada) and (ObesidadeCentral is Moderada) and (FormigamentoPésMãos is Irrelevante) and (VistaEmbaçada is Moderada) then (RiscoDeDiabetesTipo2 is RiscoMédio) (1)
14. If (UrinarExcessivamente is Moderada) and (ObesidadeCentral is Irrelevante) and (FormigamentoPésMãos is Moderada) and (VistaEmbaçada is Moderada) then (RiscoDeDiabetesTipo2 is RiscoMédio) (1)
15. If (UrinarExcessivamente is Irrelevante) and (ObesidadeCentral is Moderada) and (FormigamentoPésMãos is Moderada) and (VistaEmbaçada is Moderada) then (RiscoDeDiabetesTipo2 is RiscoMédio) (1)
16. If (UrinarExcessivamente is Moderada) and (ObesidadeCentral is Moderada) and (FormigamentoPésMãos is Moderada) and (VistaEmbaçada is Moderada) then (RiscoDeDiabetesTipo2 is RiscoMédio) (1)
17. If (UrinarExcessivamente is Grave) and (ObesidadeCentral is Irrelevante) and (FormigamentoPésMãos is Irrelevante) and (VistaEmbaçada is Irrelevante) then (RiscoDeDiabetesTipo2 is RiscoBaixo) (1)
18. If (UrinarExcessivamente is Irrelevante) and (ObesidadeCentral is Grave) and (FormigamentoPésMãos is Irrelevante) and (VistaEmbaçada is Irrelevante) then (RiscoDeDiabetesTipo2 is RiscoBaixo) (1)

Figura 4. Regras 1 a 18 do sistema fuzzy

Na Tabela 1 são apresentados os resultados obtidos com a simulação realizada com o Paciente X, onde foi verificado que os sintomas estudados apresentam os seguintes resultados: Urinar excessivamente 0.51, sendo considerada moderada com aproximação da fase leve, obesidade central 0.38, onde se encontra na fase leve, bem próximo à moderada; Formigamento nos pés e mãos encontra-se na fase leve do sintoma com o resultado obtido

0.15; Vista embaçada ou turvação visual está inspirando cuidados devidos apresentar-se na fase moderada do sintoma, mas no limiar com o leve, devido ao resultado obtido 0.45. De acordo com a Figura 5, o diagnóstico de Diabetes tipo 2 obtido com os resultados de todos os sintomas e aplicando as regras da lógica *fuzzy* foi 0.25, sendo considerado que o paciente encontra-se com risco baixo de ter a doença.

Tabela 1. Simulação com Paciente X

Sintomas	Gravidade
Urinar excessivamente	1.3
Obesidade Central	0.8
Formigamento nos pés e mãos	1.8
Vista embaçada ou turvação visual	1.5
Diagnóstico	0.25

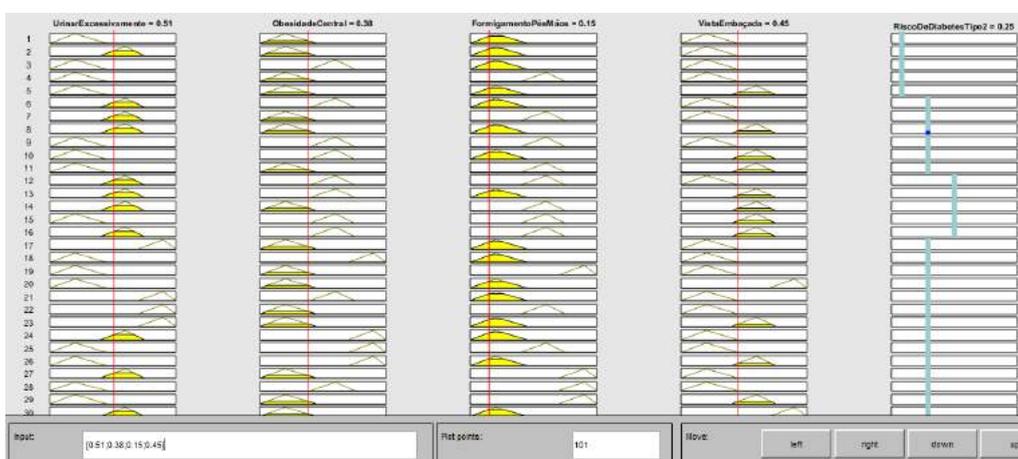


Figura 5. Resultados da Simulação com Paciente X

Já com o paciente Y foram simulados os seguintes valores, constantes na Tabela 2: Urinar excessivamente 0.85, sendo considerada presença grave do sintoma e devendo chamar a atenção da equipe de saúde responsável pelo paciente, independente do diagnóstico de diabetes 2; obesidade central 0.43, onde se encontra no limiar entre leve e moderada, classificado como moderada; Formigamento nos pés e mãos encontra-se na fase moderada do sintoma com o resultado obtido 0.61; Vista embaçada ou turvação visual está inspirando cuidados devidos apresentar-se na fase grave do sintoma, devido ao resultado obtido 0.83. O diagnóstico é de risco alto do paciente ser portador de diabetes do tipo 2, conforme a Figura 6.

6. Conclusões e trabalhos futuros

A Diabetes tipo 2 é uma doença que acomete pessoas no mundo todo, principalmente a do tipo 2 que é mais frequente. Este trabalho evidencia que a lógica *fuzzy* é um método que pode ser utilizado para o auxílio no diagnóstico dela e de outras doenças. Contudo, pode auxiliar profissionais de saúde a diagnosticarem a presença da doença e em qual estado encontra-se, dessa forma, possibilita identificar a gravidade do sintoma, ou seja, irrelevante, moderado e grave, e, por conseguinte, o risco de o paciente apresentar a doença. Assim o paciente podendo ser encaminhado para o tratamento indicado.

Tabela 2. Simulação com paciente Y

Sintomas	Gravidade
Urinar excessivamente	0.85
Obesidade Central	0.43
Formigamento nos pés e mãos	0.61
Vista embaçada ou turvação visual	0.83
Diagnóstico	0.75

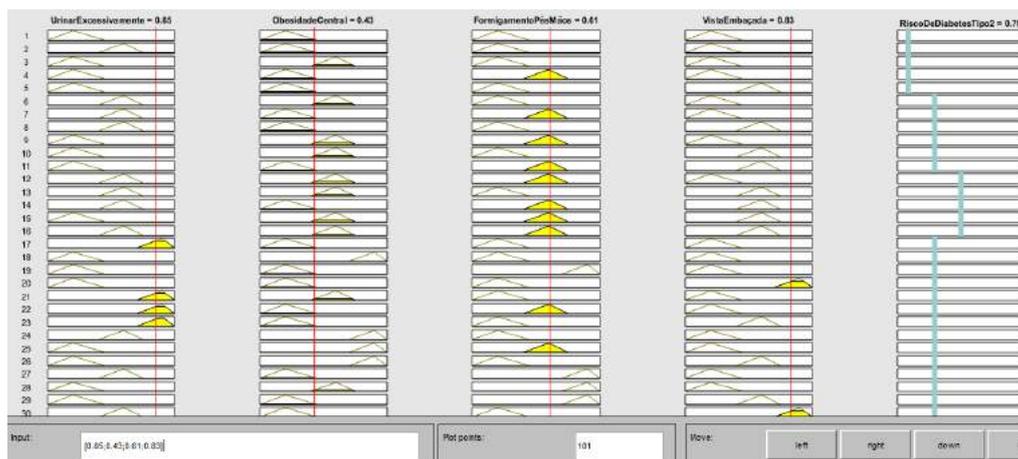


Figura 6. Resultados da Simulação com Paciente Y

Como trabalhos futuros sugere-se a aplicação da lógica *fuzzy* como recurso auxiliar no diagnóstico de outras doenças relacionadas a diabetes como por exemplo doenças cardíacas.

Referências

- ALMEIDA, A. B., PERDIGAO, J. d. A., and LANA, C. Netsaber-artigos.
- da Silva, P. H. A., de Brito, R. X., de Sousa Ximenes, J. N., and de Sousa, R. N. (2017). A aplicação da lógica de fuzzy no auxílio do diagnóstico do câncer de mama. *ENUCOMPI*.
- Dantas, M. E. (2016). Alterações dos pés de idosos com diabetes mellitus tipo 2: relação com controle postural. B.S. thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Grillo, M. d. F. F. and Gorini, M. I. P. C. (2007). Caracterização de pessoas com diabetes mellitus tipo 2. *Revista brasileira de enfermagem. Brasília. Vol. 60, n. 1 (jan./fev. 2007), p. 49-54.*
- Grossi, S. A. A. and de Pascali, P. M. (2000). *Cuidados de enfermagem em diabetes mellitus*. Grupo Gen-AC Farmacêutica.
- Lobo, L. C. (2017). Inteligência artificial e medicina.
- Massad, E., Ortega, N. R. S., and Silveira, P. S. P. (2004). *Métodos quantitativos em medicina*. Editora Manole Ltda.

- McLellan, K. C. P., Barbalho, S. M., Cattalini, M., and Lerario, A. C. (2007). Diabetes mellitus do tipo 2, síndrome metabólica e modificação no estilo de vida. *Rev Nutr*, 20(5):515–24.
- Milhomem, A. C. M., Mantelli, F. F., Lima, G. A. V., Bachion, M. M., and Munari, D. B. (2008). Diagnósticos de enfermagem identificados em pessoas com diabetes tipo 2 mediante abordagem baseada no modelo de orem. *Revista Eletrônica de Enfermagem*, 10(2).
- o MATLAB, C. (2012). O que é o matlab?
- Picon, P. X., Leitão, C. B., Gerchman, F., Azevedo, M. J. d., Silveiro, S. P., Gross, J. L., and Canani, L. H. S. (2007). Medida da cintura e razão cintura/quadril e identificação de situações de risco cardiovascular: estudo multicêntrico em pacientes com diabetes melito tipo 2. *Arquivos brasileiros de endocrinologia & metabologia= Brazilian archives of endocrinology and metabolism. São Paulo. Vol. 51, n. 3 (abr. 2007), p. 443-449.*
- Sant’Anna, C. S. and Peixoto, M. S. (2017). Avaliação de risco de diabetes tipo 2 via sistema fuzzy. *IMECC–UNICAMP.*
- Silva, C. A. d., Lima, W. C. d., et al. (2002). Efeito benéfico do exercício físico no controle metabólico do diabetes mellitus tipo 2 à curto prazo. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia.*
- Silva, R. A. C. (2005). Inteligência artificial aplicada a ambientes de engenharia de software: Uma visão geral. *INFOCOMP Journal of Computer Science*, 4(4):27–37.
- Watari, R. (2012). *Análise da progressão das alterações eletromiográficas da marcha de diabéticos neuropatas classificados através de um modelo linguístico fuzzy.* PhD thesis, Universidade de São Paulo.