



# ConBRepro

XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



01 a 03  
de dezembro 2021

## Modelagem para possível tomada de decisões do número de crescimento populacional de uma cidade inteligente, por meio de Mapas Cognitivos Fuzzy.

### Autor 1

Márcio Mendonça

Universidade Tecnológica Federal do Paraná-Campus Cornélio Procópio  
PPGEM-CP - Programa de mestrado em engenharia mecânica - Docente

### Autor 2

Gilberto Mitsuo Suzuki Trancolin

Universidade Tecnológica Federal do Paraná-Campus Cornélio Procópio  
PPGEM-CP - Programa de mestrado em engenharia mecânica - Docente

### Autor 3

Carlos Alberto Pasquilino

Universidade Tecnológica Federal do Paraná-Campus Cornélio Procópio  
PPGEM-CP - Programa de mestrado em engenharia mecânica - discente

### Autor 4

Marta Rúbia Pereira dos Santos

A Escola Técnica Estadual (ETEC)-Centro Paulo Souza  
ETEC-Jacinto Ferreira de Sá-Ourinhos

### Autor 5

Célia Cristina Faria

A Escola Técnica Estadual (ETEC)-Centro Paulo Souza  
ETEC-Jacinto Ferreira de Sá-Ourinhos

**Resumo:** Este trabalho utiliza Mapas Cognitivos Fuzzy, do inglês *Fuzzy Cognitive Maps* (FCM), uma evolução dos Mapas Cognitivos com apelo na área de gestão. Em especial, gestão de imigração em cidades por meio de uma técnica computacional inteligente FCM. A proposta deste trabalho está em quantificar, por meio de termos linguísticas as variáveis envolvidas no processo, e não só apenas identificar se elas têm influência positiva ou negativa como o trabalho clássico de Axelrod. Uma breve revisão de trabalhos relacionados ao desenvolvimento de cidades inteligentes empregando FCM é apresentada. Posto isso, para situar a proposta dessa investigação científica comparada com as correlatas. O FCM dessa pesquisa possibilita identificar possíveis problemas no processo de imigração de uma cidade, como por exemplo o aumento pode trazer melhoras como por exemplo, aumentar entretenimento com a modernização, ou piorar as condições sanitárias com aumento da população. Resultados por meio de FCM inspirado no trabalho de Axelrod serão apresentados e discutidos. E, finalmente esse trabalho se encerra com uma conclusão e sugestão de futuros trabalhos.

**Palavras-chave:** Mapas Cognitivos Fuzzy, Imigração cidades, Sistemas Computacionais inteligentes.

# Modeling for possible decision-making of the number of population growth of a smart city, through Fuzzy Cognitive Maps.

**Abstract:** This work uses Fuzzy Cognitive Maps (FCM), an evolution of Cognitive Maps with appeal in the management area. Immigration management in cities using an FCM intelligent computational technique. The purpose of this work is to quantify, through linguistic terms, the variables involved in the process, and not only to identify whether they have a positive or negative influence like the classic work of Axelrod. That said, the tool makes it possible to identify possible problems in the immigration process of a city, as, for example, the increase can bring improvements, increase entertainment with modernization, or worsen sanitary conditions with an increase in population. Results through FCM inspired by Axelrod's work will be presented and discussed. Moreover, finally, this work ends with a conclusion and suggestion for future work.

**Keywords:** *Fuzzy Cognitive Maps, Immigration Cities, Intelligent Computer Systems.*

## 1. Introdução

As cidades inteligentes evoluem na direção da integração de todas dimensões da inteligência humana, artificial e coletiva, como também combinações desses ter pilares. Em outras palavras Cidades são considerada inteligentes quando são construídas como aglomerados multidimensionais, combinando as três principais dimensões (KOMNINOS, 2009).

Uma das partes, ou a parte mais importante de uma cidade são as pessoas que vivem nela. Portanto, bem-estar e saúde são indispensáveis para o Conceito de cidades inteligentes(VON SON et al., 2017). Entretanto, o crescente número de habitantes de uma cidade. Haverá mais desafios na gestão da cidade. Neste contexto, muitos eventos podem ser podem se relacionar de uma forma complexa, os quis dificilmente são controlados (PURNOMO et al., 2016).

Mapas cognitivos (CMs) foram propostos para a tomada de decisão por Axelrod (1976) pela primeira vez. Usando dois tipos básicos de elementos, conceitos e relações causais, o mapa cognitivopode ser visto como um modelo matemático simplificado de uma sistema de crença(MILLER, 1979). Deste modo, os FCM são modelos que usam os CM como uma das técnicas precursoras, conseqüentemente também podem ser considerados modelos de crença (MENDONÇA et al., 2015).

Já os FCM são normalmente assinados por fuzzy gráficos ponderados, geralmente envolvendo feedbacks, consistindo em nós e links direcionados conectando-os. Os nós representam conceitos comportamentais descritivos do sistema e os links representam relações de causa-efeito entre os conceitos. No contexto da teoria FCM, o valor fuzzy de um conceito denota o grau em que o conceito específico está ativo no geral sistema, geralmente limitado em um intervalo normalizado de  $[0, 1]$ . Além disso, os pesos das inter-relações do sistema refletem o grau de influência causal entre dois conceitos e eles são geralmente atribuídos linguisticamente por especialistas (GLYKAS, 2010). De modo resumido já supracitado os FCMs combinam aspectos de duas técnicas computacionais inteligentes, como por exemplo a robustez da das Redes Neurais. E os termos linguísticos da lógica fuzzy (AGUILAR, 2001).

A motivação dessa pesquisa está na inclusão de informações linguísticas no modelo cognitivo, a priori desenvolvido com objetivo social. Posto isso, a capacidade de inferência e convergência dos FCMs (NÁPOLES et al., 2016) poderão contribuir em dos fatores das cidades inteligentes.

Este trabalho objetiva principalmente abordar entre outros conceitos o bem-estar e a saúde das pessoas relacionado a imigração e conseqüentemente o crescimento das cidades por de um FCM, uma técnica computacional inteligente que compila o conhecimento de

especialistas na construção de um modelo cognitivo com variáveis fuzzy e um grafo com uma inferência que remete a redes neurais artificiais (MENDONCA; CHUN; ROCHA, 2017).

A aplicação de técnicas computacionais é usual no desenvolvimento de cidades inteligentes. Alguns trabalhos serão citados usando FCM aplicados no auxílio de desenvolvimento de cidades Inteligentes. Como por exemplo o trabalho de (KALTENRIEDER et al., 2016). Este artigo apresenta um protótipo de software de um assistente digital pessoal 2.0. Com base em métodos de *softcomputing* (técnicas computacionais inteligentes) e computação cognitiva, este protótipo de aplicativo móvel melhora o calendário e o gerenciamento de mobilidade em cidades cognitivas. Aplicando *Fuzzy Cognitive Maps* e álgebra temporal, o protótipo representa um próximo passo para a realização de cidades cognitivas (isto é, cidades inteligentes aprimoradas com cognição).

Já o trabalho de (SUDHAGAR, 2019) estuda os FCM e seu papel no desenvolvimento de um sistema educacional inteligente. Um modelo básico de mapa cognitivo fuzzy (FCM) é proposto, o qual pode superar algumas das dificuldades no ambiente de aprendizagem estático e em ambientes de aprendizagem digital. O FCM proposto modela um sistema de aprendizagem dinâmico, identifica estilos de aprendizagem, avalia os fatores críticos de um sistema de gestão de aprendizagem, avalia o mecanismo de ensino e aprendizagem do FCM e seus desenvolvimentos. Pode-se citar trabalho com FCM aplicado na educação, o qual pode contribuir como um retorno do nível de satisfação dos estudantes na UTFPR-Campus Cornélio Procópio, o qual pode contribuir no desenvolvimento e melhor adaptação da universidade, a qual tem significativa importância no desenvolvimento da cidade (MENDONCA et al., 2015).

Como motivação da aplicação da técnica computacional proposta pode-se citar o artigo de (KALTENRIEDER; PORTMANN; MYRACH, 2015) que mostra uma visão sobre a computação cognitiva para cidades inteligentes, resultando em cidades cognitivas. Cidades cognitivas e pesquisa de computação cognitiva com os conceitos subjacentes de gráficos de conhecimento e FCM são apresentados e apoiado por ferramentas existentes e ferramentas pretendidas. O artigo ilustra o FCM como um instrumento adequado para representar informação / conhecimento em uma cidade ou ambiente impulsionado pela interação homem-tecnologia, impondo o conceito de cidades cognitivas. Um protótipo de papel proposto combina as descobertas do artigo e mostra a próxima etapa na implementação do meta-aplicativo proposto.

Já o trabalho (D'ONOFRIO et al., 2018) Este introduz raciocínio analógico fuzzy, diferenciá-lo como um componente essencial de um processo global de raciocínio confuso como uma possível proposta de desenvolvimento. A estrutura conceitual para sistemas de diálogo urbano permite que tais sistemas emulem o raciocínio analógico humano usando um ambiente cognitivo por meio de *softcomputing*, em especial FCM. Esse trabalho já está na segunda iteração de seu desenvolvimento. Foram realizados dois experimentos para confirmar a estabilidade da fundamentação teórica.

Um trabalho correlato ao desse artigo, o qual foi apresenta uma proposta similar, porém com uma estratégia diferente na modelagem de imigrantes para uma cidade baseada no trabalho original de Axelrod, foi o trabalho (PEDRYCZ; JASTRZEBSKA; HOMENDA, 2016), o qual modelou as relações causais por meio de dados históricos, e não por meio de conhecimento especialistas como será apresentado na seção de desenvolvimento. Outra diferença é de que esse trabalho propõe uma modelagem por meio de um FCM mais genérica.

Este documento está organizado da seguinte forma. Na seção 2 fundamentos dos FCM serão abordados. Já a seção 3, o desenvolvimento proposto nessa investigação científica será discorrido. A seção 4 fará uma análise macro e comentará os itens ou conceitos

formalizados no modelo cognitivo. E, finalmente a seção 5 conclui e endereça futuros trabalhos

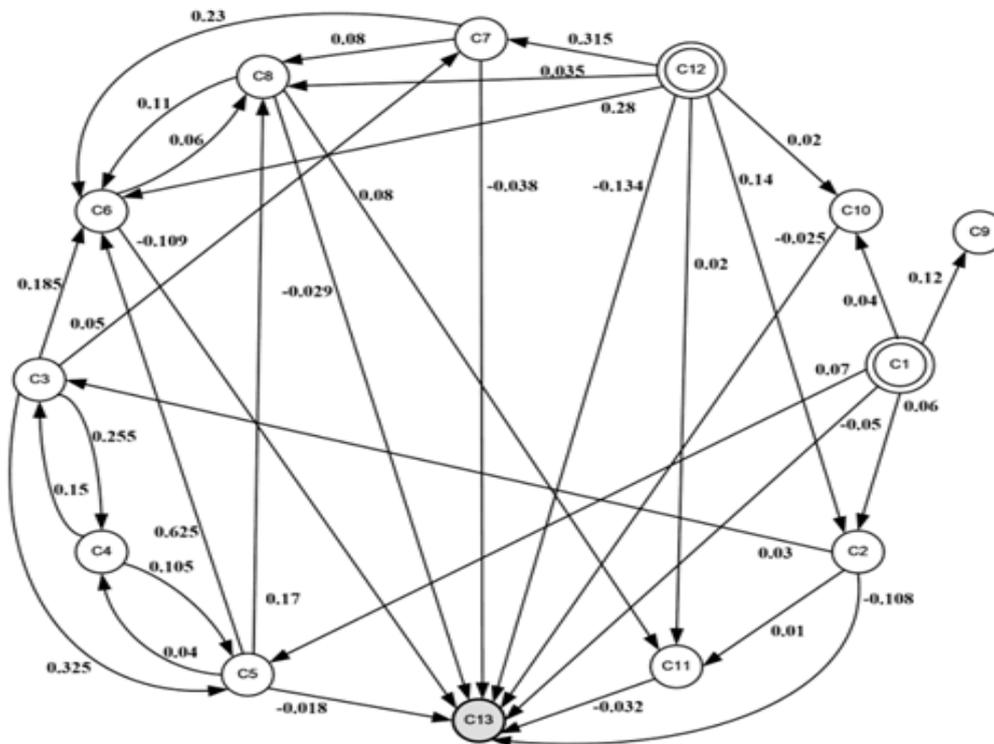
## 2.0 Fundamentos Fuzzy Cognitive Maps

Proposto em 1986 por Bart Kosko (KOSKO, 1986), *Fuzzy Cognitive Maps* (FCMs) formam uma classe de Redes Neurais Artificiais (RNA) (HAYKIN, 2000) as quais representam o conhecimento de forma simbólica e relatório de estados variáveis, baseada em eventos de saídas e entradas, usando uma abordagem de causa e efeito. Os FCMs, quando comparadas às Redes Neurais Artificiais, têm várias importantes vantagens como a relativa facilidade de representar estruturas de conhecimento e simplicidade da inferência que é calculada por operações numéricas de matrizes (PARSOPOULOS et al., 2003).

Os FCMs visam a modelagem e simulação de sistemas dinâmicos. Eles exibem inúmeras vantagens, como modelo de transparência, simplicidade e adaptabilidade a um determinado domínio, para citar alguns. FCMs foram aplicados a numerosas áreas industriais, como por exemplo o trabalho de Mendonça (MENDONÇA et al., 2013). A proposta extensão modifica o modelo de simulação de um FCM clássico de Kosko, devido ao FCM canônico não tratar o tempo, algumas delas podem ser encontradas Papageorgiou (2014). Uma das dificuldades do emprego do FCM está em determinar os aspectos, variáveis ou os conceitos do FCM. A construção desses modelos pode ser de duas formas, a partir de conhecimento de especialistas na área (como foi o caso dessa pesquisa) e a partir de dados históricos (YESIL et al., 2013) ou até mesmo uma abordagem que utiliza os dois métodos de forma complementar (MAZZUTO et al, 2018). E, finalmente os FCM podem ser cíclicos ou acíclicos. Os cíclicos formam um ou mais ciclos entre os conceitos e suas relações causais. Como mostra a figura 1 (YESIL et al., 2013a). Nesse exemplo é possível observar várias conexões cíclicas entre os conceitos (círculos) e suas relações causais(setas), como por exemplo as conexões dos conceitos C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> e C<sub>5</sub>.

Teoricamente um FCM pode não convergir, ficar resultados caóticos e, como o caso desse trabalho convergir e atingir um ciclo limite, um de atrator (MENDONÇA et al., 2017).

Figura 1 - FCM Cíclico



Fonte: Papageorgiou 2014

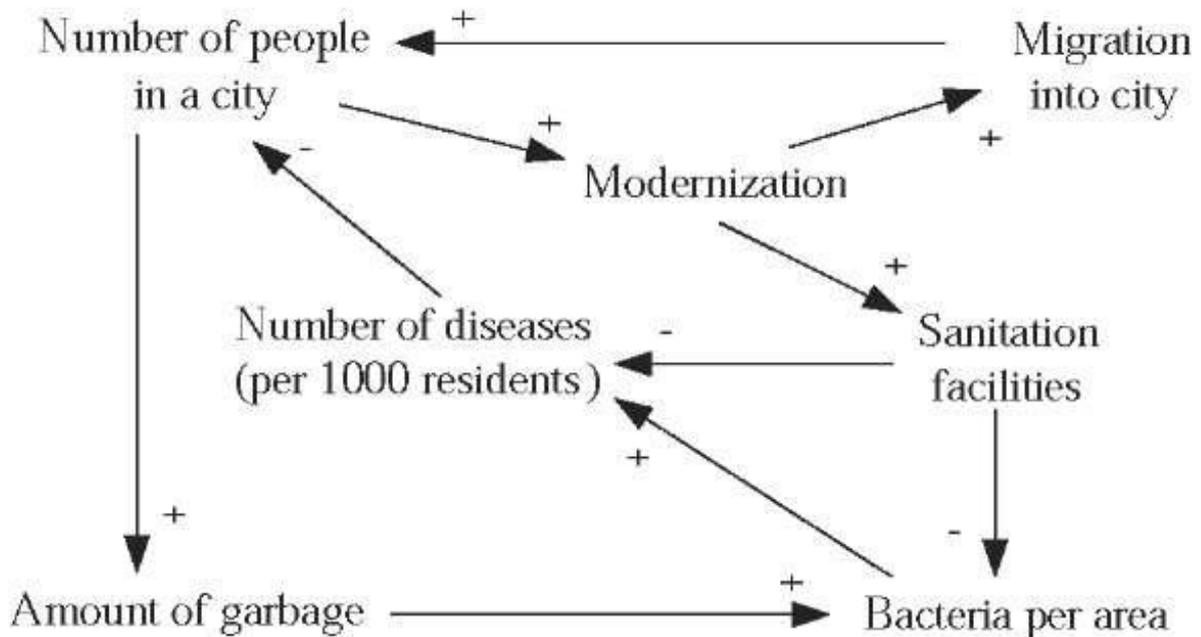
- Há várias aplicações de FCMs na literatura, como por exemplo: Virtual Worlds (DICKERSON; KOSKO, 1993), (ARRUDA et al., 2018) tomada de decisão em rodovias de acesso rápido (LEE et al., 2009), ajuste de controladores clássicos adaptativos (YESIL et al., 2013b), detecção de pontos em imagens geradas por sistema de câmeras estéreo (PAJARES; CRUZ, 2006), navegação autônoma (MENDONÇA; ARRUDA; NEVES-JR, 2011), *Swarm Robotics* (MENDONÇA et al., 2019) agricultura (MAKRINOS et al., 2007) entre outras áreas de o. As quais podem ser conferidas no livro (PAPAGEORGIU, 2014) (MIAO et al., 1999). Conceitos assumem um conjunto de valores, relações causais representadas por sistemas dinâmicos, TAFCM (ACAMPORA; LOIA, 2011). (Apesar das vantagens supracitadas do FCM, a versão clássica de Kosko possui uma falha, *drawback*. A versão canônica não trata o tempo, devido a essa inconsistência a comunidade propôs diversas extensões do FCM ou até mesmo Modelos Cognitivos inspirados na proposta original de Kosko, como por exemplo os trabalhos supracitados das aplicações.

- Pode-se citar também os trabalhos de (Carvalho, Tomé, 2001] a qual utiliza conceitos: funções de pertinência semelhantes ao fuzzy Mandani (PASSINO; YURKOVICH, 1998), relações causais e uma base de regras. Já outras duas importantes extensões encontradas na literatura são D-FCM (MENDONÇA et al., 2019) que emprega uma abordagem que assumem um conjunto de valores resumidamente a partir de uma máquina de estados muda as relações causais de acordo com os multiobjetivos, como por exemplo a tomada de decisão hierárquica de um robô em encontrar seu alvo e desviar de obstáculos. Pode-se também citar trabalhos mais clássicos, como o de (HAGIWARA, 1992) a qual emprega funções não lineares nas relações causais do modelo cognitivo; entre outros

### 3.0 Desenvolvimento

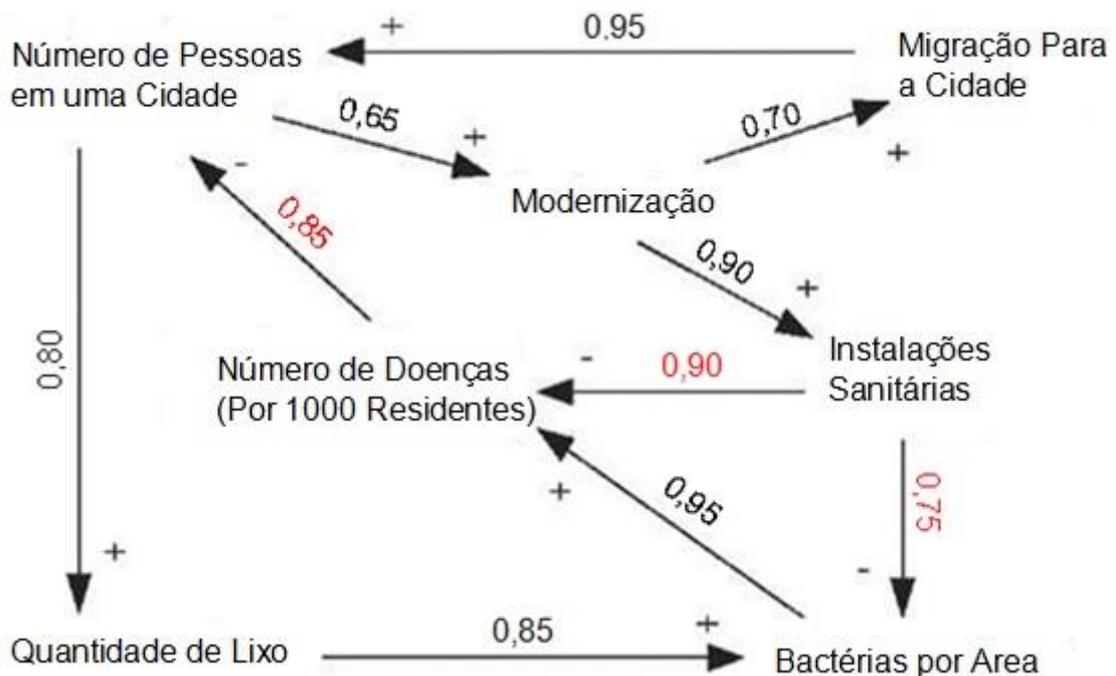
O FCM proposto é uma instanciação do modelo clássico de Axelrod na figura 2. Esse modelo cognitivo permite uma visão macro do problema em análise e só apresenta uma relação simplista entre os conceitos, apresenta somente se a influência, se é positiva ou negativa entre eles.

Figura 2 - Mapa Cognitivo Axelrod



O modelo não realiza nenhuma inferência, entretanto permite que especialistas o utilizem para uma análise do problema. Já a figura 3 mostra o FCM, de modo específico, modelo clássico semelhante ao proposto por Kosko na década de 80. O primeiro passo para o desenvolvimento do FCM foi justamente o do mapa cognitivo do Kosko. A vantagem do FCM é de que o conhecimento de especialistas foi agregado ao modelo por meio variáveis fuzzy. E termos linguísticos foram quantificados por especialistas.

Figura 3 - FCM Axelrod



Após a construção do FCM foi possível fazer inferência por meio de um sistema computacional, e não somente um modelo de análise.

Existem diferentes equações para a inferência do FCM, entretanto uma das mais utilizadas na literatura, como por exemplo o trabalho de (SOUZA et al., 2017) com as seguintes equações 1 e 2.

$$A_i(k + 1) = f \left( A_i(k) + \sum_{j=1, j \neq i}^N A_j(k) W_{ji} \right) \quad (1)$$

Em (1),  $f(\cdot)$  mostra a função de ativação sigmoide, com valores de [0-1]. Já a equação (2). O  $\lambda$  é um número positivo real, denominado fator de esquecimento da rede, e  $x$  é o valor de  $A_i$  no ponto de equilíbrio.

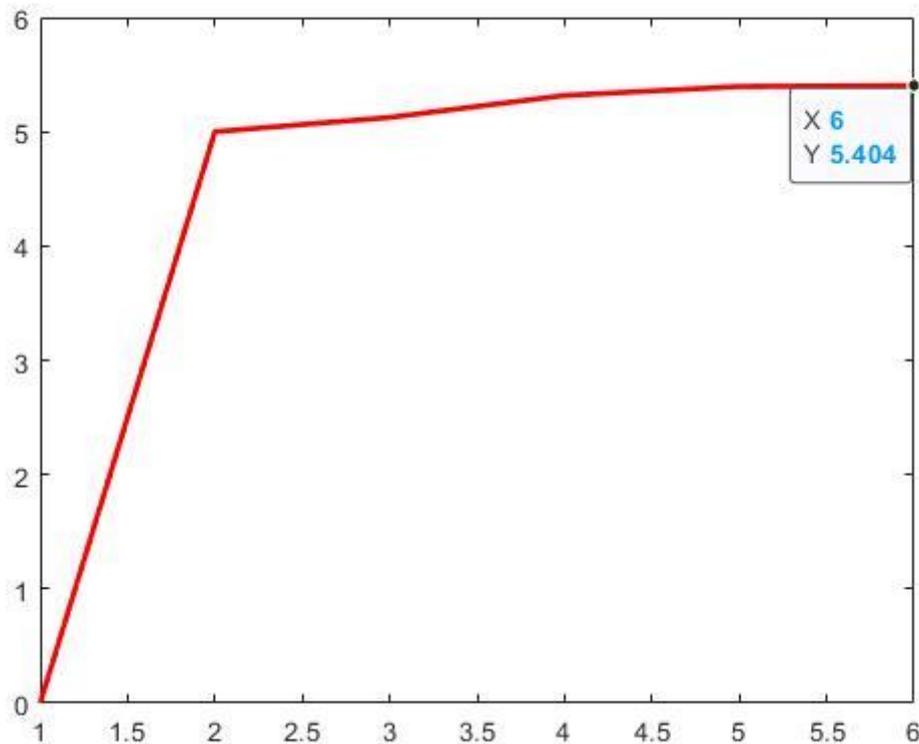
$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda x}} \quad (2)$$

Uma possível sequência ou ontologia para construção de um FCM clássico é a seguinte

**Tabela 1 – Ontologia de um FCM Clássico**

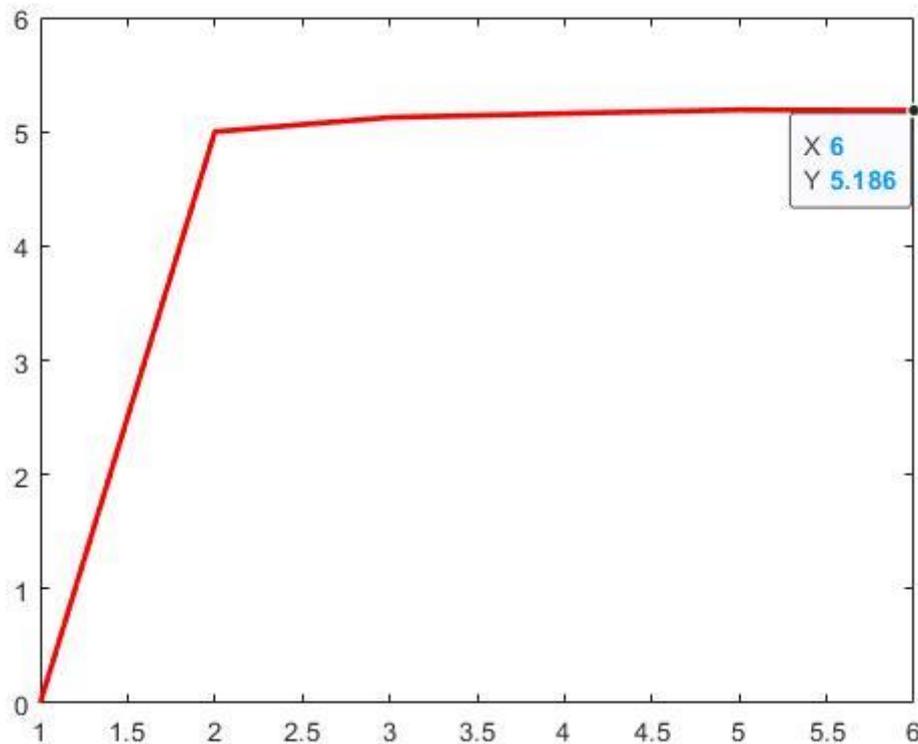
<b>Item</b>	<b>Conceito</b>
1	Identificação dos conceitos, suas relações e sua natureza (positiva, negativa ou neutra)
2	Aquisição dos dados iniciais por conhecimento especialista ou dados do processo, quando conhecidos
3	Apresentação dos dados e/ou entrevista com especialistas para determinar o valor dos pesos das relações causais ou causa-efeito do FCM
4	Análise e possível sintonia dos valores das relações causais obtidas para otimização do FCM
5	Validação do modelo

Figura 4 - Porcentagem de Migração – cenário 1



O Resultados obtidos na figura 1 de pelo modelo proposto, apontam um índice de aproximadamente 54 de imigração de acordo com o modelo do FCM obtido por conhecimento de especialistas para um cenário hipotético de uma cidade em uma situação que tem forte investimento por exemplo de modernização em condições sanitárias. Já em outro cenário hipotético, como mostra a figura 2, no qual a cidade teve um investimento não mais de 90% em modernização é de somente 30%, considerando que isso causaria uma redução não mais de 90 e sim de 30% no número de doenças da cidade, os resultados de crescimento diminui para um índice de quase 52, pelos resultados esse índice sugere ser a uma menor porcentagem de crescimento, entretanto, em um próximo passo dever-se-ia afirmar essa condição de relação do índice obtido e porcentagem. Finalmente, ressalta-se que o FCM convergiu para um ciclo limite em somente seis passos.

Figura 5 - Porcentagem de Migração – cenário 2



De acordo com os resultados dos dois cenários hipotéticos, essa técnica inteligente pode auxiliar na gestão de uma cidade, para tomada ou no auxílio de decisões.

#### 4.0 Conclusão

De acordo com os resultados obtidos a ferramenta proposta sugere resultados satisfatórios.

Como é um modelo genérico, pode ter seus pesos das relações causais alterados de acordo com a realidade de uma cidade especificamente modelada, por exemplo a modelo de Vancouver pode ser diferente da modelagem de São Paulo.

Futuros trabalhos endereçam inclusão de novos conceitos, como segurança por exemplo e dados históricos para uma FCM modelado com mais acurácia, por exemplo a inclusão do métricas do IBGE e plano diretores em cidades no caso do Brasil.

#### Referências

ACAMPORA, G.; LOIA, V. On the Temporal Granularity in Fuzzy Cognitive Maps. **IEEE Transactions on Fuzzy Systems**, v. 19, n. 6, p. 1040–1057, dez. 2011.

AGUILAR, J. A fuzzy cognitive map based on the random neural model. **Engineering of Intelligent Systems. IEA/AIE 2001. Lecture Notes in Computer Science**, v. 2070, p. 333–338, 2001.

ARRUDA, L. V. R. et al. Artificial Life Environment Modeled by Dynamic Fuzzy Cognitive Maps. **IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems**, v. 10, n. 1, p. 88–101, 2018.

D'ONOFRIO, S. et al. **Fuzzy Reasoning in Cognitive Cities: An Exploratory Work on**

- Fuzzy Analogical Reasoning Using Fuzzy Cognitive Maps.** 2018 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE). **Anais...**Rio de Janeiro, BR: IEEE, 2018
- DICKERSON, J. A.; KOSKO, B. **Virtual Worlds as Fuzzy Cognitive Maps.** Virtual Reality Annual International Symposium, 1993., 1993 IEEE. **Anais...**1993
- GLYKAS, M. **Fuzzy Cognitive Maps: Advances in Theory, Methodologies, Tools and Applications.** [s.l.] Springer Publishing Company, Incorporated, 2010.
- HAGIWARA, M. Extended fuzzy cognitive maps. p. 795–801, 1992.
- HAYKIN, S. **Redes Neurais, Princípios e Prática.** 2. ed. [s.l.] Bookman, 2000.
- KALTENRIEDER, P. et al. Personal digital assistant 2.0 - A software prototype for cognitive cities. **2016 IEEE International Conference on Fuzzy Systems, FUZZ-IEEE 2016**, p. 1531–1538, 2016.
- KALTENRIEDER, P.; PORTMANN, E.; MYRACH, T. **Fuzzy knowledge representation in cognitive cities.** 2015 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE). **Anais...**IEEE, ago. 2015
- KOMNINOS, N. Intelligent cities: towards interactive and global innovation environments. **International Journal of Innovation and Regional Development**, v. 1, n. 4, p. 337, 2009.
- KOSKO, B. Fuzzy cognitive maps. **Int. J. Man-Machine Studies**, v. 24, n. 1, p. 65–75, 1986.
- LEE, D. et al. **Sensor Fusion Localization System for Outdoor Mobile Robot.** 2009 ICROS-SICE International Joint Conference. **Anais...**2009
- MAKRINOS, A. et al. **Introducing Fuzzy Cognitive Maps for decision making in precision agriculture**6th European Conference on Precision Agriculture, 2007.
- MENDONÇA, M. et al. Fuzzy Cognitive Maps Applied to Student Satisfaction Level in an University. **IEEE Latin America Transactions**, v. 13, n. 12, p. 3922–3927, dez. 2015.
- MENDONÇA, M. et al. **Semi-Unknown Environments Exploration Inspired by Swarm Robotics using Fuzzy Cognitive Maps.** 2019 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE). **Anais...**New Orleans, USA: IEEE, jun. 2019Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8858847/>>
- MENDONÇA, M. et al. **Dynamic fuzzy cognitive maps and fuzzy logic controllers applied in industrial mixer**XII Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente (SBAI)Natal - RS, 2015.
- MENDONÇA, M. et al. A cooperative architecture for swarm robotic based on dynamic fuzzy cognitive maps. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 59, n. May 2016, p. 122–132, mar. 2017.
- MENDONÇA, M.; ARRUDA, L. V. R.; NEVES-JR, F. Autonomous navigation system using Event Driven-Fuzzy Cognitive Maps. **Applied Intelligence**, v. 37, n. 2, p. 175–188, 2011.
- MENDONÇA, M.; CHUN, I. R.; ROCHA, M. E. C. A Dynamic fuzzy cognitive maps applied in realibility centered maintainance of electric motors. **IEEE Latin America Transactions**, v. 15, n. 5, p. 827–834, 2017.
- MIAO, Y. et al. **Dynamical cognitive network-an extension of fuzzy cognitive map.** Tools with Artificial Intelligence, 1999. Proceedings. 11th IEEE International Conference on. **Anais...**1999
- MILLER, A. J. Structure of Decision: The Cognitive Maps of Political ElitesRobert Axelrod, ed. Princeton: Princeton University Press, 1976, pp. xvi, 404 - Perception and Misperception in International PoliticsRobert Jervis Princeton: Princeton University Press, 1976, p.

- Canadian Journal of Political Science**, v. 12, n. 1, p. 177–179, 10 mar. 1979.
- NÁPOLES, G. et al. On the convergence of sigmoid Fuzzy Cognitive Maps. **Information Sciences**, v. 349–350, p. 154–171, jul. 2016.
- PAJARES, G.; CRUZ, J. M. DE LA. Fuzzy Cognitive Maps for stereovision matching. **Pattern Recognition**, v. 39, n. 11, p. 2101–2114, 2006.
- PAPAGEORGIOU, E. I. (ED.). **Fuzzy Cognitive Maps for Applied Sciences and Engineering**. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014.
- PARSOPOULOS, K. E. et al. **A first study of fuzzy cognitive maps learning using particle swarm optimization**. The 2003 Congress on Evolutionary Computation, 2003. CEC '03. **Anais...**Canberra, ACT, Australia: IEEE, 2003
- PASSINO, K. M.; YURKOVICH, S. **Fuzzy Control**. 1. ed. Menlo Park, CA, USA: Addison Wesley, 1998.
- PEDRYCZ, W.; JASTRZEBSKA, A.; HOMENDA, W. Design of fuzzy cognitive maps for modeling time series. **IEEE Transactions on Fuzzy Systems**, v. 24, n. 1, p. 120–130, 2016.
- PURNOMO, F. et al. Smart city's context awareness using social media. **2016 International Conference on ICT for Smart Society, ICISS 2016**, n. July, p. 119–123, 2016.
- SOUZA, L. B. DE et al. **Dynamic Fuzzy Cognitive Maps Embedded and Classical Fuzzy Controllers Applied in Industrial Process**. ICAS 2017: The Thirteenth International Conference on Autonomic and Autonomous Systems. **Anais...**Barcelona, Spain: IARIA, 2017
- SUDHAGAR, C. **Role of Fuzzy Cognitive Maps in Smart Education System**. 2019 4th MEC International Conference on Big Data and Smart City (ICBDSC). **Anais...**IEEE, jan. 2019Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8645597/>>
- VON SON, F. W. et al. Smart genetics for smarter health-an innovation proposal to improve wellness and health care in the cities of the future. **2017 International Smart Cities Conference, ISC2 2017**, 2017.
- YESIL, E. et al. **Fuzzy cognitive maps learning using Artificial Bee Colony optimization**. 2013 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE). **Anais...**Hyderabad, India: IEEE, 2013a
- YESIL, E. et al. Self-tuning PI Controllers via Fuzzy Cognitive Maps. In: [s.l: s.n.]. p. 567–576.