

Mapas Cognitivos *Fuzzy* para diagnóstico do nível de satisfação da equipe do projeto de extensão Baja SAE UTFPR-CP

Márcio Mendonça (UTFPR – Cornélio Procópio) mendonca@utfpr.edu.br

Lucas Botoni de Souza (UTFPR – Cornélio Procópio) lucsou@alunos.utfpr.edu.br

Gabriel Maniá Silveira (UTFPR – Cornélio Procópio) gabrielsilveira@alunos.utfpr.edu.br

Giovanni Bruno Marquini Ribeiro (UTFPR – Cornélio Procópio) giovanniribeiro@alunos.utfpr.edu.br

Resumo:

A participação de universitários em projetos de extensão é estimulada nas universidades. Na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Cornélio Procópio (UTFPR-CP), o Baja SAE é maior projeto de extensão, representado pela equipe Procobaja. Entretanto, um dos desafios encontrados pelos gestores da equipe é uma forma de quantificar o nível de satisfação dos membros da equipe em relação à manufatura e projeto do veículo. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho é apresentar uma ferramenta para o diagnóstico do nível de satisfação da equipe através de mapas cognitivos *fuzzy* (FCMs). Um questionário de 19 perguntas foi realizado entre 34 membros da equipe para a modelagem das relações causais do FCM. Com isso, a partir do conhecimento de um gestor do projeto, foram elaborados os conceitos do FCM e o posicionamento das relações causais. Finalmente, as respostas do FCM foram comparados com uma nota geral à satisfação respondida no questionário. Assim, os resultados obtidos obtiveram acurácia aceitável, com erro relativo de 1,43%.

Palavras chave: Mapas Cognitivos *Fuzzy*, Baja SAE, Diagnóstico, Nível de satisfação.

Fuzzy Cognitive Maps applied for satisfaction level diagnosis of the UTFPR-CP extension project Baja SAE team

Abstract

The participation of college students in extension projects is stimulated at universities. At the Federal University of Technology – Paraná, Cornélio Procópio (UTFPR-CP), Baja SAE is the largest extension project, represented by the Procobaja team. However, one of the challenges found by the team managers is a way of quantifying the satisfaction level of the team members in relation to the vehicle manufacturing and design. Thus, this work's objective is to present a diagnosis analysis of the team satisfaction level through fuzzy cognitive maps (FCMs). In this way, we conducted a list of 19 questions among 34 team members for modeling the FCM causal relations. Hence, the FCM concepts and the positioning of the causal relations were elaborated through the knowledge of a project manager. Finally, we compared the FCM answers with a general grade to the satisfaction, answered in the list. Thus, the results presented acceptable accuracy, with relative error of 1.43%.

Key-words: Fuzzy Cognitive Maps, Baja SAE, Diagnosis, Satisfaction level.

1. Introdução

O projeto de pesquisa e extensão Baja SAE (*Society of Automotive Engineers*) reúne grupos de universitários das áreas da engenharia e afins, com o objetivo de projetar e construir um veículo *off-road* competitivo. As equipes representam suas universidades nas duas competições nacionais: as regionais e a nacional. O projeto Baja SAE internacional teve início na Universidade da Carolina do Sul, nos EUA, em 1976. No Brasil, a SAE iniciou suas atividades

em 1991, implementando o projeto Baja em 1994 (Baja SAE BRASIL, 2018).

Atualmente, a Equipe Procobaja da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Cornélio Procopio (UTFPR-CP) conta com 45 membros efetivos e uma professora orientadora. O protótipo atual, o segundo construído pela equipe, encontra-se na fase final de manufatura.

O projeto demonstra a sua importância com a qualidade dos resultados obtidos ao longo do tempo, os quais são documentados em forma de depoimentos. Engenheiros de carreira que desenvolvem seu trabalho em empresas consagradas testemunham a importância para a profissão de engenharia ter participado de uma equipe de Baja SAE. Além disso, relatam a quantidade de oportunidades que se abriram ao fim de suas graduações devido à sua participação no projeto (Baja SAE BRASIL, 2018).

Uma das adversidades apontadas pelos gestores da equipe Procobaja consiste em encontrar novos métodos para localizar o foco de não-conformidades do veículo em relação às diretrizes dos gestores da equipe Baja SAE. Outra dificuldade encontrada é avaliar a satisfação dos membros da equipe quanto ao projeto e manufatura do veículo sem expor pessoalmente os membros da equipe, fato que pode ocasionar situações indesejáveis entre os participantes. Além disso, os membros podem sentir necessidade de aumentar suas notas de satisfação a fim de evitar conflitos internos e discussões com membros com opiniões diferentes.

Desse modo, o objetivo geral desse trabalho foi o desenvolvimento de um mapa cognitivo *fuzzy* (FCM) para o diagnóstico do nível de satisfação da equipe Procobaja em relação ao projeto e à manufatura de seus veículos, de forma a auxiliar no processo de tomada de decisões dos membros gestores e quantificar os aspectos mais relevantes da construção de um veículo Baja SAE. A utilização de um FCM se justifica pois, ainda que bem difundidas, algumas técnicas tradicionais de gerenciamento de projetos demonstram problemas em relação à gestão de tempo e de custos (TERRIBILI FILHO, 2013).

Na literatura, o uso de sistemas computacionais inteligentes em projetos Baja SAE pode ser verificada no trabalho de Nunes, Martins e Silva (2018). Nesse trabalho, os autores utilizam o *feedback* aferido pela identificação de sistemas em carros do tipo Baja, que além de ser benéfica para melhorar a performance dos veículos, também constitui a extração de excepcionais características de cada piloto.

Tal cenário se consolida em uma aplicação para as competições de veículos *off-road* Baja SAE, o que desempenha seleções importante no âmbito de satisfação dos integrantes da equipe, como por exemplo a decisão de qual participante deverá conduzir o carro. Sendo assim, a coleta de dados foi realizada via *data logger* industrial e a análise de maneira *off-line*, o que possibilitou uma análise estatística de cada parâmetro proposto para os pilotos. Dessa forma, desenvolveu-se um vetor característica sobre o modo de condução de cada piloto. Por fim, esse vetor é inserido em um sistema computacional inteligente, como por exemplo uma rede neural multicamadas, para a obtenção de parâmetros que classifiquem os diferentes pilotos testados (NUNES; MARTINS; SILVA, 2018).

A disposição desse trabalho é a seguinte: a Seção 2 apresenta os fundamentos teóricos referentes aos mapas cognitivos *fuzzy* (FCMs), o aprendizado baseado em problemas (PBL) e também apresenta trabalhos correlatos ao projeto Baja SAE. A Seção 3 é responsável por descrever a metodologia empregada para a criação do FCM para diagnóstico. Com isso, a Seção 4 apresenta os resultados e discussões da ferramenta proposta. Por fim, a Seção 5 conclui o trabalho, exemplifica possíveis aplicações do FCM proposto e endereça futuros trabalhos.

2. Fundamentação teórica

Nessa seção serão mostrados os fundamentos utilizados para o desenvolvimento da ferramenta computacional para um diagnóstico do nível de satisfação da equipe Procobaja UTFPR-CP. Os aspectos educacionais envolvidos nos objetivos desse projeto de extensão, como a aprendizagem baseada em problemas, do inglês *project-based learning* (PBL), também serão apresentados.

2.1 Aprendizagem baseada em projetos e a competição Baja SAE

O conceito de aprendizagem baseada em projetos, do inglês *project-based learning* (PBL), está altamente correlacionado com projetos de extensão oferecidos nas universidades, como o Baja SAE. Esses projetos, além de proporcionar aplicações práticas à teoria aprendida nas salas de aula, auxilia nas questões de responsabilidade social dos futuros engenheiros. No caso das equipes do Baja SAE, arrecada-se doações de alimentos para caridade, por exemplo.

Nesse sentido, o projeto e a execução da manufatura do veículo Baja proporciona aos membros da equipe uma maior facilidade de entendimento e retenção dos conteúdos aprendidos em sala de aula. Consequentemente, a execução do projeto e a divisão da equipe assim como ocorre em uma empresa introduz os estudantes à uma visão de como funciona o mercado de trabalho na engenharia. Outro fator do PBL é o incentivo ao trabalho em equipe, auxiliando nos aspectos de gerenciamento dos estudantes, como a capacidade de tomada de decisões e espírito de liderança, além de incentivar uma comunicação mais efetiva e a resolução rápida de conflitos (OLEAGORDIA *et al.*, 2014).

2.2 Mapas Cognitivos Fuzzy

Os mapas cognitivos *fuzzy* (FCMs) foram apresentados por Kosko (1986) como uma proposta de extensão para os mapas cognitivos dos trabalhos de Tolman (1948) e Axelrod (1976). Dessa forma, pode-se definir os FCMs como grafos orientados formados por nós (conceitos) e as ligações entre eles (relações causais). O que difere um FCM de um mapa cognitivo tradicional é o valor atribuído às relações causais (causalidades ou pesos) que, nesse caso, apresentam valores *fuzzy* na faixa $[-1 \ 1]$ (KOSKO, 1986).

Assim, o valor $A_i(k+1)$ do conceito C_i na iteração $k+1$ é definido pelo somatório de $A_i(k)$ com o produto de $A_j(k)$ do conceito C_j pelo peso W_{ji} entre os conceitos i e j , dada por (1) na faixa de $[-1 \ 1]$. Em (2) tem-se a função de ativação sigmoide, usualmente utilizada como ativação do FCM. Nela, λ é um número real positivo que determina a inclinação de $f(x)$, na qual x determina A_i no ponto de equilíbrio (PAPAGEORGIOU, 2014).

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

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

A partir do desenvolvimento e do uso dos FCMs foram propostas extensões como os mapas cognitivos *fuzzy* baseados em regras (RBFCM) (CARVALHO; TOMÉ, 2001), e mapas cognitivos *fuzzy grey* (FGCM) (SALMERON, 2010). A utilização dos FCMs e suas extensões

pode ser vista nas áreas da engenharia, medicina, ciências comportamentais, sistemas de produção, educação, agricultura, telecomunicações, entre outros (PAPAGEORGIOU; SALMERON, 2013).

Dessa forma, também pode-se utilizar FCMs para diagnósticos, como o das condições de operação de motores elétricos (SOARES *et al.*, 2017) e do nível de satisfação dos estudantes de uma universidade (MENDONCA *et al.*, 2015). Com isso, esse trabalho objetiva desenvolver um método quantitativo de diagnóstico, via FCM, do nível de satisfação dos membros da equipe BAJA SAE Procobaja da UTFPR-CP em relação ao seu veículo atual.

3. Metodologia

O processo de desenvolvimento do FCM para diagnóstico foi subdividido em três etapas. Na primeira, os autores, junto da professora responsável pela equipe, foram responsáveis pela elaboração do questionário. Nele foram inseridas as questões mais relevantes relacionadas à satisfação de equipe em relação aos processos de manufatura e projeto do veículo Baja SAE. Desse modo, a segunda etapa consistiu na elaboração de um questionário *online* baseado nas questões levantadas, dividido entre as Tabelas 1 (manufatura) e 2 (projeto).

Foram identificadas 10 questões para a manufatura e 9 para o projeto do veículo juntamente com a nota geral da satisfação da equipe, como visto nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. As respostas do questionário foram notas de 0 a 10 indicando a satisfação ou insatisfação dos membros com cada um dos aspectos. Ressalta-se que o envio das respostas foi realizado de forma anônima pelos membros da equipe.

Pergunta	Manufatura
1	Facilidade em encontrar materiais no mercado
2	Qualidade das soldas
3	Qualidade das usinagens
4	Satisfação com as ferramentas da oficina do baja
5	Qualidade das máquinas da oficina do baja
6	Qualidade das máquinas da oficina da Mecânica
7	Satisfação com as ferramentas da oficina da Mecânica
8	Qualidade dos serviços encomendados
9	Conformidade da fabricação em relação ao projeto
10	Qualidade dos materiais utilizados

Tabela 1 – Questionário da manufatura

Entretanto, embora disponibilizado para todos os membros da equipe, o questionário obteve uma taxa de 75% de respostas, o correspondente à 34 pessoas, número suficiente para a validação (LARSEN; MARX, 2013). De forma a obter uma base para validação do FCM, pediu-se para cada participante enviar uma nota geral de sua satisfação com o veículo, como mostrado na Tabela 2.

Pergunta	Projeto
1	Dificuldade em encontrar referências bibliográficas
2	Evolução em relação ao carro anterior
3	Ergonomia
4	Qualificação dos membros
5	Nível de comunicação na equipe
6	Nível de burocracia em relação a universidade
7	Assistência dos professores para com o projeto
8	Segurança do projeto
9	Design do carro
10	Nota geral para a satisfação

Tabela 2 – Questionário do projeto

As médias das questões, mostradas na Tabela 3, foram utilizadas como ponto inicial para o processo de desenvolvimento das relações causais do FCM. Dessa forma, para constituírem as relações causais, as médias foram normalizadas em [0 1]. A influência negativa ou positiva dessas relações foi definida pelos autores desse trabalho com base em seu conhecimento da equipe e dos processos envolvidos na fase de elaboração das questões, chamado também de conhecimento de especialistas (PAPAGEORGIOU, 2014).

Pergunta	Média	
	Manufatura	Projeto
1	6,0	4,8
2	7,7	7,7
3	8,1	7,5
4	7,3	7,8
5	7,4	7,4
6	7,8	8,7
7	7,5	6,8
8	7,6	8,1
9	7,5	8,0
10	8,2	8,0

Tabela 3 – Médias do questionário

Por fim, a terceira etapa do desenvolvimento foi a construção do FCM para diagnóstico. Dessa forma, o conhecimento dos autores em relação aos processos envolvidos na manufatura e projeto do veículo resultou na modelagem de 12 conceitos para o FCM, dispostos na Tabela 4.

Na Tabela 4, o conceito de saída é C1, referente ao nível de satisfação. Da mesma forma, após a construção do FCM, pode-se verificar a evolução dos demais conceitos de modo a verificar os aspectos mais deficitários do projeto, indicados por notas mais baixas. A partir da união dos conceitos, tem-se a representação gráfica do FCM feita no *software* FCM Expert (NAPOLES *et al.*, 2017), mostrada na Figura 1.

Conceito	Descrição
C1	Nível de satisfação
C2	Nível de Burocracia da Universidade
C3	Segurança e Ergonomia
C4	Evolução em relação ao carro anterior
C5	Falta de comunicação na equipe
C6	Conformidade do projeto com a manufatura
C7	Facilidade em encontrar materiais no mercado
C8	Qualidade dos materiais
C9	Qualidade dos processos (Usinagem/Soldagem/Serviços)
C10	Qualidade das máquinas e ferramentas
C11	Nível de qualificação dos membros da equipe
C12	Falta de referências bibliográficas à disposição

Tabela 4 – Conceitos do FCM

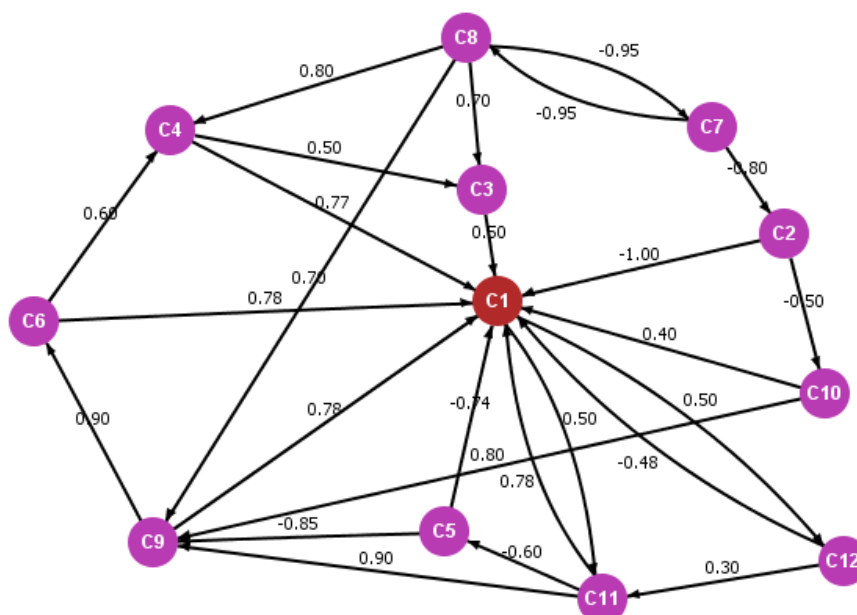


Figura 1 – FCM para nível de satisfação da equipe

Como apresentado na Figura 1 e a partir da modelagem dos conceitos, as causalidades foram definidas pela junção do conhecimento de especialistas com as notas obtidas pelo questionário.

4. Resultados e discussão

Após a etapa de modelagem dos conceitos e relações causais, o FCM foi evoluído até a décima época para a visualização dos conceitos. Os resultados são mostrados na Tabela 5. Nela, o valor da última época representa a nota final em [0 1] dada para os conceitos propostos. Nota-se também que os valores iniciais para as notas foram definidos como zero.

Na Tabela 5, os valores destacados representam as notas finais obtidas como diagnóstico da satisfação dos membros da equipe em relação aos conceitos propostos. Com isso, analisou-se que o conceito C2 (nível de burocracia da Universidade) gerou a maior insatisfação da equipe

de modo geral, com nota de aproximadamente 4,2 na escala [0 10].

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
0,7099	0,4013	0,6456	0,6681	0,4255	0,6106	0,3834	0,3834	0,6846	0,4378	0,5249	0,5621
0,8094	0,4239	0,6462	0,6622	0,4218	0,6493	0,4099	0,4099	0,6746	0,4500	0,5464	0,587
0,8105	0,4187	0,6497	0,6720	0,4187	0,6473	0,4038	0,4038	0,685	0,4472	0,5568	0,5998
0,8143	0,4199	0,6499	0,6707	0,4172	0,6495	0,4052	0,4052	0,6869	0,4478	0,5560	0,5999
0,8145	0,4196	0,6499	0,6712	0,4173	0,6498	0,4049	0,4049	0,6873	0,4477	0,5565	0,6004
0,8147	0,4197	0,6500	0,6712	0,4172	0,6499	0,4049	0,4049	0,6873	0,4477	0,5565	0,6004
0,8147	0,4197	0,6500	0,6712	0,4172	0,6499	0,4049	0,4049	0,6873	0,4477	0,5565	0,6004
0,8147	0,4197	0,6500	0,6712	0,4172	0,6499	0,4049	0,4049	0,6873	0,4477	0,556	0,6004

Tabela 5 – Evolução dos conceitos do FCM

Outro conceito-chave levantado pelo gestor da equipe foi o de qualidade dos processos de usinagem, soldagem e de serviços de terceiros (C9). Sua nota, aproximadamente 6,9 em [0 10], demonstra que o nível de execução dos processos ainda necessita de melhoras, seja por meio de capacitação dos membros responsáveis ou também por maior fiscalização dos gestores e da professora responsável. Similarmente, os serviços solicitados à empresas externas podem contribuir negativamente para a qualidade final do veículo.

A Figura 2 apresenta os resultados do diagnóstico da satisfação da equipe (C1), com nota de 8,1479, gerando um erro relativo de 1,43% com a nota geral dada pelos membros da equipe (8,0), como mostrado na Tabela 3.

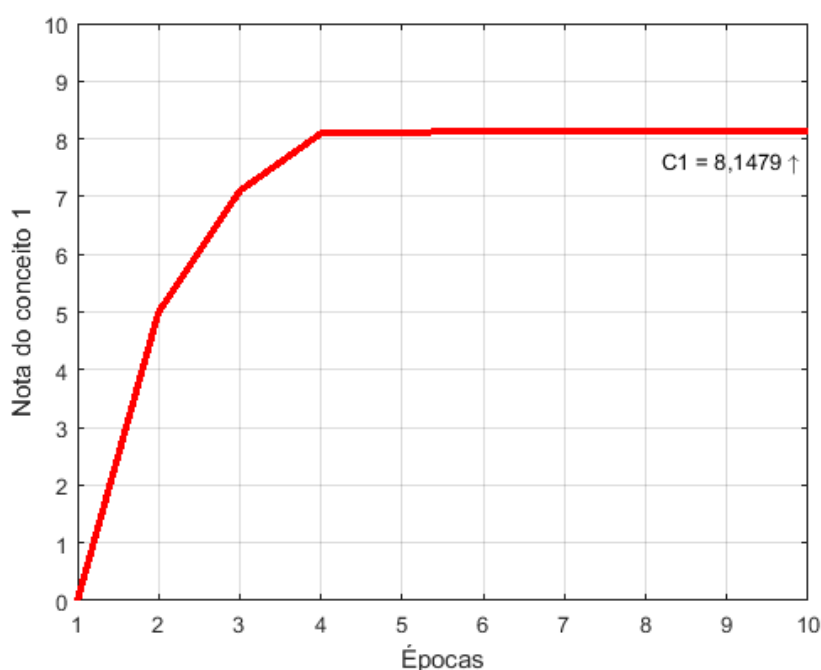


Figura 2 – Evolução do nível de satisfação

Pode-se observar pela Figura 2 que, apesar do valor alto (-1,0) da relação entre os conceitos C1 e C2, o último não evolui consideravelmente nas épocas do FCM. Por outro lado, C9 foi com o maior valor final, indicando a maior satisfação da equipe entre os conceitos de 2 a 12.

Assim, pode-se dizer que o FCM proposto para diagnóstico foi validado corretamente devido ao erro relativo de 1,43%, considerado aceitável pelos autores. Esse fato indica que a ferramenta pode ser utilizada para os próximos projetos da equipe, auxiliando no processo de tomada de decisões dos gestores e, consequentemente, na melhora dos aspectos mais deficitários do veículo.

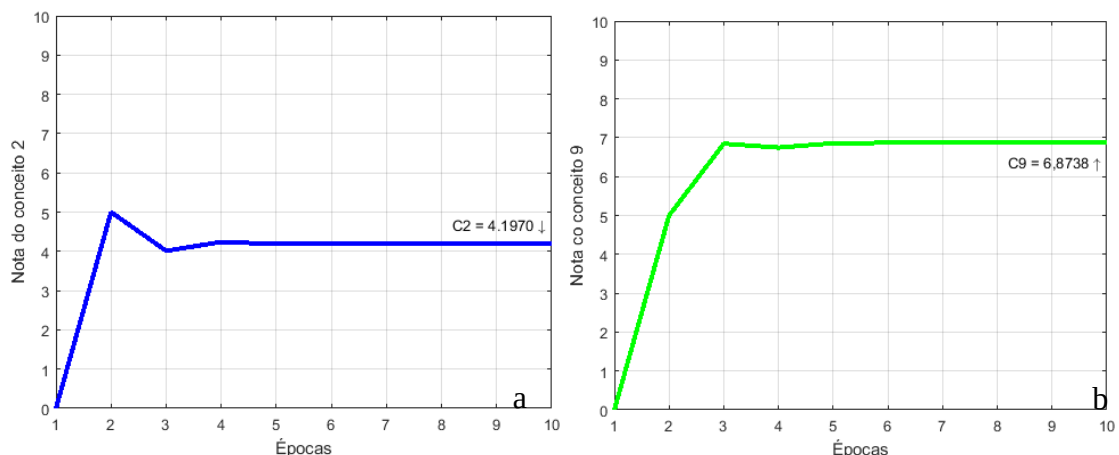


Figura 3 – Evolução dos conceitos (a) Nível de burocracia da Universidade e (b) Qualidade dos processos

Os resultados dos FCMs futuros também poderão ser comparados de forma a verificar se há relação direta entre o nível de satisfação da equipe e qualidade final de fabricação do veículo BAJA SAE, podendo assim indicar problemas internos não relacionados aos processos de engenharia da equipe. Outra possibilidade dada pelo FCM é o de analisar o impacto entre os conceitos, ou seja, a influência os conceitos exercem sobre os conceitos aos quais estão conectados, fato que não seria possível apenas com a análise das notas dadas pela equipe.

5. Considerações finais

De acordo com os resultados, pode-se afirmar que o FCM mostrou-se uma ferramenta viável para a obtenção do diagnóstico do nível de satisfação da equipe em relação ao veículo Baja SAE. Esse fato é confirmado pelo erro relativo de 1,43% e pela possibilidade de verificação dos impactos exercidos entre conceitos relacionados.

A utilização do FCM proposto pode auxiliar o processo de tomada de decisões dos gestores da equipe de acordo com as notas obtidas para os conceitos, ou seja, os fatores que mais incrementam ou decrementam a satisfação dos membros da equipe em relação ao veículo. Desse modo, uma vez que as relações do modelo do FCM foram estabelecidas, o diagnóstico em relação a futuros veículos pode ser realizado com a repetição da segunda etapa desse trabalho, o questionário. Assim, as causalidades do FCM são definidas com as novas notas dadas pelos membros da equipe.

Finalmente, futuros trabalhos endereçam a utilização de ponderação das notas de acordo com os cargos dos membros da equipe. Dessa forma, os membros de cada subsistema da equipe

teriam suas notas com maior ponderação nos conceitos relativos à sua função em cada subsistema. Outra possível aplicação se dá no desenvolvimento de outras ferramentas baseadas em FCMs ou outros sistemas computacionais inteligentes para o controle/gerenciamento de funções do veículo, como um sistema de navegação para condução autônoma.

Referências

AXELROD, R. *Structure of decisions: the cognitive maps of political elites*. 1. ed. Princeton, NJ, USA: Princeton University Press, 1976.

Baja SAE BRASIL. Disponível em: <<http://portal.saebrasil.org.br/programas-estudantis/baja-sae-brasil>>. Acesso em: 27 set. 2018.

CARVALHO, J. P.; TOMÉ, J. A. B. *Rule based fuzzy cognitive maps-expressing time in qualitative system dynamics*. 10th IEEE International Conference on Fuzzy Systems. Melbourne, Victoria, Australia: IEEE, 2001.

KOSKO, B. *Fuzzy cognitive maps*. *International Journal of Man-Machine Studies*, v. 24, n. 1, p. 65–75, 1986.

LARSEN, R. J., & MARX, M. L. *An introduction to mathematical statistics and its applications*. 5 ed. Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall, 744 p., 2013.

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, 2015.

NAPOLES, G. et al. *Fuzzy Cognitive Maps Tool for Scenario Analysis and Pattern Classification*. 2017 IEEE 29th International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI). Boston, MA, USA: IEEE, 2017.

NUNES, T. F.; MARTINS, A. DE M.; SILVA, I. M. DA. *Metodologia para Classificação de Pilotos de Veículo Baja SAE via Redes Neurais*. Congresso Brasileiro de Automática - CBA 2018. João Pessoa, PB, Brasil: SBA, 2018

OLEAGORDIA, I. J. et al. *Active methodology applied in engineering by PBL. I-Approach*. *Proceedings of XI Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica (Technologies Applied to Electronics Teaching)*, TAE 2014, 2014.

PAPAGEORGIOU, E. I. (ED.). *Fuzzy Cognitive Maps for Applied Sciences and Engineering*. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014.

PAPAGEORGIOU, E. I.; SALMERON, J. L. *A review of fuzzy cognitive maps research during the last decade*. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, v. 21, n. 1, p. 66–79, 2013.

RIBEIRO, I. M. *Estudo sobre o gerenciamento de projeto de desenvolvimento de um veículo baja para competições*. [s.l.] Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2015.

SALMERON, J. L. *Modelling grey uncertainty with fuzzy grey cognitive maps*. *Expert Systems with Applications*, v. 37, n. 12, p. 7581–7588, 2010.

SOARES, P. P. et al. *Simplified Fuzzy Dynamic Cognitive Maps Applied to the Maintenance Management of Electric Motors*. ICAS 2017 : The Thirteenth International Conference on Autonomic and Autonomous Systems. Barcelona, Spain: IARIA, 2017.

TERRIBILI FILHO, A. *The Five Most Frequent Problems of Organizations in Projects in Brazil: A Critical Analysis*. *Revista de Gestão e Projeto - GeP*, v. 4, n. 2, p. 213–237, 2013.

TOLMAN, E. C. *Cognitive maps in rats and men*. *Psychological Review*, v. 55, n. 4, p. 189–208, 1948.