

MODELO NEUROPSICOLÓGICO-FUZZY PARA SUBSIDIAR A ANÁLISE DE PROCEDIMENTOS EDUCACIONAIS EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

NEUROPSYCHOLOGICAL-FUZZY MODEL FOR EDUCATIONAL PROCEDURES ANALYSIS IN PRODUCTION ENGINEERING

DOI: 10.5935/2236-0158.20180020

Marcelo Prado Sucena,¹ Daiana Carla Corrêa da Silva,² Agatha Ferreira de Faria,³ Lucas da Silva Brito⁴

RESUMO

Trata-se de projeto multidisciplinar envolvendo duas áreas: Engenharia de Produção e Psicologia. Pretende-se desenvolver um modelo matemático, implementado em aplicativo computacional, sustentado nas técnicas Integral-Fuzzy e Redes Neurais Artificiais (RNA), para processar dados oriundos de pesquisas da área de psicologia. Devem ser geradas informações significativas sobre o desempenho cognitivo coletivo e individual de alunos do curso de Engenharia de Produção, permitindo potencializar as políticas educacionais positivas em funcionamento, mitigar outras negativas e sugerir algumas que possam otimizar o potencial do aluno, segundo as suas restrições coletivas e individuais. Foram estudadas as funções cognitivas mais relevantes para se traçar o perfil cognitivo e o Quociente de Inteligência Total (QIT). Tais funções foram transformadas em atributos de entrada do modelo pela identificação do universo de discurso, termos linguísticos e funções de pertinência. Para gerar o QIT, desenvolveu-se uma Rede Neural Artificial que possibilitou reproduzir o pensamento humano sobre o relacionamento com as funções cognitivas. Com base nos dados simulados, concluiu-se que o modelo responde adequadamente. Na amostra avaliada, obteve-se o QIT coletivo de 100,22, denotando desenvolvimento cognitivo médio, podendo variar de 90 até 109, sendo 90 a pior situação. Foram avaliados também os indicadores parciais obtidos a partir da Rede Neural Artificial, com vistas a inferências educacionais.

Palavras-chave: Funções cognitivas; Redes Neuro-Fuzzy; Neuropsicologia, Fuzzy.

ABSTRACT

This is a multidisciplinary project involving two areas: production and engineering psychology. It is intended to develop a mathematical model, implemented in computer application, sustained on Fuzzy-Integral techniques and artificial neural networks to process data from psychology area of research. Should be generating significant information about the collective cognitive performance and individual students of production engineering, allowing to enhance the positive educational policies in place, mitigate other negative and suggest some that can optimize the potential of the student, according to their collective and individual restrictions. The most important cognitive functions to trace the cognitive profile and Total Intelligence Quotient (TIQ) were studied. These functions have been transformed into model input attributes for identifying the universe of discourse, linguistic terms and membership functions. To generate the TIQ developed an artificial neural network that made it possible to reproduce human thought about the relationship with cognitive function. Based on the simulated data, it was concluded that the model responds appropriately. In the sample was obtained collective TIQ of 100.22, showing Medium cognitive development, ranging from 90 to 109, for 90 the situation worse. Also evaluated the partial indicators obtained from the Artificial Neural Network to translate into educational inferences.

Keywords: Cognitive performance; Artificial Neural Network; Neuropsychology, Fuzzy.

1 Professor Doutor, Engenharia de Produção – Campus Norte Shopping – Universidade Estácio de Sá, RJ; marcelosucena@gmail.com.

2 Engenheira, Engenharia de Produção – Campus Norte Shopping – Universidade Estácio de Sá, RJ; daiana.ccorrea@gmail.com

3 Graduanda, Engenharia de Produção – Campus Norte Shopping – Universidade Estácio de Sá, RJ; agathaffaria@gmail.com

4 Engenheiro, Engenharia de Produção – Campus Norte Shopping – Universidade Estácio de Sá, RJ; lucasb_ed@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A educação superior é de grande importância para o desenvolvimento econômico e social da nação, pois as transformações, desafios e necessidades se ampliam em nível global. No Brasil, não é diferente. O governo federal implantou políticas que permitiram ampliar o acesso às universidades nos níveis de licenciatura, bacharelado e tecnológico. Porém, cabe avaliar como estão os procedimentos educacionais, principalmente frente a esse novo perfil da demanda, que exige flexibilidade, agilidade, alternativas de formação adequadas às expectativas de rápida inserção num sistema produtivo em constante mudança.

Há clara alteração no perfil de formação superior, no qual o domínio de conhecimento não está sozinho no rol das necessidades. Faz-se necessário o incremento da capacidade de aplicações criativas na solução de problemas concretos, no desenvolvimento de aptidões para tomada de decisões, bem como uma maior adaptabilidade às mudanças futuras.

Nesse contexto é que o estudo do perfil cognitivo dos alunos subsidia estratégias de atuação para o desenvolvimento das capacidades de decisão. O desenvolvimento das funções cognitivas (FC) principais à carreira proporciona o estímulo à capacidade de tomada de decisões em conjunto com o conhecimento teórico, propiciando ao indivíduo a fixação do conteúdo exposto em sala, com maturidade de conhecimentos e um embasamento mais sólido para a evolução de sua vida profissional e pessoal.

Sob esse prisma, no âmbito do presente estudo, pretende-se desenvolver um modelo matemático, implementado em aplicativo computacional, sustentado na Teoria *Fuzzy* (TF) e em Redes Neurais Artificiais (RNA), com o objetivo de gerar informações significativas sobre o desempenho cognitivo individual e, principalmente, do coletivo dos alunos de Engenharia de Produção, tendo como metas potencializar as políticas educacionais positivas em funcionamento, mitigar outras negativas, além de sugerir algumas outras que possam otimizar o potencial do aluno, segundo as suas restrições individuais e coletivas.

METODOLOGIA

Para se atingir o objetivo, pretende-se seguir a seguinte metodologia:

- a) identificação das funções cognitivas que podem interferir na formação de engenheiros de produção;
- b) as funções cognitivas serão os dados de entrada do modelo matemático. Tais dados serão obtidos pela aplicação de questionários neuropsicológicos aos alunos;
- c) conversão dos dados de entrada segundo os preceitos da TF, formando-se as Variáveis de Entrada *Fuzzy* (VEF) pela definição dos universos de discurso, termos linguísticos e funções de pertinência;
- d) Estruturação da Rede Neural Artificial (RNA) identificando-se os agrupamentos das VEF em cada neurônio artificial. Tais neurônios processarão as VEF de acordo com as características da TF, gerando-se uma Variável de Saída *Fuzzy* (VSF);
- e) implementação do modelo matemático em aplicativo computacional;
- f) desenvolvimento de estudo de caso em parte de uma turma do curso de Engenharia de Produção de certa universidade particular no Rio de Janeiro, com geração do QIT (Quociente de Inteligência Total).
- g) validação do modelo matemático pela confrontação dos resultados individuais obtidos com a análise das VSF e o resultado da análise neuropsicológica dos questionários aplicados;
- h) análise dos resultados e proposições para otimização do desempenho do aluno de forma individual e coletiva.

REFERENCIAL TEÓRICO BÁSICO

Nesta seção, serão abordados os conhecimentos básicos necessários para entendimento das funções cognitivas e o desenvolvimento do modelo matemático.

Funções Cognitivas (FC)

Entende-se por neuropsicologia o estudo das relações entre o cérebro e comportamento, no que se refere ao seu funcionamento normal e patológico. (FERREIRA, 2014).

A neuropsicologia é a área da psicologia que utiliza baterias de testes específicos para a avaliação de cada função cognitiva, além da anamnese e da avaliação clínica (PORTO; HERMOLIN e VENTURA, 2016).

A neuropsicologia cognitiva trata dos estudos pertinentes ao processamento das informações sob vários aspectos mentais necessários para a execução de determinadas tarefas. As funções cognitivas referem-se a o que e quanto uma pessoa consegue fazer em cada tarefa (CAPOVILLA, 2016).

Após a investigação das várias funções cognitivas em Handan e Pereira (2008), Hernandez *et al.* (2010), Mäder (2001), Rigoni *et al.* (2007), Rocha (2009), Untura e Rezende (2012), Yamauti *et al.* (2014), Zibetti *et al.* (2010), entre outros estudos, conclui-se que podem influenciar o processo de tomada de decisão de engenheiros de produção as seguintes:

- **Atenção:** a atividade principal é o foco, funcionando como filtro de entrada das informações. A capacidade de manter a atenção estável durante uma atividade incessante e repetitiva é definida como sustentada. Atenção seletiva é a capacidade de, conscientemente, selecionar um foco em meio de distrações externas e internas.
- **Percepção:** é a capacidade de apreciar, classificar, organizar, armazenar e lembrar a informação apresentada pela visão.
- **Visuoconstrução:** é a capacidade para realizar atividades formativas ou construtivas. Aptidão de transcrever para o papel o que é solicitado utilizando o desenho ou texto, de armar, juntar, montar, separar objetivos seguindo determinada lógica.
- **Função Executiva:** incluem-se aqui as funções relacionadas ao pensar, abstrair, a execução de comportamento, flexibilidade. Esses aspectos estão associados à interação e à execução de tarefas. Divide-se em: “abstração”, que é a capacidade de entender de

finições de algo novo sem ter ligação prática para tal; e “controle inibitório”, que trata de controlar o impulso.

- **Memória:** é a capacidade de lembrar as novas informações recebidas por experiências sensoriais, visuais e auditivas, e poder acessá-las posteriormente, repeti-las e associá-las a algo, definidas por aquisição verbal nova, novo figurativo, imediata verbal e semântica.
- **Linguagem:** é a habilidade complexa de comunicação, entendimento e sentimentos. A linguagem compreensiva oral é a aptidão de entender o que lhe é dito.

Redes Neuro-Fuzzy

As Redes Neuro-Fuzzy são consideradas estruturas híbridas formadas pela associação da Teoria Fuzzy com os conceitos de Redes Neurais Artificiais.

Teoria Fuzzy

Em 1965, o matemático azerbaijanês Lofti Zadeh, identificando a necessidade de uma ferramenta capaz de reproduzir a imprecisão do pensamento humano, pois as teorias tradicionais somente suportavam soluções rígidas dos modelos clássicos, desenvolveu a Teoria de Conjuntos Fuzzy.

Grecco, Carvalho e Santos (2015) citam que um conjunto Fuzzy pode ser representado por um conjunto de pares ordenados, em que o primeiro elemento é $x \in X$, onde X é tratado como o universo de discurso; e o segundo, $\mu_A(x)$, é o grau de pertinência associado a uma função de pertinência de x em A , que mapeia x para o espaço de pertinência M . Quando M contém apenas os pontos 0 ou 1, A é não Fuzzy, ou seja, *Crisp*. Quando M contém valores no intervalo entre 0 e 1, A é Fuzzy, tendo-se que $A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\}$.

As variáveis linguísticas podem assumir um valor linguístico em um conjunto de termos linguísticos. Elas podem ser representadas por conjuntos Fuzzy e seus valores são expressos por palavras ou sentenças descritas em linguagem artificial ou natural (GRECCO; CARVALHO; SANTOS; 2015).

Oliveira (2014) denota que os conjuntos *Fuzzy* contínuos são formados de acordo com o tipo de domínio X sobre o qual o conjunto está definido, além do seu referido grau de pertinência $\mu(x)$. Representa-se um conjunto *Fuzzy* contínuo “A” por intermédio da seguinte Integral-*Fuzzy*:

$$A = \int_x \mu(x)/x$$

A relação e operadores de operações entre conjuntos *Fuzzy* são os mesmos definidos nos conjuntos *Crisp*. Assumindo-se que X é o domínio e que A e B são conjuntos *Fuzzy* definidos sobre esse domínio, pode-se caracterizar a operação de união (OU) pela expressão a seguir (OLIVEIRA, 2014):

$$\mu_{A \cup B(x)} = \max\{\mu_{A(x)}, \mu_{B(x)}\}, \forall x \in X$$

Gabriel (2008) define que funções de pertinência são descritas como a representação de determinados pontos que admitem a pertinência em um conjunto com certo grau de aderência. A partir dos limites inferiores e superiores desses pontos, define-se a tipologia da função, destacando-se as mais utilizadas: linear por partes (triangular e trapezoidal), gaussiana, sigmoideal, polinomiais (GARÓFALO; FERREIRA, 2015).

A função de pertinência trapezoidal é caracterizada por um conjunto com quatro valores (a, b, c, d), onde a e d determinam o intervalo onde a função de pertinência assume valores diferentes de zero, e b e c designam o intervalo máximo da função cujo valor de pertinência é igual a 1 (AMENDOLA *et al.*, 2005). Essa função de pertinência é expressa da seguinte forma:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{se } a < x \leq b \\ 1 & \text{se } b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & \text{se } c < x \leq d \\ 0 & x > d \end{cases}$$

Para Rentería (2006), número *Fuzzy* é um caso especial de conjunto *Fuzzy* que define um intervalo *Fuzzy* nos números reais \mathbb{R} . Para

um número real cujo valor preciso não é conhecido com exatidão, esse número é definido por um intervalo *Fuzzy*. Os números *Fuzzy* mais comuns são os triangulares e trapezoidais. Os números trapezoidais são representados segundo a notação (a, b, c, d).

Existem operações aritméticas que podem ser aplicadas aos números *Fuzzy*, tais como soma, subtração, multiplicação e divisão, cujo resultado será um número *Fuzzy*.

Por exemplo, tomando-se dois números *Fuzzy* trapezoidais A e B, onde A =

$$(a_1, b_1, c_1, d_1) \text{ e } B =$$

$$(a_2, b_2, c_2, d_2) \text{ desenvolvem-se as seguintes operações:}$$

✓ Soma: $A + B = (a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2, d_1 + d_2)$

✓ Subtração: $A - B = (a_1 - d_2, b_1 - c_2, c_1 - b_2, d_1 - a_2)$

✓ Multiplicação: $A \cdot B = (\min A, \min B, \max B, \max A)$, onde:

$$A = \{a_1 \cdot a_2, a_1 \cdot d_2, d_1 \cdot a_2, d_1 \cdot d_2\} \text{ e } B = \{b_1 \cdot b_2, b_1 \cdot c_2, c_1 \cdot b_2, c_1 \cdot c_2\}$$

✓ Divisão:

$$A/B = (\min A, \min B, \max B, \max A), \text{ onde:}$$

$$0 \notin S(A) \text{ e } A = \left\{ \frac{a_1}{a_2}, \frac{a_1}{d_2}, \frac{d_1}{a_2}, \frac{d_1}{d_2} \right\} \text{ e}$$

$$B \left\{ \frac{b_1}{b_2}, \frac{b_1}{c_2}, \frac{c_1}{b_2}, \frac{c_1}{c_2} \right\}$$

Processamento neuronal

Um modelo Neuro-*Fuzzy* utiliza neurônios artificiais para processar dados de entrada e gerar variáveis de saída. Esse processamento se dá fundamentado na TF por intermédio de três etapas: *fuzzyficação*, Inferência e *defuzzyficação*.

Segundo Moitinho e Silva (2011), no processo de *fuzzyficação*, os valores de entrada, fornecidos em valores numéricos, são convertidos em valores qualitativos e submetidos ao processo de inferência, que pode conter regras ou outro formato de inteligência.

O processo de inferência simula a tomada de decisão humana, gerando consequências ou não consequências, a partir de um conjunto

de condições preestabelecidas, gerando uma ou mais saídas *Fuzzy* (GABRIEL, 2008).

A fase de *defuzzificação* é aquela em se processa a conversão dos dados linguísticos em dados numéricos, que será retratado em um ou mais valores de saída. Nessa etapa, podem ser aplicados vários métodos, tais como Centro da Área, Centro dos Máximos e Média dos Máximos.

De acordo com Medeiros *et al.* (2003), o método do Centro dos Máximos consiste no cálculo da média ponderada dos graus de pertinência da variável linguística de saída, garantindo, dessa forma, a contiguidade do sinal de controle. Diante disso, pode-se, por exemplo, obter o valor *defuzzificado* pela expressão:

$$\text{Centro}_{\text{Máximos}} = \frac{(a.x) + (b.y) + (c.z)}{(a + b + c)}$$

Sendo a, b e c os graus de pertinência das funções de pertinência de uma variável linguística, e x, y e z os pontos máximos das funções de pertinência. Para conjuntos normalizados, os pontos máximos registram graus de pertinência iguais a um.

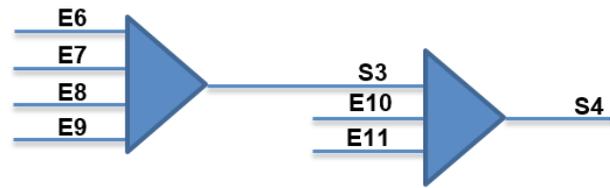
Redes Neurais Artificiais

Definem-se Redes Neurais Artificiais (RNA) pelo sistema composto por vários neurônios, interligados por conexões sinápticas. Trata-se de um sistema complexo e dinâmico, inspirado nas redes neurais biológicas, mas de forma limitada (BARRETO, 2002).

As RNA são programáveis em *software* e *hardware* para reproduzir o funcionamento do cérebro humano. Possuem uma arquitetura que define como os neurônios estão ordenados uns em relação aos outros.

As Redes Perceptron Multicamadas (PCM) são um dos modelos de RNA mais aplicados, caracterizadas por possuir, ao menos, uma camada intermediária de neurônio artificial, entre as camadas de entrada e saída, conforme demonstra Figura 1 (AMORIM, 2015).

Figura 1 – Exemplo de esquema de uma rede neural artificial.



O esquema da RNA expresso na Figura 2 representa as entradas E6, E7, E8 e E9 e saída S3 compondo um neurônio. Então, a saída S3 se torna uma entrada para o segundo neurônio, às entradas E10 e E11, gerando a saída S4. Essa combinação dos dois neurônios forma uma RNA tipo PCM.

Dentre os tipos de neurônios artificiais, um dos mais conhecidos é o neurônio MCP, assim denominado por ter sido proposto por McCulloch e Pitts, em 1943. Os neurônios MCP trabalham com várias entradas, possuindo apenas uma saída.

MODELO E ESTUDO DE CASO

Modelo matemático

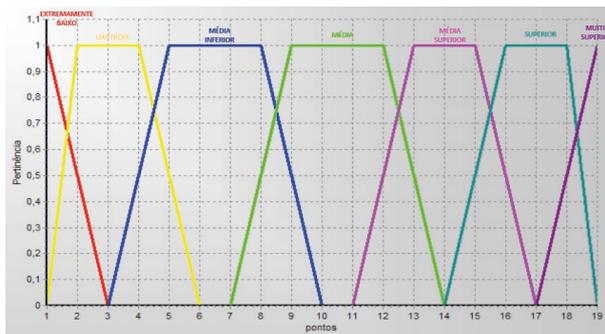
O modelo matemático foi desenvolvido seguindo-se a TF e RNA, além dos dados e informações obtidos da análise neuropsicológica. Tal modelo foi implementado em aplicativo computacional, tipo planilha eletrônica, para gerar informações sobre o desempenho cognitivo individual e coletivo de alunos de Engenharia de Produção.

Os subitens a seguir explicitarão os passos para modelagem e implementação computacional.

Definição das variáveis de entrada *Fuzzy* (VEF)

As funções de pertinência comporão as VEF (Figura 2) que, organizadas em uma RNA com estrutura PCM, redundarão em indicadores parciais que permitirão determinar o Quociente de Inteligência Total (QIT).

Figura 2 – Funções Pertinência das FC.

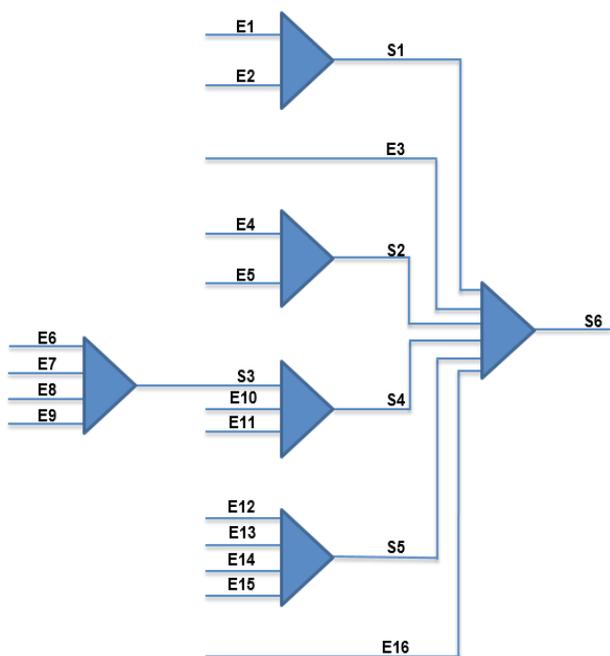


Elaboração da RNA e das variáveis de saída *Fuzzy* (VSF)

Com os valores de entrada e funções de pertinência definidos, elaborou-se a RNA que utiliza como base o neurônio MCP e a estrutura PCM. Essa RNA está apresentada na Figura 4, adiante.

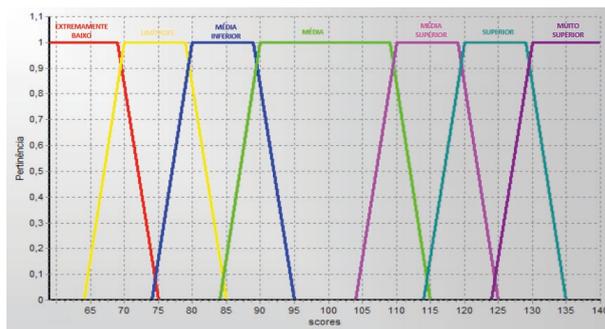
Os neurônios representam a união das FC, onde as VEF estão identificadas por “E” e um numeral sequencial; as VSF são identificadas pela letra “S” e um numeral sequencial. Cada saída parcial converte-se em novas entradas para os próximos neurônios, exceto a saída “S6” que representa o resultado do QIT (Figura 5, mais à frente).

Figura 3 – RNA das funções cognitivas.



Legenda	
E1: SUSTENTADA	E12: AQUISIÇÃO DE MATERIAL NOVO VERBAL
E2: SELETIVA	E13: AQUISIÇÃO DE MATERIAL NOVO FIGURATIVO
E3: PERCEPÇÃO (VISUAL)	E14: IMEDIATA VERBAL
E4: ARMAR E JUNTAR I – CUBOS	E15: SEMÂNTICA
E5: ARMAR E JUNTAR II – ARMAR OBJETOS	E16: LINGUAGEM (ORAL)
E6: SEMELHANÇAS	S1: ATENÇÃO
E7: RACIOCÍNIO MATEMÁTICO	S2: VISUOCONSTRUÇÃO
E8: ARITMÉTICA	S3: ABSTRAÇÃO
E9: ARRANJO DE FIGURAS	S4: FUNÇÕES EXECUTIVAS
E10: CONTROLE INIBITÓRIO	S5: MEMÓRIA
E11: ANÁLISE DO CONTEXTO	S6: QIT

Figura 4 – Funções Pertinência do QIT.



Funções de Pertinência

As funções de pertinência de cada VEF e VSF foram representadas pelas suas Integrais-Fuzzy, conforme descrito a seguir:

- Das Funções Cognitivas (VEF)

$$\begin{aligned} \text{Extremamente Baixo} &= \int_{1 \rightarrow 1}^{3 \rightarrow 0} \frac{x-3}{1-3} / x \\ \text{Limítrofe} &= \int_{1 \rightarrow 0}^{2 \rightarrow 1} \frac{x-1}{2-1} / x + \int_{2 \rightarrow 1}^{4 \rightarrow 1} 1/x + \\ &\int_{4 \rightarrow 1}^{6 \rightarrow 0} \frac{x-6}{4-6} / x \\ \text{Média Inferior} &= \int_{3 \rightarrow 0}^{5 \rightarrow 1} \frac{x-3}{5-3} / x + \int_{5 \rightarrow 1}^{8 \rightarrow 1} 1/x + \\ &\int_{8 \rightarrow 1}^{10 \rightarrow 0} \frac{x-10}{8-10} / x \\ \text{Média} &= \int_{7 \rightarrow 0}^{9 \rightarrow 1} \frac{x-7}{9-7} / x + \int_{9 \rightarrow 1}^{12 \rightarrow 1} 1/x + \\ &\int_{12 \rightarrow 1}^{14 \rightarrow 0} \frac{x-14}{12-14} / x \\ \text{Média Superior} &= \int_{11 \rightarrow 0}^{13 \rightarrow 1} \frac{x-11}{13-11} / x + \\ &\int_{13 \rightarrow 1}^{15 \rightarrow 1} 1/x + \int_{15 \rightarrow 1}^{17 \rightarrow 0} \frac{x-17}{15-17} / x \\ \text{Superior} &= \int_{14 \rightarrow 0}^{16 \rightarrow 1} \frac{x-14}{16-14} / x + \int_{16 \rightarrow 1}^{18 \rightarrow 1} 1/x + \\ &\int_{18 \rightarrow 1}^{19 \rightarrow 0} \frac{x-19}{18-19} / x \\ \text{Muito Superior} &= \int_{17 \rightarrow 0}^{19 \rightarrow 1} \frac{x-17}{19-17} / x \end{aligned}$$

- Do QIT

$$\begin{aligned} \text{Extremamente Baixo} &= \int_{0 \rightarrow 0}^{69 \rightarrow 0,9} 1/x + \\ &\int_{69 \rightarrow 0,9}^{75 \rightarrow 1} \frac{x-75}{69-75} / x \\ \text{Limítrofe} &= \int_{64 \rightarrow 0,9}^{70 \rightarrow 1} \frac{x-64}{70-64} / x + \int_{70 \rightarrow 1}^{79 \rightarrow 1} 1/x + \\ &\int_{79 \rightarrow 1}^{85 \rightarrow 0} \frac{x-85}{79-85} / x \\ \text{Média Inferior} &= \int_{74 \rightarrow 0}^{80 \rightarrow 1} \frac{x-74}{80-74} / x + \\ &\int_{80 \rightarrow 1}^{89 \rightarrow 1} 1/x + \int_{89 \rightarrow 1}^{95 \rightarrow 0} \frac{x-95}{89-95} / x \\ \text{Média} &= \int_{84 \rightarrow 0}^{90 \rightarrow 1} \frac{x-84}{90-84} / x + \int_{90 \rightarrow 1}^{109 \rightarrow 1} 1/x + \\ &\int_{109 \rightarrow 1}^{115 \rightarrow 0} \frac{x-115}{109-115} / x \\ \text{Média Superior} &= \int_{104 \rightarrow 0}^{110 \rightarrow 1} \frac{x-104}{110-104} / x + \\ &\int_{110 \rightarrow 1}^{119 \rightarrow 1} 1/x + \int_{119 \rightarrow 1}^{125 \rightarrow 0} \frac{x-125}{119-125} / x \\ \text{Superior} &= \int_{114 \rightarrow 0}^{120 \rightarrow 1} \frac{x-114}{120-114} / x + \int_{120 \rightarrow 1}^{129 \rightarrow 1} 1/x + \\ &\int_{129 \rightarrow 1}^{135 \rightarrow 0} \frac{x-135}{129-135} / x \\ \text{Muito Superior} &= \int_{124 \rightarrow 0}^{130 \rightarrow 1} \frac{x-124}{130-124} / x + \\ &\int_{130 \rightarrow 1}^{\infty \rightarrow 1} 1/x \end{aligned}$$

Implementação computacional

Com as VEF e VSF determinadas, foi necessário implementar o modelo matemático em aplicativo computacional. Para isso, foi utilizado o *software* Microsoft Excel.

O processamento de cada neurônio artificial pela *fuzzyficação* das variáveis de entrada, inferência pela avaliação da máxima possibilidade de pertencer a cada conjunto *Fuzzy* avaliado e, por fim, determinação da variável de saída pela *defuzzyficação*.

Estudo de caso

Para desenvolvimento de um projeto-piloto e posterior validação dos dados, foram aplicados quatro testes neuropsicológicos a quatro alunos de Engenharia de Produção. A duração do teste leva em torno de quatro horas para ser aplicado, considerando o desempenho de cada entrevistado. Eles fornecem os dados quantitativos para as variáveis de entrada do modelo matemático.

Processamento neuronal

Para *fuzzyficação* das variáveis de entrada, foi necessário, *a priori*, representar as respostas quantitativas dos testes para números trapezoidais, conforme formato das funções de pertinência apresentado na Tabela 1. Os registros dos resultados dos testes neuropsicológicos, por exemplo, para a FG “Abstração”, estão expostos na Tabela 2. A diferenciação por cores está representando as funções de pertinência apresentadas na Figura 3.

Tabela 1 – Funções de pertinência de entrada.

Termos Linguísticos	Cód.	a	b	c	d
Extremamente Baixo	EB	1	1	1	3
Limítrofe	LI	1	2	4	6
Média Inferior	MI	3	5	8	10
Média	ME	7	9	12	14
Média Superior	MES	11	13	15	17
Superior	SU	14	16	18	19
Muito Superior	MUS	17	19	19	19

Tabela 2 – Resultados quantitativos dos testes aplicados para FG Abstração.

Respondentes	a	b	c	d
1	11	11	14	15
2	6	13	14	12
3	6	13	15	14
4	6	14	14	11

Em seguida, desenvolve-se o diagnóstico dos graus de pertinência das respostas quantitativas para identificação da maior possibilidade de atuação da função de pertinência, possibilitando, assim, a conversão das respostas quantitativas para qualitativas, conforme exposto na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados quantitativos dos testes aplicados para Abstração.

Respondentes	a	b	c	d
1	ME	ME	MES	MES
2	MI	MES	MES	ME
3	MI	MES	MES	MES
4	MI	MES	MES	ME

Para se determinar uma única entrada para o modelo matemático, representando todas as entradas da referida FC, será necessário determinar o trapézio médio. Os valores parciais para essa determinação estão expostos na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados parciais para determinação do trapézio médio.

Trapézio Médio	Respondentes			
	1	2	3	4
a	4	10	11	9
b	6	12	13	11
c	9	14,3	15	13,5
d	11	16,3	17	15,5

Os trapézios médios serão utilizados para obtenção dos valores *Crisp* de entrada de cada neurônio utilizando a seguinte expressão: Valor *Crisp* = [a + (2.b) + (2.c) + d] / 6

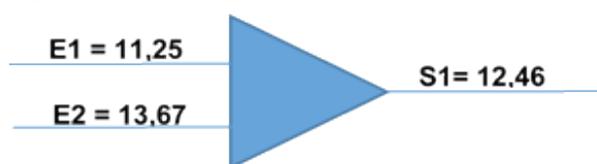
Inferência e defuzzyficação

Para inferência, foi utilizado o conectivo “ou” para selecionar o valor com a maior possibilidade entre os valores *fuzzyficados*.

Na *defuzzyficação*, aplicou-se o Método do Centro dos Máximos, que se refere à média ponderada dos valores de entrada obtidos na *fuzzyficação*, ponderados pelos graus de pertinência determinados como os de maior possibilidade na inferência.

Como exemplo dos valores *Crisp* obtidos, registram-se, na Figura 6, os dados de entrada E1 e E2 do neurônio que tem como saída S1 (FC Atenção).

Figura 5 – Resultado do processamento do neurônio que representa a FC Atenção.



Para se chegar o valor de saída da RNA S6 (QIT), foram utilizados os valores de entrada/saída *defuzzyficados* em cada neurônio. Esses valores estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Resultados parciais para determinação do trapézio médio.

E3	E16	S1	S2	S4	S5
11,25	8,38	12,46	10,81	10,44	9,33

O QIT coletivo obtido após o processamento neuronal foi de 100,96, classificado como QIT Médio, com grau de pertinência igual a 1.

INFERÊNCIAS EDUCACIONAIS

Neste momento, cabe ressaltar que o resultado obtido pelo processamento do modelo matemático, utilizando-se as variáveis de entrada capturadas por quatro testes neuropsicológicos, refere-se ao QIT coletivo. Esse é um dos resultados diferenciados desse processamento, haja vista que a psicologia não consegue avaliar quantitativamente o Quociente de Inteligência Coletivo, somente o Quociente de Inteligência, que é individual.

Nos resultados das saídas dos neurônios parciais, é possível fazer algumas inferências e, conseqüentemente, refletir sobre os métodos educacionais atuais.

Das entradas do último neurônio, observa-se que as com menor valor foram a E16 (Linguagem Oral), com 8,38; e S5 (Memória), com 9,33, ambas classificadas como Média Inferior.

Na FC Linguagem Oral, destaca-se a fala, que é o processo no qual o indivíduo seleciona as palavras que conhece e as organiza num determinado contexto. Assim, entende-se que, como a linguagem, principalmente a oral, é parte integrante da forma de comunicação entre aluno e docente, deve-se estimular a criação de vocabulário, tanto técnico como os voltados para gestão, permitindo ao aluno aumentar as opções de escolha de palavras. Além disso, o interesse por debates e apresentações orais para a turma, devem ser utilizados com constância durante as disciplinas, principalmente aquelas contidas no núcleo específico.

No que tange às apresentações orais, tem-se estimulado a organização de seminários para os alunos apresentarem seus resultados nas disciplinas, principalmente nos dois últimos períodos, durante o desenvolvimento dos Trabalhos de Conclusão de Curso (TCCs).

Quanto à FC Memória, uma das mais utilizadas no cotidiano, é dependente, inicialmente, do nível de Atenção (S1) que obteve resultado 12,46, tomada como Média; e da Percepção (E3), importante para que as informações possam ser armazenadas com sucesso, que teve como resultado 11,25, também considerada com Média.

Nesse contexto, cabe ressaltar que existem outros fatores que também favorecem a memória, tal como a motivação e as emoções. Quanto maior o interesse em aprender algum conteúdo, melhor será o seu armazenamento; quanto maior a quantidade de emoções (positivas ou negativas) atribuídas a um evento, mais chances do conteúdo permanecer na memória para uma futura recuperação.

O estímulo por meio de ambientes que caracterizem desafios torna as aulas mais apreciadas, mesmo nos turnos noturnos, que são populados por alunos cansados e com maior

idade. Por isso, propõem-se o desenvolvimento de atividades práticas em sala de aula, norteadas com reflexões teóricas, principalmente em disciplinas aplicadas, tais como gerência de manutenção, logística, inteligência artificial e simulação da produção.

Para estímulo da FC Memória, existem várias vertentes que podem maximizá-la. Por exemplo, a participação de alunos em eventos (internos e externos), onde são dinamizados temas de interesse da Engenharia de Produção, estimulando o crescimento de sua compreensão sobre o cenário da engenharia, aumentando o seu vocabulário técnico, sua autoestima, gerando emoções positivas e maximizando sua motivação para se capturar novos conteúdos. Todos esses aspectos subsidiam a retenção da memória.

Outra técnica que estimula o desenvolvimento da memória e as Funções Executivas está balizada no desenvolvimento de resenhas ao final de cada aula, principalmente aquelas do núcleo específico. Essa atividade permite a maximização da atenção e da concentração durante as aulas, além do desenvolvimento da capacidade de síntese do conteúdo exposto pelo docente.

Outras FC que participaram em maior intensidade do resultado do QIT coletivo foram a Visuoconstrução (S2=10,81) e as Funções Executivas (S4=10,44), apesar de classificadas como Média (com grau de pertinência igual a 1).

A Visuoconstrução é impactada pela escolaridade prévia dos discentes, bem como os estímulos do passado para tradução de percepção visual e de habilidade motora. Nesse aspecto, o ensino superior em Engenharia de Produção pode promover melhorias propondo algum implemento a possíveis défices preexistentes, pela criação de oficinas nas disciplinas do núcleo básico. Essa alteração nas atividades práticas pode ser estudada sob a luz da psicologia, abordagem distante do objetivo deste trabalho.

As Funções Executivas são compostas de outras funções, relativamente complexas e multidimensionais, que podem ser estimuladas com a criação de empresas juniores e de estudos de casos que estejam focados nas realidades das corporações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram processados os dados das FC dos testes neuropsicológicos, obtidos no estudo de caso por intermédio do processamento do modelo matemático. Obteve-se o resultado do desempenho cognitivo coletivo dos alunos de Engenharia de Produção pelos indicadores parciais (saídas dos neurônios) e o QIT. Constatou-se a vantagem da utilização da Teoria *Fuzzy* e de Redes Neurais Artificiais para se tratar, matematicamente, termos vagos e incertos, gerando-se métricas pelo processamento de dados em paralelo e em camadas.

A implementação de tal modelo matemático em aplicativo computacional viabilizou a obtenção de respostas rápidas aos resultados dos longos períodos de testes neuropsicológicos. Além disso, pelo uso de computador é possível se simular as modificações de certas FC que poderão ser estimuladas por modificações físicas nas instalações, bem como na forma de o docente interagir em sala de aula.

Analisando-se os resultados obtidos, se entende que permitirão potencializar estratégias educacionais, com possibilidade de geração de novas oportunidades, aperfeiçoando o desenvolvimento do aluno, segundo suas restrições individuais e coletivas.

Há, ainda, a possibilidade de análises dos resultados pelas áreas de psicologia, quanto a alguns aspectos cognitivos; e fisioterapia, quanto aos quesitos abordados na macroergonomia.

REFERÊNCIAS

AMENDOLA, Mariângela; BARROS, Laercio Carvalho; SOUZA, Anderson Luiz. **Manual do uso da teoria dos conjuntos Fuzzy no MATLAB 6**. Campinas, SP, Unicamp, 2005.

AMORIM, Aline Jardim. **Desenvolvimento de Uma Rede Neuro-Fuzzy Para a Previsão da Carga**. Dissertação (Mestrado). Ilha Solteira, 2015.

BARRETO, Jorge M. **Introdução às Redes Neurais Artificiais**. Florianópolis, SC. Laboratório de Conexionismo e Ciências Cognitivas UFSC, 2002.

BORBA, Ernesto Oliveira; SILVA, Regina Nogueira da. **A importância da didática no ensino superior**. 2011. Disponível em <<http://www.ice.edu.br/TNX/storage/webdisco/2011/11/10/ou-tros/75a110bfebd8a88954e5f511ca9bdf8c.pdf>>. Acesso em 4 jul. 2016.

edu.br/TNX/storage/webdisco/2011/11/10/ou-tros/75a110bfebd8a88954e5f511ca9bdf8c.pdf>. Acesso em 4 jul. 2016.

CAPOVILLA, Alessandra Gotuzo Seabra. Contribuições da neuropsicologia cognitiva e da avaliação neuropsicológica à compreensão do funcionamento cognitivo humano. **Cad. psicopedag.**, São Paulo, v. 6, n. 11, 2007. Disponível em <http://pep-sic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-10492007000100005&lng=pt&nrm=isso>. Acesso em 4 jul. 2016.

CHENCI, Gabriel Pupin et al. Uma introdução à Lógica *Fuzzy*. **Revista Eletrônica de Sistemas de Informação e Gestão Tecnológica**, v. 1, n. 1, p. 17-28. Centro Universitário Municipal de Franca, SP, 2011.

FERREIRA, Maria G. R. **Neuropsicologia e aprendizagem**. Curitiba: Editora Intersaberes, 2014.

GABRIEL, Camila Pires Cremasco. **Aplicação da Lógica Fuzzy para avaliação do faturamento do consumo de energia elétrica e demanda de uma empresa de avicultura de postura**. Tese (Doutorado em Agronomia). UNESP – *Campus* de Botucatu, 2008.

GARÓFALO, Danilo Trovó; FERREIRA, Marcos César. Mapeamento de fragilidade ambiental por meio de análise geoespacial: uma aplicação na alta bacia dos rios Piracicaba e Sapucaí-Mirim, APA Fernão Dias, MG. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, v. 29, p. 212-245, 2015.

GOMIDE, Fernando Antônio Campos; GUDWIN, Ricardo Ribeiro. Modelagem, controle, sistemas e Lógica *Fuzzy*. **SBA Controle & Automação**, v. 4 n. 3, p. 97-115, Campinas, SP, set./out., 1994.

GRECCO, Claudio Henrique dos Santos; CARVALHO, Paulo Victor Rodrigues; SANTOS, Isaac José Antônio Luquetti. Um método proativo para gerenciamento da segurança em instalações nucleares. **Braz. J. Rad. Sci.**, maio, 2015. Disponível em: <<http://www2.sbpr.org.br/revista/index.php/REVISTA/article/view/112>>. Acesso em 27 fev. 2016.

HANDAN, Amer Cavalheiro; PEREIRA, Ana Paula de Almeida. Avaliação neuropsicológica das funções executivas: considerações metodológicas. **Psicol. Reflex. Crit.**, Porto Alegre, v. 22, n. 3, p. 386-393, 2009.

HERNANDEZ, Salma S. S. *et. al.* Efeitos de um programa de atividade física nas funções cognitivas, equilíbrio e risco de quedas em idosos com demência de Alzheimer. **Revista Brasileira de Fisioterapia**

pia, v. 14, n. 1, p. 68-74, São Carlos, SP, jan./fev. 2010.

LIMA, Keite Maria Santos do Nascimento (Org.). **Metodologia do Ensino Superior**. Faculdade de Ciências Educacionais. [Apostila, s.l, s.n.].

MÄDER, Maria Joana. Avaliação neuropsicológica nas epilepsias: importância para o conhecimento do cérebro. **Psicol. cienc. prof.**, Brasília, v. 21, n. 1, mar. 2001.

MEDEIROS, Anderson V. de; SOUZA, Francisco E. C.; MAITELLI, André L. **Implementação de um sistema de extração de conhecimento de redes Neuro Fuzzy**. Natal. 2003.

MOITINHO, Sara Juraci; SILVA, Henrique Batista da. Mineração de dados de inteligência artificial para previsão do tempo de chegada do ônibus urbano entre paradas consecutivas. **Revista. e-xacta**, Belo Horizonte, v. 4, n. 3, p. 181-190. (2011). Editora UniBH. Disponível em: <www.unibh.br/revistas/exacta/>. Acesso em 2 fev. 2016.

PORTO, Patrícia; HERMOLIN, Marcia; VENTURA, Paula. Alterações neuropsicológicas associadas à depressão. **Rev. bras. ter. comport. cogn.**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 63-70, jun. 2002. Disponível em <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-55452002000100007&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 4 jul. 2016.

RENTERÍA, Alexandre Roberto. **Estimação de probabilidade Fuzzy a partir de dados imprecisos**. Tese de Doutorado. PUC-Rio. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2006.

RIGONI, Maisa dos Santos *et al.* O consumo de maconha na adolescência e as consequências nas funções cognitivas. **Psicologia em Estudo**, Maringá, PR, v. 12, n. 2, p. 267-275, maio/ago. 2007.

ROCHA, Cinara da Silva. **Avaliação neuropsicológica em uma adolescente**: estudo de caso. Trabalho de Conclusão de Curso. (Bacharelado Psicologia). Centro Universitário Jorge Amado. Salvador, BA, 2009. Disponível em: <http://www.psicologia.pt/artigos/textos/TL0196.pdf>. Acesso em 13 ago. 2015.

TÔRRES, José Júlio Martins. **Conjuntos Fuzzy e Lógica Fuzzy**. Disponível em:<http://www.teoriadacomplexidade.com.br/textos/logicafuzzy/ConjuntosFuzzy-e-LogicaFuzzy.pdf>. Acesso em 25 fev. 2016.

UNTURA, Lindsay Pâmela; REZENDE, Laura Ferreira de. A função cognitiva em pacientes submetidos à quimioterapia: uma revisão integrativa, 2012. Disponível em: <http://www1.inca.gov.br/rbc/n_58/v02/pdf/16_revisao_funcao_cognitiva_pacientes_submetidos_quimioterapia_revisao_integrativa.pdf>. Acesso em 25 fev. 2016.

VALLE, Marcos Eduardo. **Introdução à Teoria Fuzzy**. 2015. Disponível em: <http://www.ime.unicamp.br/~valle/Teaching/2015/MS580/Aula6.pdf>. Acesso em 26 fev. 2016.

YAMAUTI, Verônica Lima dos Reis *et al.* Testes de avaliação neuropsicológica utilizados em pacientes vítimas de acidente vascular cerebral. **Aval. psicol.**, Itatiba, SP, v. 13, n. 2 ago. 2014.

ZIBETTI, Murilo Ricardo *et al.* Estudo comparativo de funções neuropsicológicas entre grupos etários de 21 a 90 anos. **Neuropsicología Latinoamericana**, v. 10, n. 1, p. 55-67, 2010. Disponível em: <http://neuropsicolatina.org/index.php/Neuropsicologia_Latinoamericana/article/view/30/23>. Acesso em 15 set. 2001.

DADOS DOS AUTORES



Marcelo Prado Sucena – Pós-Doutorado pela COPPE/UFRJ/LASUP, doutor em Engenharia de Transportes pela COPPE/UFRJ, mestre em Engenharia de Transportes pelo Instituto Militar de Engenharia (IME), graduado em Engenharia Elétrica pelo CEFET/RJ. É professor do Instituto Militar de Engenharia e da Universidade Estácio de Sá. Chefe de Departamento de Monitoração de Transportes da Cia. Estadual de Engenharia de Transportes e Logística, empresa vinculada à Secretaria de Transportes do Estado do Rio de Janeiro.



Daiana Carla Corrêa da Silva – Engenheira de Produção pela Universidade Estácio de Sá do Rio de Janeiro e Programadora de Produção (PCP) na Eversoft Indústria e Comércio de Plásticos LTDA.



Agatha Ferreira de Faria – Graduanda em Engenharia de Produção da Universidade Estácio de Sá do Rio de Janeiro.



Lucas da Silva Brito – Engenheiro de Produção formado pela Universidade Estácio de Sá do Rio de Janeiro. Analista de Planejamento e Controle na área de Monitoramento do Negócio e no Controle da Qualidade de Venda de Produtos.