

## Application of fuzzy logic to evaluate the lean level of an organization Aplicação da lógica difusa para avaliar o nível lean de uma organização

António Abreu - [ajfa@dem.isel.pt](mailto:ajfa@dem.isel.pt)

ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa / CTS - Uninova - Instituto de Desenvolvimento de Novas Tecnologias

J. M. F. Calado - [jcalado@dem.isel.ipl.pt](mailto:jcalado@dem.isel.ipl.pt)

ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa / IDMEC/LAETA - IST - University of Lisbon

João Vargas - [a39510@alunos.isel.pt](mailto:a39510@alunos.isel.pt)

ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

### Abstract

In this paper in order to determine the level of a lean organization a model based on fuzzy logic has been developed. The developed model has been based on a qualitative assessment approach, including quantitative bases, whose development was supported by the use of fuzzy logic. Recourse to the use of fuzzy logic is justified by its ability to cope with uncertainty and imprecision of the input data, as well as, could be applied to the analysis of qualitative variables of a system, turning them into quantitative values. A major advantage of the developed model is that it can be adjusted to any organization regardless of their nature, size, strategy and market positioning. Furthermore, the proposed model allows the identification systematically of constraint factors existing in the organization and thus provide the necessary information for the management to develop a holistic plan for continuous improvement. To assess the robustness of the approach proposed in this paper, the model was applied to a maintenance and manufacturing aeronautical organization, being presented the corresponding results and made a critical analysis of them.

### Resumo

Neste artigo apresenta-se um modelo baseado em lógica difusa com o objectivo determinar o nível lean de uma organização. O modelo desenvolvido assenta numa abordagem de avaliação qualitativa, incluindo bases quantitativas, cujo desenvolvimento foi suportado pela utilização de lógica difusa. O recurso à utilização da lógica difusa justifica-se pela sua capacidade de conseguir lidar com a incerteza e a imprecisão dos dados de entrada, bem como, ser igualmente aplicável na análise de variáveis qualitativas de um sistema, transformando-as em valores quantitativos. Uma grande vantagem do modelo desenvolvido é que este poderá ser reajustado a qualquer tipo de organização independentemente da sua natureza, dimensão, estratégia e posicionamento no mercado. Além disso, o modelo proposto possibilita a identificação de forma sistemática dos factores de constrangimento existentes na organização e fornecer assim a informação necessária para que a gestão desenvolva um plano holístico de melhoria contínua. Visando a avaliação da robustez da abordagem proposta neste artigo, o modelo foi aplicado a uma organização de manutenção e fabricação aeronáutica, sendo apresentados os resultados obtidos e efectuada a correspondente análise crítica dos mesmos.

### Keywords

Lean management, fuzzy logic, qualitative models, quantitative models

### Palavras-chave

Gestão lean, lógica difusa, modelos qualitativos, modelos quantitativos

# Aplicação da lógica difusa para avaliar o nível *lean* de uma organização

## 1 Introdução

Actualmente, os mercados são cada vez mais globalizados, competitivos estando em constante mudança e evolução. É neste contexto que as empresas para sobreviverem procuram instrumentos que lhes garantam ganhos de produtividade e vantagens competitivas. Assim, muitas empresas adoptam, o pensamento ou filosofia *lean* como estratégia de sobrevivência. No entanto, de acordo com Bashin [1], mais de 90% das empresas que aplicaram ferramentas e metodologias *lean* apresentam lacunas na avaliação da melhoria do seu desempenho. As causas mencionadas para este vazio na avaliação das melhorias de desempenho resultantes da implementação da abordagem *lean* são devidas em grande medida à falta de um entendimento sobre a noção de desempenho *lean* e de modelos adequados para monitorizar, avaliar e comparar a evolução do “nível *lean*” durante o processo de implementação [2][3].

A falta de um entendimento claro do que é o desempenho *lean* e a sua avaliação é uma das razões para que programas de implementação *lean* tenham falhado. Por outras palavras, não é possível gerir o *lean* sem que se meça o seu desempenho. De acordo com Pakdil [4], apesar de existirem diversos processos diferenciados de medição para as várias perspectivas da produção *lean*, na literatura não existe nenhuma avaliação holística que permita determinar o nível de implementação do pensamento *lean* nas organizações.

Podemos encontrar na literatura várias definições para o conceito “nível *lean*” de uma organização. A título de exemplo Wan [5] define o “nível *lean*” como o nível de desempenho do fluxo de valor em comparação com a perfeição, ou ainda segundo Bayou [6], o “nível *lean*” é a medida da implementação das práticas *lean*. Logo, um dos grandes desafios que esta área enfrenta, relaciona-se com o desenvolvimento de modelos que permitam avaliar e validar a eficácia e eficiência da implementação do pensamento *lean* nas organizações.

Neste contexto, o presente trabalho apresenta um modelo baseado na lógica difusa também conhecida por lógica *fuzzy* que tem como objectivo determinar o nível *lean* de uma organização.

## 2 Modelos de avaliação *lean*

Como crítica geral aos métodos de avaliação *lean* descritos na literatura, podemos constatar que cada método de avaliação centra-se apenas numa vertente do *lean* e não na sua globalidade [6]. Por outro lado, enquanto alguns métodos se concentram nas percepções dos empregados, utilizando uma abordagem qualitativa [7]; outros utilizam várias métricas de desempenho, criando uma avaliação quantitativa [2;5-6]. No entanto, nenhum dos estudos existentes utiliza abordagens qualitativas e quantitativas em simultâneo [4].

De acordo com alguns autores, os métodos de avaliação *lean* podem ser categorizados em quatro grupos: Mapeamento Fluxo Valor (VSM), Ferramentas de Avaliação Qualitativa, Indicadores de desempenho e *Benchmarking* [3][5].

Actualmente grande parte das organizações utiliza métodos de avaliação qualitativa baseados em questionários ou num grupo de métricas utilizadas em simultâneo, por forma a determinar o nível de aplicação/implementação das metodologias e ferramentas *lean*.

O desafio do uso de indicadores de desempenho ou métricas *lean*, está na definição do grupo de indicadores necessários de forma a incluir todas as dimensões [8]. Além disso, a síntese de um conjunto de indicadores numa única métrica *lean* integral, é também por si só, um desafio, devido às diferentes naturezas e unidades de medida [9].

### 3 Modelo de avaliação *lean* proposto

O modelo proposto tem como objectivo permitir fazer uma avaliação das práticas *lean*, determinar o nível *lean* de uma organização e identificar os principais constrangimentos. Nesse sentido, o modelo desenvolvido utiliza o conceito da lógica difusa recorrendo a funções de pertinência triangulares, de modo a integrar ambas as vertentes da avaliação de desempenho, quer as quantitativas quer as qualitativas num único índice, bem como, ser um modelo compatível com a ambiguidade e incerteza da avaliação humana.

O modelo compreende os seguintes elementos:

- Estrutura do modelo - Definição das dimensões, habilitadores e atributos;
- Definição das variáveis linguísticas e funções de pertinência;
- Indicadores de desempenho *lean* da organização - Construção de indicadores difusos que permitem determinar o nível *lean* de uma organização e identificar os principais constrangimentos.

#### 3.1 Estrutura do modelo

A arquitectura do modelo compreende três níveis de granularidade conforme ilustra a Figura 1. No primeiro nível foram definidas três dimensões de análise - 'Clientes'; 'Fornecedores' e 'Organização'. O segundo nível compreende treze habilitadores e no terceiro nível encontram-se definidos cem atributos. A identificação e atribuição de cada um dos elementos que constitui a estrutura do modelo a cada um dos níveis de granularidade do modelo foi baseada na literatura e na realização de um estudo Delphy a vários especialistas no domínio do *Lean*, Qualidade, Inovação, Gestão de Projectos, Gestão, Marketing e Logística. A cada um dos elementos corresponderá um indicador de desempenho *lean*, a partir dos quais será obtido o nível *lean* da organização.

#### 3.2 Definição das variáveis linguísticas e funções de pertinência

O uso *ad-hoc* de termos linguísticos e correspondentes funções de pertinência é sempre criticado na lógica difusa [10]. Por uma questão de conveniência, em vez de se efectuar o levantamento de termos linguísticos, optou-se pela adopção de termos linguísticos e correspondentes funções de pertinência a partir da literatura. De um modo geral é sugerido que os níveis linguísticos não excedam nove níveis, que representam os limites da percepção humana para a discriminação [10]. Tendo por base a literatura na área da lógica difusa [11-14] foram adoptadas as variáveis {Excelente, Muito Bom, Bom, Satisfaz, Satisfaz Pouco, Insuficiente e Fraco} para a classificação de desempenho, e seleccionadas as variáveis linguísticas {Muito Elevado, Elevado, Razoavelmente Elevado, Médio, Razoavelmente Baixo, Baixo e Muito Baixo} para os factores de ponderação, conforme se ilustra na Tabela 1. Determinadas as variáveis linguísticas e correspondentes funções de pertinência, pode-se agora definir a importância relativa de cada elemento (dimensão, habilitador e atributo), com base na estratégia e política da organização, tendência da concorrência, desenvolvimento tecnológico, conhecimento e experiência dos especialistas [12].

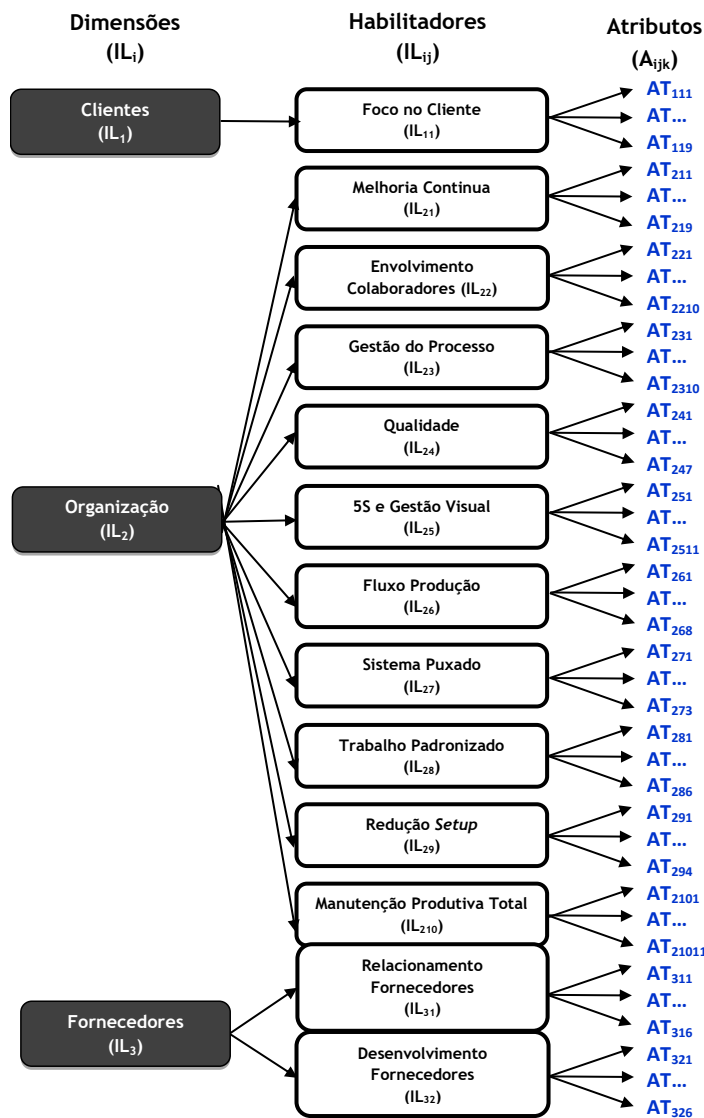


Figura 1 - Estrutura do modelo

Tabela 1 - Variáveis Linguísticas e respectivas Funções de pertinência

Classificação de Desempenho (A)		Factor de Ponderação (W)	
Variável Linguística	Função de Pertinência	Variável Linguística	Função de Pertinência
Excelente (E)	(8.5; 9.5; 10)	Muito Elevado (ME)	(0.85; 0.95; 1)
Muito Bom (MB)	(7; 8; 9)	Elevado (E)	(0.7; 0.8; 0.9)
Bom (B)	(5; 6.5; 8)	Razoavelmente Elevado (RE)	(0.5; 0.65; 0.8)
Satisfaz (S)	(3; 5; 7)	Médio (M)	(0.3; 0.5; 0.7)
Satisfaz Pouco (SP)	(2; 3.5; 5)	Razoavelmente Baixo (RB)	(0.2; 0.35; 0.5)
Insuficiente (I)	(1; 2; 3)	Baixo (B)	(0.1; 0.2; 0.3)
Fraco (F)	(0; 0.5; 1.5)	Muito Baixo (MB)	(0; 0.05; 0.15)

### 3.3 Indicadores de desempenho *lean* da organização

- **Índice *Lean* difuso agregado de cada habilitador (IL<sub>ij</sub>)** - De acordo com a definição de média ponderada, o índice *lean* difuso agregado IL<sub>ij</sub>, pode ser calculado através das variáveis W<sub>ijk</sub> e A<sub>ijk</sub>, que representam o factor de ponderação difuso associado a cada atributo e a classificação de desempenho difusa, respectivamente. A equação (1) define o processo de cálculo.

$$IL_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (W_{ijk} \times A_{ijk})}{\sum_{k=1}^n W_{ijk}} \quad (1)$$

- **Índice *Lean* difuso agregado de cada dimensão (IL<sub>i</sub>)** - Obtidos os índices difusos agregados para cada habilitador existe agora a necessidade de integrar os valores dos vários habilitadores associados a uma dimensão num único índice. A equação (2) define o processo de cálculo.

$$IL_i = \frac{\sum_{j=1}^n (W_{ij} \times IL_{ij})}{\sum_{j=1}^n W_{ij}} \quad (2)$$

Onde, W<sub>ij</sub> representa o factor de ponderação difuso associado a cada habilitador e IL<sub>ij</sub>, o Índice Difuso agregado associado a cada habilitador.

- **Índice *Lean* de Desempenho (ILD)** - Calculados os IL<sub>i</sub> aplicando a equação (3) obtém-se o ILD (Índice Lean de Desempenho). O ILD é um índice *lean* difuso holístico que consolida num único índice as avaliações e os factores de ponderação. O ILD representa assim o nível global *lean* de uma organização, quanto maior o seu valor, maior é o índice *lean* da organização, onde, W<sub>i</sub> representa o factor de ponderação difuso e IL<sub>i</sub> o Índice Difuso agregado associados a cada dimensão.

$$ILD = \frac{\sum_{i=1}^n (W_i \times IL_i)}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (3)$$

- **Nível *lean* da organização (NL)** - Calculado o ILD pode-se agora fazer corresponder o valor obtido a uma variável linguística cuja adesão à função é a mesma ou o mais próxima possível. Existem diversos métodos para combinar a função de associação com os termos linguísticos, no entanto é recomendado a utilização do método de distância euclidiana, porque é a forma mais intuitiva da percepção humana de proximidade [13]. O método da distância euclidiana consiste em calcular a distância euclidiana da função obtida a cada uma das funções de pertença que representam as expressões difusas expressa em linguagem natural. Sendo o nível *lean* (NL) caracterizado por conjuntos difusos aos quais está associada uma função de pertença triangular, então a distância entre a função de pertença triangular que caracteriza o conjunto difuso (ILD) e cada uma das funções triangulares associadas aos conjuntos difusos que caracterizam a variável difusa NL, pode ser calculada da seguinte forma:

$$d(ILD, NL_i) = \sqrt{\frac{1}{3} [(a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2 + (c_2 - c_1)^2]} \quad (4)$$

Para fazer corresponder o ILD a uma expressão linguística (conjunto difuso) foram definidas as seguintes expressões *lean* e respectivas funções de pertença (Tabela 2).

Tabela 2 - Expressões Linguísticas *Lean* e respectivas funções de pertença

<i>Expressões Linguísticas Lean</i>	
Variável Linguística	Função de Pertença
Extremamente Lean (EL)	(7; 8.5; 10)
Bastante Lean (BL)	(5.5; 7; 8.5)
Lean (L)	(3.5; 5; 6.5)
Razoavelmente Lean (RL)	(1.5; 3; 4.5)
Pouco Lean (PL)	(0; 1.5; 3)

- **Identificar e analisar os principais constrangimentos à melhoria**

A fim de identificar os principais constrangimentos à melhoria do nível de *lean* da organização, é proposto o índice difuso Importância-Desempenho (IDID) [10]. De acordo com este índice, todos os atributos que forem classificados com um factor de ponderação elevado ( $W_{ijk}$ ) e depois de avaliados apresentem um baixo desempenho ( $A_{ijk}$ ), são classificados como um constrangimento crítico à melhoria. Assim, no processo de cálculo do IDID não podemos utilizar os valores atribuídos directamente pelos factores de ponderação  $W_{ijk}$ , mas sim o seu complementar  $W'_{ijk}$  para não mascarar os resultados. Por exemplo, se um atributo for classificado com um  $W_{ijk}$  elevado (então, a transformação  $[(1,1,1)-W_{ijk}]$  será baixa) e tiver uma avaliação de desempenho baixa  $A_{ijk}$  será considerado um constrangimento crítico e o valor do  $IDID_{ijk}$  será baixo. Para cada atributo  $ijk$ , o índice difuso importância-desempenho  $IDID_{ijk}$  será definido como:

$$IDID_{ijk} = W'_{ijk} \times A_{ijk} \quad (5)$$

Onde:

$$W'_{ijk} = (1,1,1) - W_{ijk} \quad (6)$$

$W_{ijk}$  é o factor de ponderação difuso de cada atributo lean.

Calculado o  $IDID_{ijk}$  existe agora necessidade de o classificar. Neste trabalho foi utilizado o método de Chen and Hwang's *left-and-right fuzzy ranking method*, uma vez que não só preserva a ordem de classificação, como também, considera a localização absoluta de cada número difuso [14].

No método de Chen and Hwang's *left-and-right* para desfuzificar um número difuso, as funções máximas e mínimas são dadas através de:

$$f_{\max}(x) = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 10, \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (7)$$

$$f_{\min}(x) = \begin{cases} 10 - x, & 0 \leq x \leq 10, \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (8)$$

De acordo com este método e para uma função de pertença triangular associada à caracterização de IDID e definida como:

$$f_{IDID}: R \rightarrow [0,10]$$

em que os índices à esquerda e à direita são obtidos da seguinte forma,

$$U_D(IDID_{ijk}) = \sup_x [f_{IDID}(x) \wedge f_{\max}(x)] \quad (9)$$

$$U_E(IDID_{ijk}) = \sup_x [f_{IDID}(x) \wedge f_{\min}(x)] \quad (10)$$

sendo o índice total determinado como indicado na equação (11),

$$U_T(IDID_{ijk}) = \frac{U_D + 10 - U_E}{2} \quad (11)$$

#### 4 Aplicação do modelo proposto (caso de estudo)

O modelo foi aplicado numa organização de manutenção e fabricação aeronáuticas. No entanto, antes de se proceder à implementação do modelo foi realizado uma acção de formação de modo a garantir que os avaliadores estivessem familiarizados com os conceitos do que se entende por uma organização *lean*, de modo assegurar resultados mais ajustados à realidade. De acordo com a literatura, antes de se proceder à implementação do modelo na organização é importante construir numa fase prévia um “consenso” com os avaliadores sobre o objecto que vai ser sujeito a avaliação [11]. Determinadas as variáveis linguísticas e respectivas funções de pertença, bem como atribuídas as importâncias relativas de cada elemento, passa-se à fase de execução da avaliação de desempenho *lean* da organização.

##### Indicadores de desempenho lean da organização

Aplicando a equação (1) aos valores obtidos na avaliação de desempenho calculamos os valores de  $IL_{ij}$ . Os valores de  $IL_{ij}$  correspondem ao índice agregado para cada um dos habilitadores. Calculados os valores para os vários  $IL_{ij}$  e aplicando agora a equação (2), obtêm-se os valores para cada dimensão  $IL_i$ . Os valores de  $IL_i$  correspondem ao índice agregado para cada uma das dimensões consideradas no modelo proposto. Os índices agregados obtidos encontram-se descritos na Tabela 3.

Tabela 3 - Indicadores de desempenho *lean* da organização

$IL_i$	$IL_{ij}$
Cientes (4.14;5.71;7.27)	Foco no Cliente (4.14; 5.71; 7.27)
Organização (3.58;5.13;6.67)	Melhoria Continua (3.21; 4.94; 6.65) Envolvimento Colaboradores (3.83; 5.48; 7.11) Gestão do Processo (4.75; 5.71; 6.73) Qualidade (2.75; 4.30; 5.84) 5S e Gestão Visual (3.59; 5.29; 6.93) Fluxo de Produção (3.86; 5.48; 6.98) Sistema Puxado (3.71; 5.54; 7.36) Trabalho Padronizado (3.33; 4.98; 6.58) Redução de Setup (2.93; 4.78; 6.58) TPM (3.49; 4.65; 5.81)
Fornecedores (4.15;5.85;7.50)	Relacionamento Fornecedores (4.18; 6.03; 7.75) Desenvolvimento Fornecedores (4.12; 5.68; 7.25)

Obtidos os  $IL_i$  aplicando a equação (3) é calculado o *ILD* (Índice *Lean* de Desempenho)  $ILD = (3.88;5.50;7.10)$ . Calculado o *ILD* pode-se agora fazer corresponder o valor obtido a uma variável linguística (conjuntos difusos), que corresponderá ao nível *lean* da organização: Extremamente *Lean* (EL), Bastante *Lean* (BL), *Lean* (L), Razoavelmente *Lean* (RL) e Pouco *Lean* (PL).

Assim e usando agora a equação (4) conforme se ilustra na Figura 2, obtiveram-se as seguintes distâncias relativamente a *ILD*:  $D(ILD, EL)=3,01$ ;  $D(ILD, BL)=1,51$ ;  $D(ILD, L)=0,50$   $D(ILD, RL)=2,50$ ;  $D(ILD, PL)=4,00$ .

Combinando agora a expressão linguística com o mínimo de *D*, podemos afirmar que a organização é ‘*Lean*’, ou seja, estará num estado intermédio de desempenho *lean*.

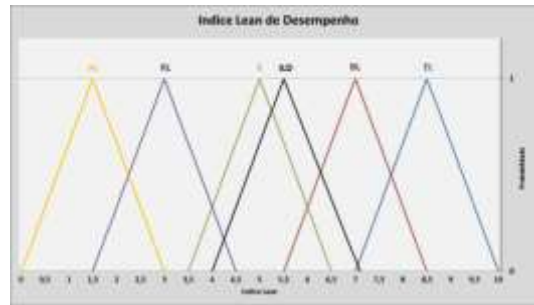


Figura 2 - Funções de pertinência associadas às variáveis linguísticas e ao Índice *Lean* de Desempenho

Com o objectivo de identificar os principais constrangimentos à melhoria *lean*, usando a equação (5) é possível efectuar o cálculo do IDID para todos os atributos que foram objecto de avaliação. Como exemplo, o IDID para o atributo AT<sub>251</sub> - o ambiente de trabalho encontra-se limpo, organizado e seguro, é calculado da seguinte forma:

$$IDID_{251} = [(1;1;1)-(0,7;0,8;0,9)] \times (7;5;3)$$

$$IDID_{251} = (2,1;1;0,3)$$

Calculado o IDID existe agora necessidade de o classificar. Para o efeito teremos de desfuzzificar a função IDID<sub>ijk</sub> correlacionada com cada atributo por forma a determinar o valor real correspondente ao valor difuso calculado. Assim usando as equações (9), (10) e (11) para o IDID<sub>251</sub> obtemos:

$$U_D(IDID_{251}) = 1,892$$

$$U_E(IDID_{251}) = 9,065$$

$$U_T(IDID_{251}) = \frac{1,892 + 10 - 9,065}{2} = 1,413$$

Como mencionado no princípio de Pareto, os recursos devem ser utilizados na melhoria dos constrangimentos críticos [10], desse modo e com base na literatura o valor de 0,8 foi estabelecido como o limiar para identificar os constrangimentos críticos que necessitam ser melhorados. Dessa forma e como o valor obtido foi 1.413, corresponderá a um constrangimento não crítico, sendo os constrangimentos críticos, todos os atributos cujo valor seja inferior ou igual a 0,8. A Figura 3 ilustra os 12 constrangimentos críticos identificados na organização.

0,267	$U_c(IDID_{243})$
0,441	$U_c(IDID_{217})$ $U_c(IDID_{227})$
0,608	$U_c(IDID_{117})$ $U_c(IDID_{118})$ $U_c(IDID_{211})$ $U_c(IDID_{219})$
0,623	$U_c(IDID_{268})$ $U_c(IDID_{2101})$
0,709	$U_c(IDID_{115})$ $U_c(IDID_{228})$
0,809	$U_c(IDID_{237})$

Figura 3 - Constrangimentos críticos

A representação dos resultados obtidos num gráfico radar como ilustrado na Figura 7, permite analisar simultaneamente o nível de desempenho actual dos vários habilitadores. Além disso, este tipo de representação permite fazer *Benchmarking* com outras organizações. Para o efeito teremos de desfuzzificar a função IL<sub>ij</sub> correlacionada com cada habilitador por forma a determinar o valor real correspondente ao valor difuso. Assim utilizando o método de Chen and Hwang's left-and-right e aplicando as equações (9), (10) e (11) a cada Índice *Lean* difuso agregado IL<sub>ij</sub>, obtemos o valor real de cada índice. Os valores obtidos por habilitador

encontram-se ilustrados na Figura 4. Os valores mais próximos da periferia representam um melhor desempenho, enquanto os valores mais próximos do centro correspondem a um pior desempenho. Como exemplo para o Índice *Lean* difuso agregado  $IL_{25}$  associado habilitador “5S e Gestão Visual” o valor obtido foi:  $U_T(IL_{25}) = 5.236$ .

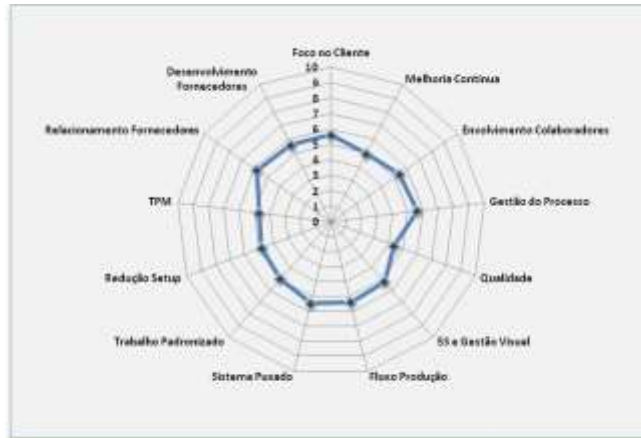


Figura 4 - Índice *lean* agregado por habilitador

Por forma a obtermos a representação gráfica do valor do desempenho associado a cada dimensão, procedeu-se à defuzzificação das funções  $IL_i$  correlacionadas com cada dimensão com o objectivo de determinar o valor real correspondente ao valor difuso agregado. A Figura 5, ilustra os valores defuzzificados segundo o método de Chen and Hwang’s left-and-right fuzzy ranking para os Índices *Lean* difusos agregados de cada dimensão ( $IL_i$ ). Por exemplo, o valor obtido para o Índice  $IL_2$  correspondente à dimensão “Organização” aplicando as equações (9), (10) e (11) foi:  $U_T(IL_2) = 5.113$ .

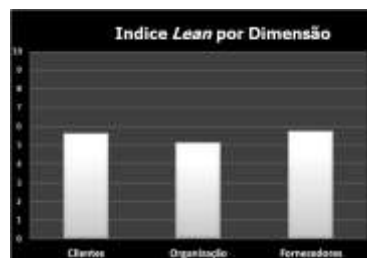


Figura 5 - Índice *lean* agregado por dimensão

## 5 Conclusões

As organizações devem utilizar em simultâneo abordagens tanto de percepção como de medição, por forma a orientar os seus esforços de implementação do pensamento *lean* de modo mais eficiente. Foi nesse sentido, que o presente modelo foi desenvolvido, empregando uma abordagem de avaliação qualitativa, incluindo bases quantitativas, suportado na lógica difusa, uma vez que esta consegue lidar com a incerteza e a imprecisão dos dados de entrada, bem como, é igualmente aplicável na análise de variáveis qualitativas de um sistema, transformando-as em valores quantitativos. Uma grande vantagem do modelo desenvolvido é que este poderá ser reajustado a qualquer tipo de organização independentemente da sua natureza, dimensão, estratégia e posicionamento no mercado. Além disso, o modelo proposto possibilita a identificação de forma sistemática dos factores de constrangimento existentes na organização e fornecer assim a informação necessária para que a gestão desenvolva um plano holístico de melhoria contínua.

No entanto, a aplicação da lógica difusa como instrumento de suporte à avaliação introduz algumas limitações. As funções de pertinência das variáveis linguísticas dependem da percepção do avaliador. Dessa forma, o avaliador deve ser uma pessoa experiente e com competências na área da melhoria contínua ou pensamento *lean*, a fim de perceber a importância, dos elementos que constituem o modelo. A contribuição deste trabalho visa oferecer uma estrutura racional para avaliar fenómenos imprecisos como é o caso da avaliação *lean*.

## Agradecimentos

Este trabalho foi parcialmente suportado pela FCT, através do IDMEC, no âmbito do LAETA UID/EMS/50022/2013.

## Referências

- [1] Bashin S. ; Burcher P.: "Lean viewed as a philosophy", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 17, Issue 1 (2006), ISSN: 1741-038X, pp 56-72.
- [2] Behrouzi, F.; Wong, K. Y.: "Lean performance evaluation of manufacturing systems: A dynamic and innovative approach". *Procedia Computer Science*, Vol 3 (2011), pp 388-395.
- [3] Amin, M. A.: " A Systematic approach for selecting lean strategies and assessing leanness in manufacturing organizations", Ph.D. Thesis, (2013) Queensland University of Technology, Australia.
- [4] Pakdil, F. and Leonard, K.: "Criteria for a lean organisation: development of a lean assessment tool", *International Journal of Production Research*, Vol. 52, Issue 15 (2014), pp 4587-4607.
- [5] Wan, H. ; Chen, F.: " A leanness measure of manufacturing systems for quantifying impacts of lean initiatives ", *International Journal of Production Research*, Vol. 46, Issue 23 (2008), pp 6567-6584.
- [6] Bayou, M. E. ; De Korvin, A.: "Measuring the leanness of manufacturing systems-A case study of Ford Motor Company and General Motors", *Journal of Engineering and Technology Management*, Vol. 25, Issue 4 (2008), pp 287-304.
- [7] Fullerton, R.; Wempe W.: "Lean Manufacturing, Non-financial Performance Measures, and Financial Performance", *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 29, Issue 3 (2009), pp 214-240.
- [8] Baker, P.: "The Role, Design and Operation of Distribution Centres in Agile Supply Chains", Ph.D. Thesis, (2008) School of Management, Cranfield University, England
- [9] Mahfouz, A.: "An Integrated Framework to Assess Leanness Performance in Distribution Centres", Ph.D. Thesis, (2011) Dublin Institute of Technology, England.
- [10] Lin et Al,: "Agility evaluation using fuzzy logic", *International Journal of Production Economics*, Vol. 101, Issue 2 (2006), pp 353-368.
- [11] Zanjirchi et al: Measuring Organizational Leanness Using Fuzzy Approach, International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Dhaka, Bangladesh, Jan 2010.
- [12] Lin et Al,: "Agility evaluation using fuzzy logic", *International Journal of Production Economics*, Vol. 101, Issue 2 (2006), pp 353-368.
- [13] Guesgen, H.W.; Albrecht, J.: "Imprecise reasoning in geographic information systems", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 113, Issue1 (2000), pp 121-131.
- [14] Chen, S.J.; Hwang, C.L.: "Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods and Application", Springer (1992), ISBN: 978-3-642-46768-4 (Online), <http://www.springer.com/us/book/9783540105589>, (22/06/2015)