

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UNIDADES MANUTENÇÃO

EM UMA EMPRESA DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DA APLICAÇÃO

DA TÉCNICA DE SIMILARIDADE COM SOLUÇÃO IDEAL

Marcos Paulo Barcellos de Moraes Universidade Federal Fluminense - UFF marcospaulobdm@gmail.com

Gilson Brito Alves Lima Universidade Federal Fluminense - UFF glima@id.uff.br

Luiz Octávio Gavião Universidade Federal Fluminense - UFF gaviao@id.uff.br

Resumo

O estudo buscou desenvolver uma ferramenta de análise de performance de unidade de manutenção utilizando grande volume de dados reunindo resultados de pessoas, recursos e tecnologia de forma a expressar a excelência na gestão. A abordagem metodológica proposta está estruturada numa pesquisa quali-quantitativa com a aplicação da metodologia TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution). Os dados foram levantados a partir de setores operacionais da empresa Light SA distribuidora de energia da região metropolitana do Rio com significativa atuação e relevância no setor elétrico. Como resultado esperado consolidar a metodologia proposta, que permitirá acelerar as avaliações da performance da gestão global da manutenção e propiciar a difusão mais rápida das melhores práticas.

Palavras-Chaves: Gestão, MCDA, manutenção

1. Introdução

Os sistemas atuais de distribuição de eletricidade operam em um mercado liberalizado. Estes sistemas devem, portanto, ser capazes de fornecer eletricidade aos clientes com um alto grau de confiabilidade e ser rentável para os fornecedores (YSSAAD, 2013). Empresas de distribuição de energia devem garantir a entrega de energia aos seus clientes/consumidores de forma contínua e com qualidade (HENRIQUES, 2016). A empresa de energia busca a máxima eficiência operacional a fim de atender de forma equilibrada, cliente, acionista e os requisitos de um ambiente regulado. As empresas entenderam que, para competir em ambientes em constante mudança, é necessário monitorar e entender as performances da empresa (TATICCHI et al, 2010). A qualidade do serviço tornou-se uma questão importante nas redes de distribuição de eletricidade, especialmente nos últimos anos. Esta tendência surgiu devido a um potencial conflito no uso de regulamentação de incentivos e prestação de serviços de qualidade (ÇELEN; YALÇIN, 2012).

Tomadores de decisão nessas empresas se deparam com a seguinte situação: de um lado a pressão por redução de custos de operações extremamente complexas e do outro a exigência de níveis de qualidade cada vez elevados. Reason (2016) pondera a respeito da divergência entre a eficiência das operações e manter a segurança dos processos. O gerenciamento de sistemas de manutenção é uma atividade complexa, especialmente quando existem várias empresas atuando como executores das atividades planejadas e de emergência. Nas empresas de distribuição de energia, os gerentes sempre estão procurando soluções que possam suportar a identificação do

desempenho das empresas contratadas e a localização dos pontos críticos do sistema que devem ser priorizados (HENRIQUES, 2016).

1.1 Objetivo geral

As companhias por necessidade de serem competitivas, precisam adotar novos métodos e técnicas para melhorar a eficácia de seus sistemas, tais como: gerenciamento de qualidade total, apenas no tempo, sistema de fabricação flexível e modelos de qualidade de serviço (SINGH, 2017).

Neste aspecto o trabalho busca desenvolver uma ferramenta de análise de performance de unidade de manutenção utilizando grande volume de dados reunindo resultados de pessoas, recursos e tecnologia de forma a expressar a excelência na gestão. A abordagem metodológica proposta está estruturada numa pesquisa quali-quantitativa com a aplicação da metodologia TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution). Os dados foram levantados a partir de setores operacionais de manutenção de uma empresa do setor elétrico. Como resultado esperado consolidar a metodologia proposta e que permitirá acelerar as avaliações da performance da gestão global da manutenção e propiciar a difusão mais rápida das melhores práticas.

O artigo está estruturado da seguinte forma: na seção 2 está descrita a revisão da literatura com os conceitos utilizados de avaliação de desempenho e as técnicas de manutenção. Na seção 3 a é apresentada a técnica de similaridade com solução ideal TOPSIS e a metodologia proposta e aplicação do TOPSIS. Na seção 4 é apresentado a análise dos resultados obtidos. Na seção 5 as considerações finais a respeito do estudo.

2. Gestão e avaliação de desempenho no processo de Manutenção Industrial

A avaliação do desempenho é definida como um sistema de medição significativo pelo qual uma organização monitora suas atividades para avaliar se a organização atinge os objetivos predefinidos ou os recursos são alocados de forma eficiente (VARMAZYAR et al, 2016).

Este estudo é o aprofundamento apresentado por Morais et al, 2016, busca-se resultados encontrados uma abordagem complementar, pela ótica da manutenção e uso de ferramentas de análise multicritério para a avaliação de desempenho de unidades operacionais.

Kaplan e Norton desenvolveram uma abordagem do Balanced Scorecard (BSC), que integrava os objetivos estratégicos da empresa em medidas financeiras e não financeiras. Nas medidas não financeiras adicionou três perspectivas a do cliente, processo interno e aprendizagem e crescimento, para fornecer um indicador abrangente do desempenho organizacional. Desta forma traduzir a missão a estratégia em medidas tangíveis e objetivas (JOTHIMANI; SARMAH, 2014; HOU, 2015).

Atualmente o conceito de BSC é amplamente aceito, que aborda indicadores financeiros e não financeiros (KUCUKALTAN, et al 2016; VARMAZYAR et al, 2016).

A manutenção dispõe de técnicas capazes de garantir funcionamento das operações e equipamentos para atingir os objetivos da companhia e oferecer serviços de qualidade a custos apropriados. As estratégias atualmente aprovadas de gerenciamento de manutenção para subestações elétricas são: manutenção preventiva (PM), manutenção preditiva (PrM) e manutenção produtiva total (TPM). O aumento da complexidade dos

equipamentos elétricos teve influência no desenvolvimento de novos conceitos e teorias relacionadas às estratégias de manutenção (COSTINAS, 2015).

Galar 2011 destaca o problema dos indicadores de manutenção, são muitos dados com pouca informação tal qual a grande quantidade de indicadores e sem definição dos responsáveis pelos mesmos. Os indicadores de cada setor ou área deve se limitar aos fatores chave.

O processo da manutenção visto como uma função estratégica, busca por estabelecer condições mínimas necessárias à concepção de projetos, visando viabilizá-los técnica e financeiramente. Maximizar a vida útil de máquinas e equipamentos, reduzindo custos com Operação e Manutenção e aumentando da rentabilidade da planta, com altos níveis de disponibilidade completam a visão diferenciada da manutenção (MORAIS *et al*, 2016).

Os setores de manutenção que usam métricas em troca obtêm benefícios que incluem: aumento da vida e disponibilidade de equipamentos, melhoria da qualidade do produto, redução de custos de avarias e inventário de peças sobressalentes e, portanto, redução do custo geral de manutenção.

A MCC (manutenção centrada na confiabilidade) foi inventada pela indústria aeronáutica na década de 1960, para organizar a crescente necessidade de manutenção para reduzir custos sem redução por segurança (YSSAAD, 2013). A MCC é caracterizada por manter a função do sistema, identificar os modos de falha, priorizar as funções e escolher a manutenção eficiente (YSSAAD, 2013). Pensar em um sistema confiável e a um custo interessante é preciso ter uma visão mais ampla do assunto. A partir desta forma de enxergar a manutenção, líderes e gestores necessitam utilizar ferramentas de gestão capazes de auxiliar no gerenciamento de processos de alta complexidade que requerem alta confiabilidade.

3. Modelagem com proposta de avaliação por similaridade com solução ideal

A abordagem MCDM consiste em um conjunto finito de alternativas (por exemplo, estratégias de manutenção), dentre as quais um tomador de decisão tem que selecionar ou classificar, e um conjunto finito de critérios (econômico, social, ambiental, etc.) ponderado de acordo com sua importância. Cada alternativa é avaliada em relação a cada critério usando uma medida adequada. Então, as classificações de avaliação são agregadas para obter uma avaliação global para cada alternativa. Finalmente, as alternativas são priorizadas do melhor (otimizado) para o pior (YOON E HWANG, 1995; SHAFIEE, 2015). A tomada de decisões de múltiplos critérios é uma ferramenta muito poderosa, amplamente utilizada para lidar com problemas não estruturados contendo múltiplos e potencialmente conflitantes objetivos. Existem vários métodos para tomar decisões. O método TOPSIS é uma prática de cálculo racional, compreensível e facilmente programável (SINGH, 2017).

Os métodos do MCDM possibilitam levar em consideração diferentes perspectivas e preferências de decisão de vários tomadores de decisão distintos (WOOD, 2015). Dentre os métodos que podem ser aplicados a situações multidisciplinares de tomada de decisão em grupo, aplicadas a questões complexas que envolvem altos níveis de incerteza, o AHP, o PROMETHEE, o ELECTRE, o SAW e o TOPSIS são amplamente utilizados.

O método TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), desenvolvido por Hwang e Yoon (1981) é um MCDA (Multi-criteria Decision Aid methods – métodos de apoio à decisão multicritério). O

TOPSIS é reconhecido como um dos métodos mais diretos, e também é adequado para um problema de grande escala, compreendendo um grande número de critérios e alternativas. (SUREEYATANAPAS, et al 2018)

Seu uso apresenta alguns atributos como simplicidade, que proporciona facilidade de aplicação e a maneira como aborda um problema de decisão, comparando duas situações hipotéticas: ideal e indesejável.

Wood (2015) sintetiza que o conceito fundamental do TOPSIS é selecionar a alternativa que tem a distância geométrica mais curta da solução “ideal positiva” e a distância geométrica mais longa da solução “ideal negativa”.

Algumas características do TOPSIS torna o método uma abordagem com potencial para a resolução de problemas (AMIRI, ZANDIEH, VAHDANI, SOLTANI & ROSHANAIEI, 2010 citado

por Santanna, 2011):

- ✓ Uma gama ilimitada de propriedades de portfólio e atributos de desempenho podem ser incluídos.
- ✓ O modelo TOPSIS é um método adequado para problemas multicritérios de seleção, pois permite trocas e interações explícitas entre os atributos. Mais precisamente, as alterações em um atributo podem ser compensadas de uma forma direta ou oposto por outros atributos.
- ✓ É gerado uma saída pode ser um ranking preferencial das alternativas com um valor numérico que proporciona uma melhor compreensão das diferenças e semelhanças entre as alternativas, ao passo que outras técnicas MCDA só determinam a classificação de cada carteira.
- ✓ Ele pode incluir um conjunto de coeficientes de ponderação para diferentes atributos.
- ✓ É relativamente simples e rápido, com um procedimento sistemático.

A técnica TOPSIS emprega métodos analíticos baseados na aplicação de funções de distância euclidiana em vetores normalizados de positivos (saídas) e negativos (inputs) critérios, dado que as ponderações já foram definidas anteriormente (SHAVERDI ET AL., 2011). Problemas de tomada de decisão multicritério são caracterizados frequentemente por múltiplos critérios e um número finito de alternativas, podendo ser conflitantes, além de um vetor de pesos que indica a importância de cada critério na análise em questão (KROHLING & SOUZA 2011).

Ertugrul e Karakasoglu (2009) dizem que o princípio básico do TOPSIS assume que a alternativa escolhida deve ter simultaneamente a distância mais curta da solução positiva-ideal, e também a maior distância a partir da solução negativa-ideal.

A matriz de decisão A composta por alternativas e critérios é descrita por:

$$A = \begin{matrix} & C_1 & \dots & C_2 \\ \begin{matrix} A_1 \\ \dots \\ A_2 \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

onde A_1, A_2, \dots, A_m são alternativas viáveis, C_1, C_2, \dots, C_m são critérios, x_{ij} indica o desempenho da alternativa A_i segundo o critério C_j . O vetor de peso $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ composto pelos pesos individuais para cada critério C_j satisfaz

$$\sum_{i=1}^n w_j = 1 \quad (2).$$

Os dados da matriz A têm origens diferentes, por isso ela deve ser normalizada a fim de transformá-la numa matriz adimensional para que seja possível comparação entre os vários critérios. Neste trabalho, a matriz A é normalizada para cada critério C_j de acordo com:

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}, \text{ com } i = 1, \dots, m, \text{ com } j = 1, \dots, n. \quad (3)$$

Desta maneira, uma matriz de decisão normalizada A_n representa o desempenho relativo das alternativas e pode ser descrita por

$$A_n = (p_{ij})_{m \times n}, \text{ com } i = 1, \dots, m, \text{ e } j = 1, \dots, n. \quad (4)$$

Em geral, os critérios de avaliação podem ser classificados em dois tipos: benefício e custo. O critério benefício significa que um valor maior é melhor enquanto que para o critério custo vale o inverso. O algoritmo para calcular a melhor alternativa segundo a técnica TOPSIS é descrito de acordo com os seguintes passos (HUANG, J, 2008):

- ✓ Passo 1: Cálculo das soluções ideais positivas A^+ (benefícios) e das soluções ideais negativas A^- (custos);

$$A^+ = (p_1^+, p_2^+, \dots, p_m^+) \quad (5)$$

$$A^- = (p_1^-, p_2^-, \dots, p_m^-) \quad (6)$$

Onde

$$p_j^+ = (\max_i p_{ij}, j \in J_1; \min_1 p_{ij}, \in J_2) \quad (7)$$

$$p_j^- = (\min_i p_{ij}, j \in J_1; \max_1 p_{ij}, \in J_2) \quad (8)$$

Onde J_1 e J_2 representam respectivamente o critério benefício e custo.

- ✓ Passo 2: Cálculo das distâncias Euclidianas entre A_i e A^+ (benefícios) e entre A_i e A^- (custos);

$$d^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n w_j (p_j^+ - p_{ij})^2} \text{ com } i = 1, \dots, m. \quad (9)$$

$$d^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n w_j (p_j^- - p_{ij})^2} \text{ com } i = 1, \dots, m. \quad (10)$$

- ✓ Passo 3: Cálculo da proximidade relativa ξ_i para cada alternativa A_i em relação à solução ideal positiva A^+ .

$$\xi = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (11)$$

- ✓ Passo 4: Classificação de acordo com a proximidade relativa. Os maiores de ξ_i são as melhores alternativas, pois estão mais próximas da solução ideal positiva.

4. Análise e Discussão dos Resultados

O modelo proposto tem por objetivo através de um único parâmetro, avaliar o desempenho de unidades operacionais de uma empresa de energia atuante no setor elétrico brasileiro. Foram formados três conjuntos de indicadores medidos pela organização avaliada. Esses três conjuntos resultam nas dimensões que sustentam o modelo: Pessoas, Recursos e Tecnologia. As dimensões são constituídas pelas variáveis que serão coletadas dentro do processo de gestão da manutenção. A partir disso da coleta dos indicadores, aplicar a técnica de similaridade com solução ideal.

A perspectiva do cliente está diretamente relacionada aos indicadores de qualidade do serviço prestado pela empresa que resulta na dimensão Tecnologia, na qual foram utilizados os indicadores DEC e FEC. A perspectiva financeira é refletida na dimensão Recursos, então os indicadores OPEX, DIC e FIC. A perspectiva de aprendizagem e crescimento foi utilizada para representar a dimensão Pessoas, na qual foram utilizados os indicadores TG (taxa de gravidade de acidentes) e TF (taxa de frequência de acidentes).

Partindo da modelagem proposta e com as dimensões definidas baseados no do BSC, os indicadores agrupados e os dados tabulados a aplicação da técnica de similaridade com solução ideal pode ser efetivada. Através das etapas desenvolvidas e concluídas, analisados os dados obtidos junto a empresa; foi criada a matriz de decisão da técnica TOPSIS; identificada a solução ideal positiva e negativa (PIS e NIS); calculada as distâncias euclidianas; calculado o coeficiente de classificação e finalmente o elaborado o ranque das gerências operacionais (NEZ, EVANDRO et al, 2014 citado por GAVIÃO et al 2013).

A partir dos dados consolidados e análise do histórico dos indicadores, para cada uma das três dimensões, foi estruturada a matriz de decisão sendo identificados os impactos positivos e negativos de cada critério, vista acima tabela. Os pesos foram adotados pela entropia de Shannon embarcada na metodologia TOPSIS. A partir da identificação da solução ideal, foi concebida uma matriz de identificação do ranking das unidades operacionais com respectivos coeficientes de classificação.

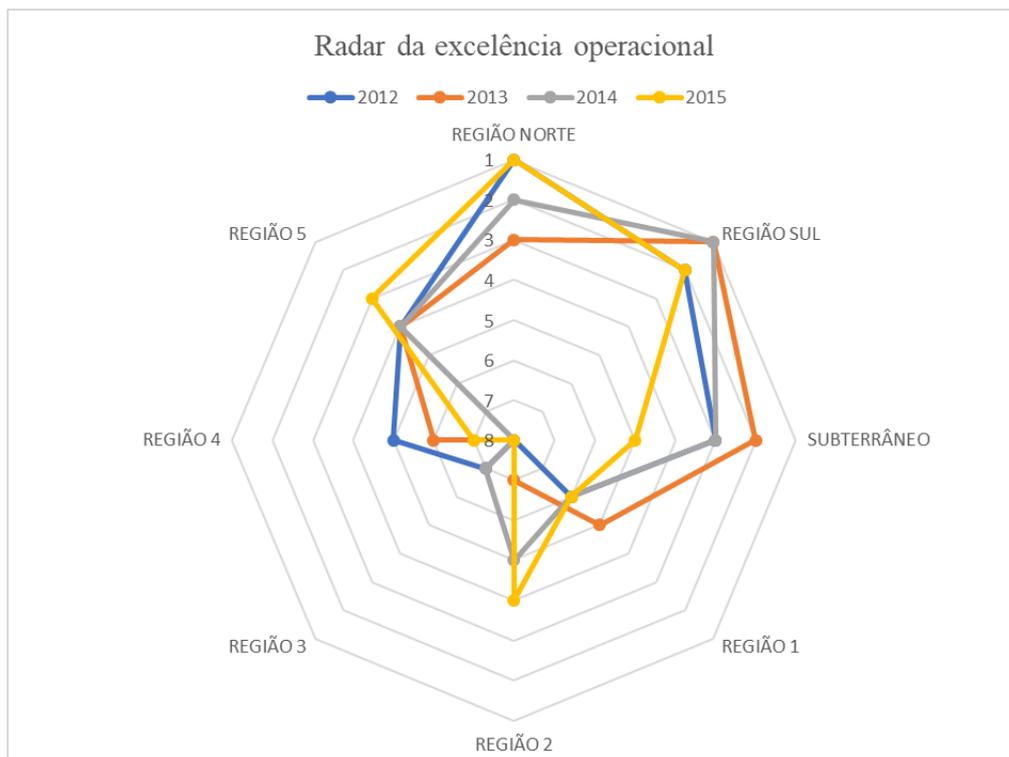
Tabela de desempenho das unidades de manutenção

Gerência	2012	2013	2014	2015
Região Norte	0,9903096	0,80131291	0,97598039	0,9916196
Região Sul	0,9815346	0,96811275	0,97877653	0,8799155
Subterrâneo	0,9722287	0,81672365	0,95045129	0,7863416
Região 1	0,7310435	0,29594014	0,79708526	0,7571661
Região 2	0,0808181	0,27151538	0,81504209	0,7890553
Região 3	0,7190269	0,05380284	0,78177788	0,0969145
Região 4	0,7793693	0,29090202	0,06693774	0,4213503
Região 5	0,8840354	0,62953795	0,88974897	0,8152019

Elaborado pelos autores

Na tabela de desempenhos pode-se notar a formação de 3(três) agrupamentos, os melhores desempenhos com os maiores valores entre 0,992 e 0,950; os desempenhos intermediários 0,950 até 0,400 e por fim os desempenhos inferiores abaixo de 0,400. É possível observar que as unidades que apenas uma unidade performou entre as primeiras e segundas posições que foi a unidade da região sul. Por outro lado, entre os piores desempenhos apenas uma ficou entre a última e penúltima colocação.

Figura 1



Elaborado pelos autores

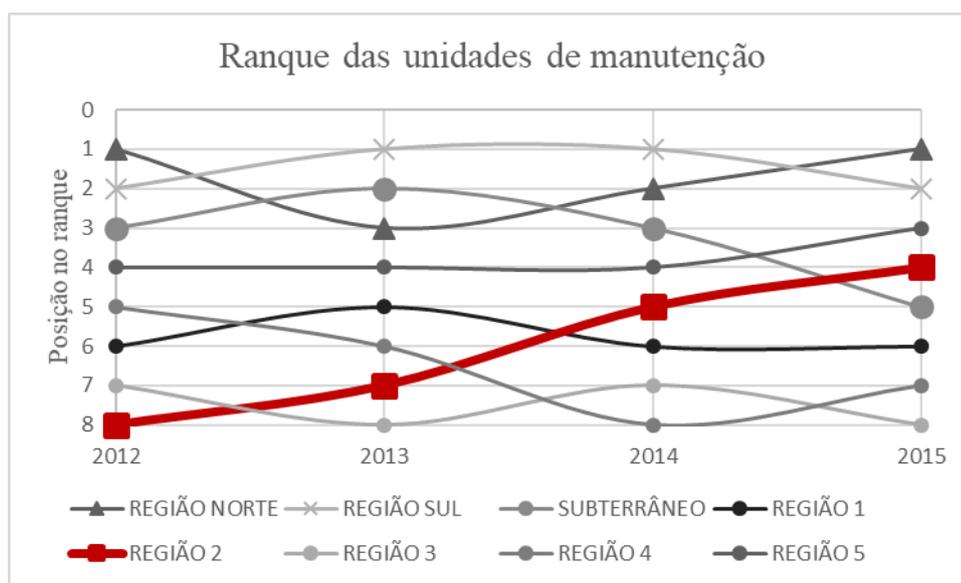
Como foi visto na tabela de desempenho das unidades, podemos observar também nos gráficos radar de cada ano, há a formação um grupo de unidades operacionais que possuem um desempenho superior perante as demais no período observado, na qual as unidades Norte, Sul e Subterrâneo alcançam desempenho próximo ao máximo do índice TOPSIS. Fica nítida uma polarização e concentração dos melhores resultados nessas três unidades. Estas unidades alternaram entre posições, entretanto mantiveram as primeiras posições no ranking.

Uma resposta a este trabalho é acelerar a localização dessas ilhas de performance e eficácia, um radar para localizar as melhores práticas. Assim o método pode fazer o *benchmarking* das unidades e encontrar os setores referências em suas atividades conforme visto na figura 1 no radar de excelência operacional. A partir daí auxiliar a empresa a disseminar as melhores práticas e procedimentos que vem das unidades de manutenção que possuem os maiores e melhores desempenhos.

Os colaboradores especialistas e técnicos mais experientes da companhia avaliam e atribuem que atividades de maior risco e complexidade são as de alta tensão, na qual as tensões podem alcançar até 138kV e manutenção em redes elétricas subterrâneas de alta tensão. Estas unidades são exatamente as que performaram melhor em nosso

estudo, é um ponto importante a se destacar. Estas unidades operacionais alcançam indicadores de qualidade melhores que as demais, o número de acidentes é consideravelmente pequeno em relação ao restante da empresa. Outros fatores importantes coincidem com os melhores desempenhos, como maior tempo de casa, maior experiência profissional, mais escolaridade, maior formação técnica dentre outros quando observamos o agrupamento entre melhores e piores unidades operacionais.

Figura 2



Elaborado pelos autores

Embora a performance e as evidências relacionadas ao perfil dos setores avaliados, não podemos afirmar que é determinante ou a principal razão para o bom desempenho. Na figura 2 foi destacada a unidade de manutenção da Região 2 que evoluiu positivamente ao longo do período analisado. Desta forma, outros fatores gerenciáveis podem estar relacionados a melhoria dos indicadores da Região 2, como mudança na liderança das equipes, implementação de política de segurança eficiente, utilização de ferramentas de gestão e controle mais rigorosos de procedimentos.

4. Conclusão

As organizações têm experimentado na última década transformações significativas e esse processo tem se intensificado. Modelos de gestão estão sendo testados e aplicados nas corporações buscando maior competitividade. E para isso as informações estratégicas devem ser trabalhadas utilizadas para a tomada de decisão. (Zyoud, 2017) em seu estudo atualizado destaca a utilização do método TOPSIS com sucesso em diversas aplicações no mundo real, como energia, cadeia de suprimentos, recursos hídricos e saúde.

Em estudos recentes, (Azimifard, 2018) afirma em seu artigo que gestores das indústrias relacionadas podem usar o modelo proposto para avaliar ou selecionar seus fornecedores. Com esta implementação de um modelo de avaliação de fornecedores, as empresas podem identificar e priorizar oportunidades e melhorias. Em outras

palavras aumentar a produtividade. É desta forma que no presente artigo se almeja avaliar as unidades de manutenção com a criação do modelo que relaciona aspectos econômicos, qualidade e segurança.

O objetivo deste trabalho foi obtido ao estabelecer uma relação entre as dimensões propostas para a tomada de decisão e foi avaliado o desempenho de unidades operacionais através da aplicação da técnica de similaridade com solução ideal. Caiado et al, 2017 afirma que os resultados da aplicação do método TOPSIS conduziram a uma ordenação que se mostrou coerente com as expectativas dos especialistas, levando em conta o contexto regulatório, econômico e climático dos relatórios analisados. Esses achados são relevantes, pois permitem aos stakeholders decidirem em quais organizações vão investir seus recursos, se comprometerem ou se engajarem, facilitando a transparência para a tomada de decisão.

Além de verificar o desempenho de cada unidade operacional no período estudado por meio da aplicação técnica, foi possível dar um sentido norteador, permitindo assim identificar as potencialidades e fraquezas de cada unidade. A abordagem quantitativa contribuiu para que os gestores do processo decisório ampliassem a capacidade de entendimento, reduzindo a subjetividade do processo e aumentando a transparência na tomada de decisão. Como pode ser observado na tabela de desempenho, foi possível obter um índice de manutenção que refletisse o nível de excelência de cada unidade operacional através de um ranking. Estas unidades puderam ser analisadas e comparadas por meio de um único índice, simplificando o processo de análise corporativa, caracterizado por muitas variáveis e cenários.

REFERÊNCIAS

AMIRI, ZANDIEH, VAHDANI, SOLTANI & ROSHANAELI, V. (2010). An Integrated Eigenvector- DEA-TOPSIS Methodology for Portfolio Risk Evaluation in the FOREX Spot Market. *Expert Systems with Applications* , Vol. 37 (1), pp. 509-516.

AZIMIFARD, A. MOOSAVIRAD, S, H. ARIAFAR, S. Selecting sustainable supplier countries for Iran's steel industry at three levels by using AHP and TOPSIS methods, **Resources Policy**, Volume 57, 2018, Pages 30-44.

SINGH, B., GROVER, S. and SINGH, V.(2017)," An Empirical Study of Benchmarking Evaluation using MCDM in Service Industries ", **Managerial Auditing Journal**, Vol. 32 Iss 2 pp. - Permanent link to this document: <http://dx.doi.org/10.1108/MAJ-11-2015-1274>

CAIADO, R. G. G, GAVIÃO, L.O., LIMA, G.B.A. QUELHAS, O. L. G, PASCHOALINO, F. F. Sustainability Analysis in Electrical Energy Companies by Similarity Technique to Ideal Solution. **IEEE Latin America Transactions**, Vol. 15, No. 4, April 2017

ÇELEN, A; YALÇIN, N. (2012) Performance assessment of Turkish electricity distribution utilities: An application of combined FAHP/TOPSIS/DEA methodology to incorporate quality of service. **Utilities Policy** 23 (2012) 59-71.

ERTUGRUL, I., KARAKASOGLU, N., 2009. Performance evaluation of Turkish cement firms with fuzzy analytic hierarchy process and TOPSIS methods. **Expert Syst. Appl.** 36 (1), 702e715.

COSTINAS, S. IONESCU, C. S. OPRIS, I. NISTORAN, D. and SAVA, G. N. "Multi-criteria approach for maintenance management in HV substations," *2015 Intl Aegean Conference on Electrical Machines & Power Electronics (ACEMP), 2015 Intl Conference on Optimization of Electrical & Electronic Equipment (OPTIM) & 2015 Intl Symposium on Advanced Electromechanical Motion Systems (ELECTROMOTION)*, Side, 2015, pp. 198-205. doi: 10.1109/OPTIM.2015.7426956

JOTHIMANI, D S.P. Sarmah , (2014),"Supply chain performance measurement for third party logistics", **Benchmarking: An International Journal**, Vol. 21 Iss 6 pp. 944 - 963

GALAR, D, Parida, A, Kumar, U, Stenström, C and Berger, L. (2011), "Maintenance metrics: A hierarchical model of balanced scorecard", **IEEE International Conference on Quality and Reliability (IEEQR)**, Piscataway, NJ, pp. 67-74.

GAVIÃO, L.O., LIMA, G.B.A. **Educação da Sustentabilidade: uma proposta de indicadores de sustentabilidade escolar por lógica fuzzy. In: XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP). Anais... Salvador, 2013.**

HENRIQUES, H. O. *et al.*, "Fuzzy Inference Method Applied to Georeferenced Maintenance Management," in *IEEE Latin America Transactions*, vol. 14, no. 9, pp. 4043-4047, Sept. 2016. doi: 10.1109/TLA.2016.7785931

HUANG, J. Combining entropy weight and TOPSIS method for information system selection. **In Proceedings of the IEEE Conference on Cybernetics and Intelligent Systems**, CIS 2008, pp. 1281-1284, 2008.

HOU, C, K. Using the balanced scorecard in assessing the impact of BI system usage on organizational performance: An empirical study of Taiwan's semiconductor industry. **Journal Information Development**. SAGE. 2015

KROHLING, R. A. e DE SOUZA, T. M. Dois Exemplos da Aplicação da Técnica TOPSIS para Tomada de Decisão. **Revista de Sistemas de Informação da FSMA**, Nº 8, P.31-35, 2011.

KUCUKALTAN, B, IRANI, Z, AKTAS, E. A decision support model for identification and prioritization of key performance indicators in the logistics industry. **Computers in Human Behavior**. ELSEVIER, 2016.

MORAIS, M.P.B. LIMA G.B.A, GAVIÃO, L.O. **Avaliação de desempenho de unidades operacionais em uma organização de alta confiabilidade através da aplicação da técnica de similaridade com solução ideal**. SBPO, Espirito Santo, 2016.

NEZ, Evandro de et al. **Ranking das Instituições de Ensino Superior do Sistema ACAFE a Partir dos Indicadores de Desempenho Econômico, Financeiro e de Atividades**. Pensar Contábil, v. 16, n. 60, 2014.

SUREEYATANAPAS, P. SRIWATTANANUSART, K. NIYAMOSOTH, T. SESSOMBOON, W. ARUNYANART, S. (2018). Supplier selection towards uncertain and unavailable information: An extension of TOPSIS methods. **Operations Research Perspectives**. 5 (2018) 69–79.

REASON, J. **Organizational Accidents Revisited**. CRC Press 2016.

SHAFIEE, M. (2015), "Maintenance strategy selection problem: an MCDM overview", **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 21 Iss 4 pp. - Permanent link to this document: <http://dx.doi.org/10.1108/JQME-09-2013-0063>.

SHAHER H. ZYOUND, FUCHS-HANUSCH, D. A bibliometric-based survey on AHP and TOPSIS techniques, **Expert Systems with Applications**, Volume 78, 2017, Pages 158-181.

SHANNON, C. E. "Communication theory of secrecy systems." **Bell system technical journal** 28.4 (1949): 656-715.

SHAVERDI, M., AKBARI, M., TAFTI, S.F., 2011. **Combining fuzzy MCDM with BSC approach in performance evaluation of Iranian private banking sector.** *Adv. Fuzzy Syst.* 2011, 1e11.

TATICCHI, P. ASFALTI, A, SOLE, F. **Business Performance Measurement and Management: New Contexts, Themes and Challenges.** Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2010.

VARMAZYAR, M, DEHGHANBAGHI, M, AFKHAMI, M. A novel hybrid MCDM model for performance evaluation of research and technology organizations based on BSC approach. **Evaluation and Program Planning.** ELSEVIER. 2016.

WOOD, D. A. Supplier selection for development of petroleum industry facilities, applying multi-criteria decision-making techniques including fuzzy and intuitionistic fuzzy TOPSIS with flexible entropy weighting, **Journal of Natural Gas Science and Engineering.** 2015.

YOON, K. P., HWANG, C. L. Multiple Attribute Decision Making – An Introduction. Nova Iorque: **Springer,** 1981

YSSAAD, B., KHIAT, M., and CHAKER, A. (2014). Reliability centered maintenance optimization for power distribution systems. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 55:108–115.

ZELENY, Milan. "Multi criteria decision making." *McGraw-Hills, New York* (1982).