

# Lógica Fuzzy Aplicada na Avaliação da Satisfação de Usuários de Sistemas de Gestão

Alisson Marques Silva<sup>°</sup>, Edilson Hélio Santana<sup>° \*</sup>,  
Marco Antônio Pinheiro da Silveira\*

<sup>°</sup>Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Campus Divinópolis

\*Universidade Municipal de São Caetano do Sul

alisson@div.cefetmg.br, edilson@div.cefetmg.br

marco.pinheiro@uscs.edu.br

**Resumo** - Atualmente, exige-se dos desenvolvedores de *software* o aprimoramento de suas técnicas e métodos de análise e criação de soluções. Nesse contexto, preocupações com usabilidade, satisfação do usuário final e manutenção estão sempre em ênfase. Por outro lado, os investimentos indispensáveis em sistemas de informação são altos. Estes sistemas são recursos que podem se caracterizar como um grande diferencial competitivo, mas podem, também, trazer sérios prejuízos às instituições. O objetivo deste estudo é analisar a efetividade dos sistemas de informação pela da mensuração da satisfação de usuários finais utilizando a técnica computacional focada em lógica *fuzzy*. Foram coletadas informações com 200 respondentes de um questionário que visa fazer esta investigação. O resultado encontrado mostra um grau geral de satisfação como sendo muito bom. Métricas como Acurácia, Conteúdo e Formato apresentaram-se com satisfação mediana, manifesta pelos usuários, e as métricas Facilidade de Uso e Pontualidade apresentaram-se dispersas e com um nível de confiança baixo.

**Palavras-chave:** Engenharia de *Software*, Satisfação do Usuário, Lógica *Fuzzy*, Gestão Empresarial.

## 1 Introdução

Em um cenário econômico mundial altamente dinâmico e competitivo, os investimentos em ferramentas de gestão da informação (também conhecidas como sistemas de informação) tornam-se imprescindíveis para que as empresas obtenham sucesso. Sistemas de Informação (SI) podem ser definidos como um conjunto de componentes inter-relacionados que adquire, trata, armazena e disponibiliza dados e informações [1]. Estes podem agilizar os processos de tomada de decisão, auxiliar no controle da gestão empresarial, apresentar informações de forma rápida e adequadas ao uso, entre outras, facilitar a atuação do gestor. Em outras palavras, os SI visam auxiliar as empresas a alcançarem suas metas, como por exemplo, aumentar os lucros ou melhorar o atendimento ao consumidor. Se bem utilizados os sistemas de informação podem trazer inúmeros benefícios às

organizações. Porém, se ineficazes podem trazer sérios prejuízos às empresas. Martinsons e Chong [2] afirmam que 60% dos fracassos dos SI são decorrentes de como estes são implantados e apenas 10% são decorrentes de falhas técnicas.

Os investimentos, nesta área, são altos. Em [3] foi apresentado um estudo com 63 empresas que atuam em nível mundial e detectado que o custo total de propriedade (TCO - *Total cost of Ownership*) dos SI são de aproximadamente R\$ 54 milhões. Portanto, se mal definidos, implementados ou desenvolvidos os sistemas de informação podem não gerar o retorno do investimento (ROI - *Return On Investment*) previsto. Dado o alto investimento em SI por parte das organizações e a complexidade em se desenvolver sistemas eficientes, torna-se necessária a investigação sobre a eficiência e eficácia dos sistemas informatizados existentes.

O presente estudo tem por finalidade avaliar a efetividade dos sistemas de informação junto a um grupo de 200 usuários finais de *software* de gestão empresarial que utilizam ERPs (*Enterprise Resource Planning*) nas suas atividades diárias de trabalho. Para isso, propõe-se a integração do instrumento de investigação (questionário) desenvolvido por [4] com uma técnica de inteligência computacional, mais especificamente lógica *fuzzy*. O instrumento proposto por [4] é baseado no constructo satisfação do usuário final de SI e tem sido um dos mais utilizados e validados pela academia [5]. Na abordagem proposta neste trabalho a lógica *fuzzy* é empregada na interpretação e análise dos dados obtidos por meio da aplicação do questionário.

Após esta introdução, a Seção 2 apresenta a fundamentação teórica necessária para embasar os conceitos utilizados no trabalho. A Seção 3 discorre sobre a metodologia de trabalho utilizada. A Seção 4 apresenta e discute os resultados. Por fim, a Seção 5 apresenta as considerações finais e sugere propostas de continuidade da pesquisa.

## 2 Fundamentação Teórica

Descreve-se, aqui, os conceitos básicos utilizados no presente trabalho, cita-se: os sistemas de informação, os impactos financeiros, o constructo satisfação e os instrumentos utilizados para mensurar a efetividade dos SI.

### 2.1 Sistemas de Informação - (SI)

Existem, na literatura, muitas definições de SI. Em [6] um sistema de informação é definido como um conjunto de pessoas, máquinas, equipamentos, programas de computador que, de forma organizada e sincronizada, coletam e processam dados disseminando a informação conforme a necessidade. Já em [7] um SI é visto como elementos interdependentes associados de forma lógica que estão em constante interação buscando gerar conteúdo necessário à tomada de decisão. Outra definição é dada por [8] na qual um sistema de informação é uma coleção de componentes tecnológicos que visam coletar, processar, armazenar e distribuir informação aos gestores.

## 2.2 Impactos Financeiros

Em estudo feito pela Standish Group em empresas com faturamento acima de R\$ 1,8 milhões, detectou-se que os custos com SI ficaram 178% mais altos do que o planejado inicialmente, ocorreram atrasos em torno de 230% nos cronogramas iniciais e queda na efetividade das empresas na faixa de 59% [9]. Segundo [3] os investimentos em SI variam de R\$ 1,4 milhões a R\$ 1 bilhão em empresas de classe mundial. Conclui-se com isto que os investimentos em SI são altos e inevitáveis, porém, seus impactos podem ser negativos se não forem bem planejados.

## 2.3 Constructo Satisfação

Em [10] afirma-se que satisfação pode ser entendida como a soma das reações positivas e também negativas para uma série de fatores. Segundo [11] satisfação pode ser entendida como a intensidade que os usuários têm de que os SI disponíveis atendem às suas necessidades. Para [12] satisfação é o sentimento humano resultado da comparação do desempenho de um produto com suas expectativas.

Aplicando-se técnicas de mensuração da satisfação de usuários de sistemas de gestão informatizados é possível identificar os fatores que trazem impacto positivo ou negativo. Estes podem servir de referência para que desenvolvedores e empresas proponham melhorias e readequações nos sistemas.

## 2.4 Instrumentos de Mensuração dos SI

Devido à importância dos SI, muitas pesquisas e instrumentos foram desenvolvidos com o objetivo de mensurar o sucesso e os insucessos dos mesmos, como os descritos em [4], [10], [13], [14], [15], [16], [17], [18]. Destes, um dos mais utilizados e validados é o instrumento desenvolvido por [4] e denominado EUCS (*End-User Computing Satisfaction*). Este instrumento busca avaliar sistemas específicos em função da mensuração da satisfação dos usuários. Os pesquisadores fizeram uma revisão da literatura sobre instrumentos de mensuração e, com isso, construíram um modelo próprio. Com base nessa revisão gerou-se uma escala inicial com 40 questões que, após análise estatística e validação, resultaram numa escala com 12 questões divididas em 5 grupos. Cada grupo está associado a um fator: Conteúdo, Formato, Exatidão, Facilidade de Uso e Pontualidade.

## 3 Procedimentos Metodológicos

Esta seção descreve os procedimentos metodológicos utilizados para avaliar a efetividade dos sistemas de informação. A metodologia proposta visa avaliar a satisfação no uso de sistemas de gestão e é baseada em questionário aplicado e lógica *fuzzy*. O questionário tem como objetivo colher informações acerca do sistema avaliado e a lógica *fuzzy* analisar as informações obtidas. A metodologia proposta pode ser dividida em duas grandes etapas 1) elaboração e aplicação do questionário e 2) análise dos dados e apresentação dos resultados.

### 3.1 Elaboração do Questionário

O questionário foi elaborado baseado na proposta apresentada em [4] e é composto por 12 assertivas. Cada uma está relacionada a uma determinada métrica (fator) de avaliação e cada métrica é composta por uma ou mais assertivas. Avalia-se cinco métricas no uso de sistemas informatizados: Conteúdo (*Content*), Formato (*Format*), Acurácia (*Accuracy*), Facilidade de Uso (*Ease of use*) e Pontualidade (*Timeliness*).

As assertivas são avaliadas pelos respondentes a partir da emissão de sua opinião estimulada por uma escala tipo Likert com cinco pontos, tendo na extremidade inferior a pontuação 0 que ilustra a total discordância, seguido da pontuação 2 que mostra uma discordância parcial, 4 que representa uma opinião neutra, 6 que ilustra a concordância parcial e a pontuação 8 que mostra a concordância total. No trabalho de Doll et al. [4] as assertivas são apresentadas em língua Inglesa, para este estudo as assertivas foram traduzidas para a língua Portuguesa (Português do Brasil). As questões separadas por métricas são como se segue:

- Acurácia
  - O sistema é preciso - exato, correto.
  - Estou satisfeito com a precisão dos resultados que o sistema fornece.
- Conteúdo
  - O sistema fornece a informação que necessito de forma precisa.
  - As informações do sistema suprem a minha necessidade.
  - O sistema fornece informações que parecem ser exatamente o que preciso.
  - O sistema fornece informações suficientes.
- Facilidade de Uso
  - O sistema é simples e possui uma interface amigável.
  - O sistema é fácil de usar.
- Formato
  - A forma com que os resultados são apresentados é adequada.
  - As informações estão claras no sistema.
- Pontualidade
  - Obtenho as informações que preciso no tempo certo.
  - O sistema fornece informações atualizadas.

### 3.2 Aplicação do Questionário

O questionário foi disponibilizado via Internet pelo sistema Qualtrics® e o *link* de acesso encaminhado via *e-mail* para os respondentes. Os respondentes são usuários de sistemas informatizados de gestão que utilizam o sistema nas suas rotinas diárias de trabalho e atuam nas mais variadas áreas e segmentos econômicos. O que os usuários têm em comum é a utilização de um *software* como ferramenta de gestão que os auxilia na execução do seu trabalho diário. Houve 200 questionários respondidos. Os resultados obtidos foram tabulados e submetidos a um sistema que emprega lógica *fuzzy* para análise.

### 3.3 Análise dos Dados

Após a aplicação do questionário os dados obtidos são consolidados e analisados para avaliar o grau de satisfação dos usuários para cada uma das cinco métricas. Nesta etapa a lógica *fuzzy* é empregada como ferramenta para analisar os dados obtidos e fornecer o nível de satisfação dos usuários. O método de análise dos dados inicialmente introduzido em [19] foi adaptado para este estudo. O processo de análise dos dados pode ser dividido nas etapas que se seguem.

1. Na primeira etapa realiza-se a consolidação da frequência das opiniões dos usuários ( $Freq_{i,j}$ , onde  $i$  indexa a assertiva e  $j$  a alternativa de resposta), isto é, calcula-se quantas vezes cada uma das cinco opções de resposta foi selecionada para cada uma das assertivas.
2. Em seguida, efetua-se a normalização das frequências, isto é, divide-se o valor da frequência de cada resposta obtido na etapa anterior pelo maior valor de frequência para aquela assertiva. Para isso, encontra-se para cada assertiva  $i$  a maior frequência ( $MaxFreq_i$ ) entre as cinco opções de resposta. A frequência normalizada ( $FreqN_{i,j}$ ) pode ser calculada como se segue

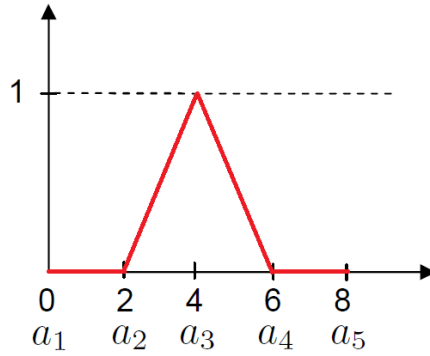
$$FreqN_{i,j} = \frac{Freq_{i,j}}{MaxFreq_i}. \quad (1)$$

3. Na terceira etapa visa-se encontrar um número triangular *fuzzy* ( $NTF$ ) que mais se aproxima à frequência normalizada ( $FreqN_{i,j}$ ). Geralmente, na literatura, um número triangular *fuzzy* é representado com três pontos como se segue:  $A = (a_1, a_2, a_3)$ , onde  $a_1$  é o limite inferior,  $a_2$  o valor modal (moda), e  $a_3$  o limite superior. Um  $NTF$  pode ser interpretado como uma função de pertinência onde

$$\mu A(x) = \begin{cases} 0, & se\ x < a_1 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & se\ a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3-x}{a_3-a_2}, & se\ a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & se\ x > a_3 \\ \text{restrição, } a_1 < a_2 < a_3. \end{cases} \quad (2)$$

Neste trabalho, sem perder as propriedades e sem infringir as restrições, um número triangular *fuzzy* será representado por cinco pontos, um para cada uma das alternativas de resposta. Como ilustrado na Figura 1 o  $NTF$  será definido pelos seguintes pontos e valores  $a_1 = 0, a_2 = 2, a_3 = 4, a_4 = 6$  e  $a_5 = 8$ .

Moda e Amplitude são dois parâmetros importantes observados em um número triangular *fuzzy*. A Moda representa o valor do número *fuzzy* cujo grau de pertinência é igual a 1. Na Figura 1 o  $NTF$  possui  $Moda = 4$  (representada por  $a_3$ ). A Amplitude é a metade da base do número *fuzzy* e na referida figura o número *fuzzy* tem  $Amplitude = 2$ .



**Figura 1.** Número Triangular Fuzzy.

O número triangular *fuzzy* que mais se aproxima à frequência normalizada é obtido dentre os *NTF* que tiveram a mesma moda da *FreqN*. A semelhança entre eles é obtida como se segue [20]

$$S_{NTF_{j,k}, FreqN_{i,j}} = \frac{\min(NTF_{j,k}, FreqN_{i,j})}{\max(NTF_{j,k}, FreqN_{i,j})} \quad (3)$$

onde  $i$  indexa as assertivas,  $j$  possibilidades de amplitudes e  $k$  os números *fuzzy*.

4. Nesta etapa encontra-se o número triangular *fuzzy* médio (*NTFM*) para cada métrica. Para isso soma-se os *NTF* (encontrados na etapa anterior) para cada métrica e divide pelo número de assertivas da métrica, como pode ser visto em (4) [21].

$$NTFM_m = \frac{1}{l} \sum_{i=1, \dots, l} NTF_i. \quad (4)$$

onde  $m$  é o índice da métrica,  $l$  o número total de assertivas para a métrica.

5. Na quinta etapa visa-se encontrar para cada métrica o número triangular *fuzzy* médio normalizado (*NTFMN*). Este número é obtido dividindo todos os valores de pertinência pela pertinência máxima desse mesmo número.
6. Nesta etapa busca-se para cada métrica o número triangular *fuzzy* que represente a opinião dos usuários. Esse número é encontrado comparando o *NTFMN* da métrica com os *NTF* de mesma moda. O *NTF* que mais se assemelha ao *NTFMN* será o número que representará a classificação final para a métrica. Essa etapa é similar à apresentada na Etapa 3. Para facilitar o entendimento apresenta-se na Eq. (5) a versão adaptada da Eq. (3) ajustada para esta etapa.

$$S_{NTF_i, NTFMN_m} = \frac{\min(NTF_i, NTFMN_m)}{\max(NTF_i, NTFMN_m)} \quad (5)$$

onde  $m$  é o índice do  $NTFMN$  e  $i$  o índice do  $NTF$ .

7. Por fim, a sétima e última etapa visa-se apresentar e analisar os resultados obtidos. A métrica é avaliada com base na Moda e na Amplitude do número triangular *fuzzy* [22]. A Moda avalia o nível de satisfação dos usuários do sistema com relação a métrica da seguinte forma:

- $Moda = 0 \rightarrow$  Satisfação = Muito Ruim.
- $Moda = 2 \rightarrow$  Satisfação = Ruim.
- $Moda = 4 \rightarrow$  Satisfação = Média.
- $Moda = 6 \rightarrow$  Satisfação = Boa.
- $Moda = 8 \rightarrow$  Satisfação = Muito Boa.

A Amplitude mostra a dispersão das opiniões dos usuários, em outras palavras, ela indica o nível de confiança na avaliação da métrica. Quanto menor a Amplitude maior a confiança e quanto maior a Amplitude menor a confiança [21]. A Amplitude ilustra a confiança na avaliação da métrica como se segue:

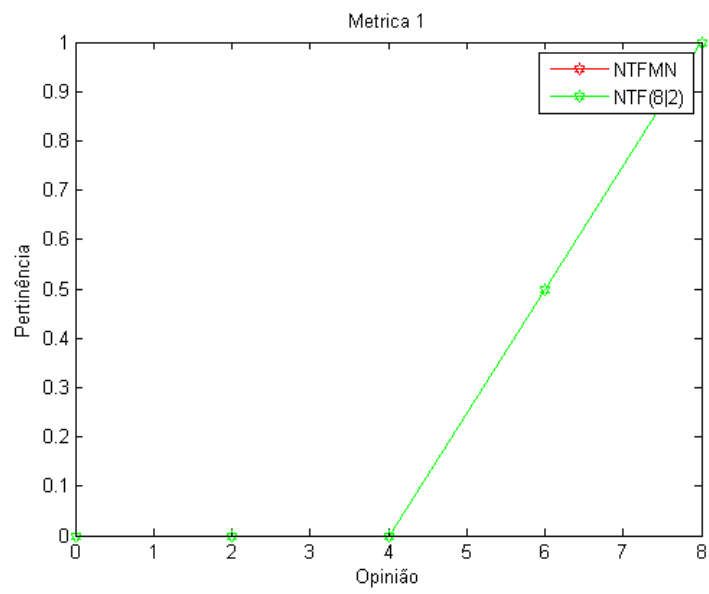
- $Amplitude = 1 \rightarrow$  Confiança = Alta.
- $Amplitude = 2 \rightarrow$  Confiança = Média.
- $Amplitude = 3 \rightarrow$  Confiança = Baixa.
- $Amplitude = 4 \rightarrow$  Confiança = Muito Baixa.

Caso o nível de confiança seja Baixo ( $Amplitude = 3$ ) ou Muito Baixo ( $Amplitude = 4$ ) para uma determinada métrica recomenda-se que o sistema seja reavaliado sob o ponto de vista desta métrica.

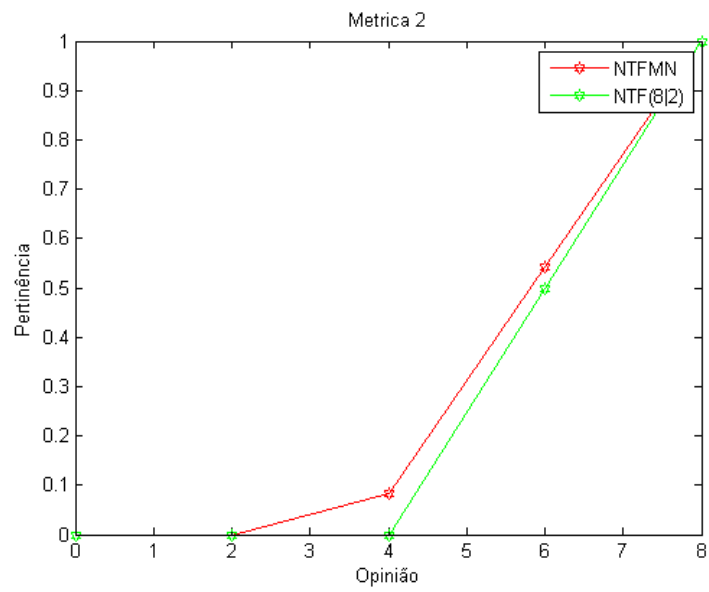
## 4 Resultados e Discussão

Esta seção apresenta e discute os resultados obtidos. Os resultados são ilustrados por gráficos que mostram o número triangular *fuzzy* médio normalizado ( $NTFMN$ ) e o número triangular *fuzzy* ( $NTF$ ) que se assemelha ao  $NTFMN$ . O número triangular *fuzzy* representa o resultado final para a métrica.

- **Métrica Acurácia:** esta métrica obteve como resultado final  $NTF = 8|2$ , isto é, Moda igual a 8 e Amplitude igual a 2. Estes indicam uma avaliação muito boa com uma confiança média na resposta dos usuários. O  $NTFMN$  e o  $NTF$  para essa métrica podem ser vistos na Figura 2.
- **Métrica Conteúdo:** o resultado final para Conteúdo foi o  $NTF = 8|2$ , mostrando uma satisfação muito boa e uma confiança média nas opiniões dos usuários. A Figura 3 ilustra graficamente este resultado.
- **Métrica Facilidade de Uso:** esta métrica alcançou como resultado final na avaliação de satisfação dos usuários um  $NTF = 8|3$ . O resultado obtido mostra que o nível de satisfação é muito bom porém a amplitude igual a 3 mostra uma baixa confiança, isto é, mostra que as respostas dos usuários tiveram grande dispersão. Neste caso, sugere que a pesquisa será ampliada para um número maior de respondentes ou que o sistema deve ser repensado neste quesito. O gráfico apresentado na Figura 4 ilustra o resultado para a Métrica Facilidade de Uso.

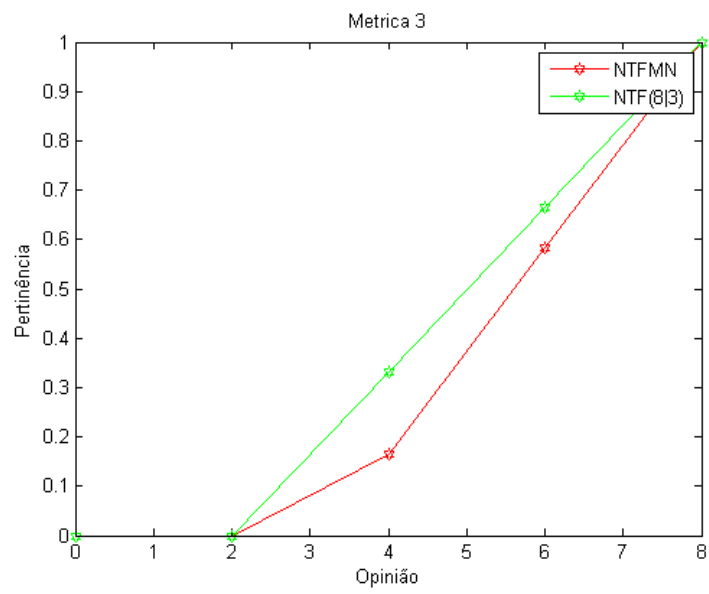


**Figura 2.** Resultado Métrica Acurácia.

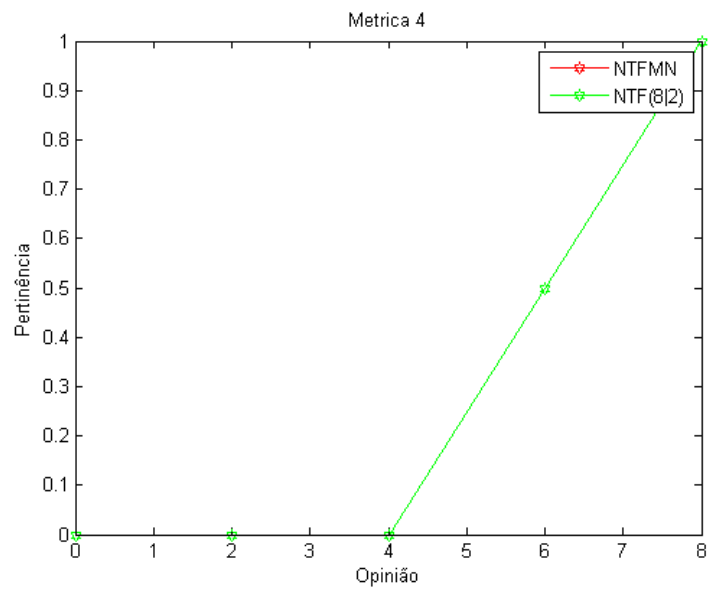


**Figura 3.** Resultado Métrica Conteúdo.



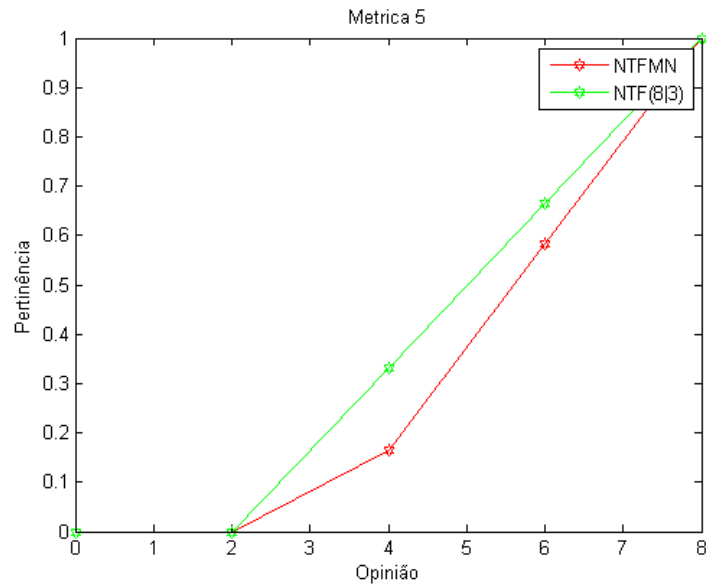


**Figura 4.** Resultado Métrica Facilidade de Uso.



**Figura 5.** Resultado Métrica Formato.

- **Métrica Formato:** o resultado alcançado pela métrica Formato foi  $NTF = 8|2$ . Este resultado ilustrado na Figura 5 mostra um nível de satisfação muito bom e uma confiança média.
- **Métrica Pontualidade:** o  $NTF$  obtido para essa métrica foi igual a  $8|3$  (Figura 6). Este indica um nível de satisfação muito bom e uma confiança baixa. Este resultado sugere que o sistema seja repensado sob o ponto de vista desta métrica.



**Figura 6.** Resultado Métrica Pontualidade.

## 5 Considerações Finais

Este trabalho tem como objetivo avaliar o nível de satisfação dos usuários de sistemas informatizados de gestão. A abordagem proposta emprega questionário aplicado e lógica *fuzzy*.

Os resultados apresentados mostram que de acordo com os usuários entrevistados que os sistemas de gestão possuem um grau de satisfação Muito Bom com relação aos seus usuários. Estes mostram também que para as Métricas Acurácia, Conteúdo e Formato o grau de confiança nas respostas dos usuários foi Média e para as Métricas Facilidade de Uso e Pontualidade as opiniões dos usuários estão dispersas e indicam um nível de confiança baixo.

Como sugestão para dar continuidade ao trabalho é recomendado o desenvolvimento de um aplicativo utilizando os conceitos do trabalho, onde o usuário poderá responder o questionário e o resultado da nível de satisfação seja apresentado ao usuário. Em [4] foram propostas 40 assertivas e 12 foram selecionadas por um método estatístico. Estas 12 foram utilizadas neste estudo. Sugere-se que sejam avaliadas as 40 assertivas e que um novo método estatístico seja empregado para reavaliar e selecionar as assertivas.

## AGRADECIMENTOS

O autor deste trabalho é grato à FAPEMIG pelo apoio concedido.

## Referências

1. R. Stair and G. Reynolds, *Princípios de Sistemas de Informação*. Cengage Learning, 2015.
2. M. Martinsons and P. Chong, “The influence of human factors and specialist involvement on information systems success,” *Human Relations*, vol. 52, no. 1, pp. 123–152, 1999.
3. T. Padilha and F. Marins, “Sistemas erp: características, custos e tendências,” *Revista Produção*, vol. 15, no. 1, pp. 102–113, 2005.
4. W. Doll and G. Torkzadeh, “The measurement of end-user computing satisfaction,” *MIS Quarterly*, vol. 12, no. 2, pp. 259–274, 1988.
5. E. Machado, “Análise da satisfação do usuário do sistema de informação de apoio à logística na empresa petroquímica triunfo s/a,” Master’s thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2007.
6. J. O’Brien, *Sistemas de Informação e as decisões gerenciais na era da Internet*. Editora Saraiva, 2004.
7. A. Cautela and E. Polloni, *Sistemas de informação na administração de empresas*. Editora Atlas, 1980.
8. K. Laudon and J. Laudon, *Sistemas de informação gerenciais*. Person Education do Brasil, 2008.
9. S. Buckhout, E. Frey, and J. Nemeč, “Por um erp,” *HSM management*, vol. 5, no. 16, pp. 30–36, 1999.
10. J. Bailey and S. Pearson, “Development of a tool for measuring and analyzing computer user satisfaction,” *Management Science*, vol. 5, no. 29, pp. 530–545, 1983.
11. B. Ives, M. Olson, and J. Baroudi, “The measurement of user information satisfaction,” *Communication of the ACM*, vol. 10, no. 26, pp. 785–793, 1983.
12. P. Kotler, *Administração de marketing: análise, planejamento, implementação e controle*. Editora Atlas, 1995.
13. A. Parasuraman, V. Zeithaml, and L. Berry, “Servqual: a multiple-item scale for measuring customer perceptions of service quality,” *Journal of Retailing*, vol. 64, no. 1, pp. 12–40, 1988.
14. F. Davis, “Perceived usefulness, perceived ease of use and user acceptance of information technology,” *MIS Quarterly*, vol. 13, no. 3, pp. 319–340, 1989.
15. W. DeLone and E. Mclean, “Information systems success: The quest for the dependent variable,” *Information Systems Research*, vol. 2, no. 6, pp. 60–95, 1992.

16. J. Amoli and A. Farhoomand, "Structural model of end user computing satisfaction and user performance," *MIS Quarterly*, vol. 6, no. 2, pp. 65–73, 1996.
17. W. Doll and G. Torkzadeh, "Development and measurement validity of a task-technology fit instrument for user evaluations of information systems," *Decision Sciences*, vol. 29, no. 1, pp. 105–138, 1998.
18. W. Chin and M. Lee, "A proposed model and measurement instrument for the formation of is satisfaction: The case of end-user computing satisfaction," in *Proc. of the International Conference on Information Systems*, Monash University, 2000, pp. 553–563.
19. R. Santos, "Desenvolvimento de uma metodologia para avaliação de usabilidade de sistemas utilizando a lógica fuzzy baseado na iso," Master's thesis, IBMEC Educacional S.A, IBMEC/SA, Brasil., 2007.
20. M. Braga, J. Barreto, and M. Machado, *Conceitos da Matemática Nebulosa na Análise de Risco*. Rio de Janeiro, Brasil: Artes & Rabiskus, 1995.
21. D. Dubois and H. Prade, *Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications*. San Francisco, USA: Academic Press, 1980.
22. R. Santos, M. Machado, D. Santos, and R. Zanola, "Lógica fuzzy aplicada na análise de usabilidade de sistemas computacionais embarcados," In: *SPOLM 2007 - Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha, 2007, Rio de Janeiro. CASNAV - Marinha do Brasil*, pp. 1 – 10, 2007.