ISSN: 2594-6153

Lógica Paraconsistente aplicada à Matriz de Risco

Marcos Carneiro Rodrigues[1], Mariana Antonio Corrêa[1], Guilherme Venâncio de Oliveira[1], Kelli Cristina Duarte[1], João Inácio da Silva Filho[1]
[1]Universidade Santa Cecília (UNISANTA), Santos-SP, Brasil

E-mail: marcoscefetmg@gmail.com

Resumo: Matriz de Risco (MR) é uma técnica de segurança de processo amplamente utilizada na indústria. Métodos qualitativos, semiquantitativos e quantitativos podem ser utilizados na construção de uma MR. Este trabalho apresentou a construção de uma matriz paraconsistente-(MRP) 5x5 considerando Severidade (S) e Frequência (F). Para a MRP, um diagrama de *Hasse* foi estabelecido onde encontrou intervalos de Gc < -0,5 para região de risco tolerável (T), -0,25< Gc ≤0 para região de risco moderado (M) e Gc ≥ 0,25 para região não tolerável (NT). A MRP se mostrou satisfatória para elaboração de sistemas especialistas de análise de riscos.
Palavras-chave: Paraconsistente, Matriz de Riscos, Semi-quantitativo

Paraconsistent Logic Applied on Risk Matrix

Abstract: Risk Matrix (RM) is a process safety technique widely used in the industry. Qualitative, semi-quantitative and quantitative methods can be used in the construction of a RM. This work presented the construction of a 5x5 paraconsistent matrix (PRM) considering Severity (S) and Frequency (F). A Hasse diagram was established for PRM,where it found intervals of Gc < -0.5 for region of tolerable risk (T), -0.25< Gc ≤0 for region of moderate risk (M) and Gc ≥0.25 for region No Tolerable (NT). The PRM proved to be satisfactory for the development of specialist risk analysis systems.
Keywords: Paraconsistent; Risk Matrix, semi-quantitative.

Introdução

Acidentes de processo podem levar à prejuízos envolvendo pessoas, meio ambiente, ativos da empresa e comunidade vizinha. Segundo Abdolhamidzadeh [1], como a reprodução de experimentos no campo da prevenção e previsão dos acidentes é geralmente impraticável, um dos pilares que sustentam a segurança do processo é se basear em análises históricas de acidentes. Para Taussef [2], Análise de Acidentes passados pode ser uma ferramenta poderosa, que provém uma "sabedoria retrospectiva" na qual estratégias para prever acidentes ou mitigar efeitos de ocorrências inevitáveis podem ser desenvolvidas. Dentre as técnicas, pode-se citar a Matriz de Risco.

Matriz de Risco (MR) é uma técnica amplamente utilizada em segurança de processo, em que a severidade (S) e frequência (F) de um evento podem ser definidos [3]. Os eventos de uma MR podem levar em conta múltiplos aspectos, como ambientais, econômicos e de lesão pessoal [4]. A combinação de S e F irá então definir uma classe de risco (*Risk level- RL)* que podem ser definidas por cores, letras ou números [5], podendo então apresentar caráter qualitativo, semi-

ISSN: 2594-6153

quantitativo ou quantitativo. Quando S e F são definidos de forma numérica, pode-se adotar técnicas que utilizam critério lógico-matemático para se obter RL. Cao [6] desenvolveu uma MR quantitativa utilizando teoria da Probabilidade (CAO, L. 2014). Lu [7] Utilizou Lógica Fuzzy para calcular a probabilidade de F. Markowski [10] utilizou da mesma técnica para se obter a Matriz de Risco *Fuzzy* MRF. No entanto, não se encontram trabalhos que utilizem da Lógica Paraconsistente anotada de dois valores (LPA2v) [9].

Lógica Paraconsistente Anotada pertence à família de lógicas Paraconsistentes [8]. LPA2v utiliza dois valores, ou anotações, onde o grau de evidência favorável (μ) e desfavorável (λ) determinam o grau de certeza (G_C) e contradição (G_{CT}) de uma proposição P [10][11].

Objetivos: O objetivo deste trabalho foi estabelecer uma matriz de risco paraconsistente (MRP) semi-quantitativa, através de parâmetros quantitativos de S e F, obtendo-se então um reticulado de Hasse contendo as regiões de RL.

Material e Métodos

Para este trabalho, foi considerada uma MR 5x5 onde Severidade (S) e Frequência (F) se encontram no subconjunto $[1,5] \subset N$, mostrada na figura 1. S apresenta 1 para "desprezível", 2 para "pouca" 3 para "moderada" 4 para "muita" e 5 para "crítica". F se inicia com valor 1 para "remota", 2 para "improvável", 3 para "possível", 4 para "provável" e 5 para "frequente". Os níveis de risco são definidos como pode ser "Tolerável" (T), "Médio" ou "ALARP" (*As Low As Reasonably Practicable* - tão baixo quanto razoavelmente praticável) (M) ou não tolerável (NT), de acordo com a combinação entre S e F .

S \ F	1	2	3	4	5
5	M	NT	NT	NT	NT
4	M	M	NT	NT	NT
3	T	M	M	NT	NT
2	T	T	M	M	NT
1	T	T	T	M	M

Figura 1. Matriz de Risco 5x5.

Para que a matriz de risco seja adequada à abordagem da Lógica Paraconsistente, é necessário estabelecer uma proposição. A frase adotada então foi "O evento P é inseguro", representada por $P_{(\mu,\lambda)}$. relaciona-se μ à S normalizado no intervalo [0,1], enquanto λ é atribuído ao complemento de F normalizado no mesmo intervalo. As equações 1 e 2 apresentam as metodologias de aquisição de μ e λ .

ISSN: 2594-6153

$$\mu = \frac{S-1}{4} \qquad (1)$$

$$\lambda = 1 - \frac{F-1}{4} \qquad (2)$$

Com os valores de μ e λ, obteve-se o grau de Certeza (G_c) a partir das equação 3 e o grau de contradição (G_{ct}) a partir da equação 4, ambas deduzidas por interpretações da LPA2v no diagrama de Hasse e, neste trabalho, interligadas à MRP,:

$$G_C = \mu - \lambda \qquad (3)$$

$$G_{CT} = \mu + \lambda - 1 \qquad (4)$$

Resultados

A figura 2 apresenta os valores de (a) G_C e (b) G_{CT} para cada combinação de S e F, normalizados através das notações de μ e λ. As classes de RL foram categorizadas por cores, sendo verde para T, amarelo para M e vermelho para não NT.

(a)

Gc	F	1	2	3	4	5
S	λ / μ	1	0,75	0,5	0,25	0
5	1	0	0,25	0,5	0,75	1
4	0,75	-0,3	0	0,25	0,5	0,75
3	0,5	-0,5	-0,3	0	0,25	0,5
2	0,25	-0,8	-0,5	-0,3	0	0,25
1	0	-1	-0,8	-0,5	-0,3	0

(b)

Gct	F	1	2	3	4	5
S	λ / μ	1	0,75	0,5	0,25	0
5	1	1	0,75	0,5	0,25	0
4	0,75	0,75	0,5	0,25	0	-0,3
3	0,5	0,5	0,25	0	-0,3	-0,5
2	0,25	0,25	0	-0,3	-0,5	-0,8
1	0	0	-0,3	-0,5	-0,8	-1

Figura 2. Matriz de Risco 5X5 Paraconsistente: (a) considerando o grau de certeza, (b) considerando o grau de contradição

A Figura 3 mostra o diagrama de Hasse com regiões de risco a partir dos valores de Gc e Gct. As regiões em branco entre as classificações de risco representam valores de grau de certeza que não podem ser obtidos considerando a MR adotada neste trabalho.

ISSN: 2594-6153

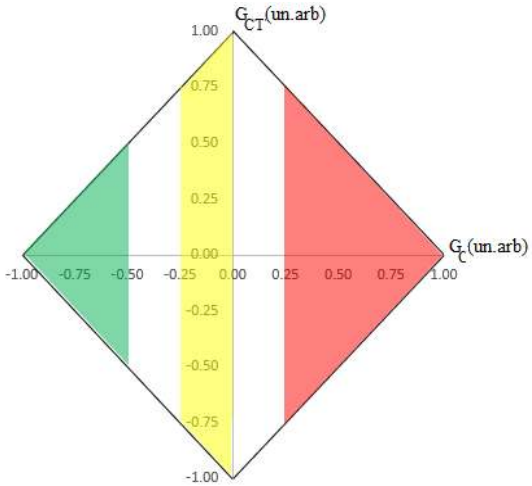

Figura 3. Diagrama de Hasse com Regiões de Tolerância ao Risco.

Discussão

Os resultados apresentados nas Figuras 2a, 2b e 3 mostram que o Gc explica melhor a MRP proposta, uma vez que as regiões de risco se mostram bem definidas ao longo do eixo Gc. A matriz apresentada na figura 2b possui valores que se repetem em diferentes regiões de risco, o que levaria a trivialidade da matriz construída.

As regiões em branco mostradas na Figura 3 representam regiões intangíveis em que o nível de risco não pode ser representado devido à natureza discreta das anotações. Aumentar o universo de discurso faria com que essas regiões se tornassem cada vez menores. Em trabalhos futuros, a elaboração de redes paraconsistentes para mitigação de riscos poderia levar o grau de certeza a essas regiões, se considerar o Grau de certeza Real (G_{CR}) devido a extração do efeito de contradição [13].

É importante destacar que limites das Regiões de RL se mostram paralelas ao eixo de G_{CT}, conforme a Figura 3. Isso é atribuído à natureza das anotações de S e F que possuem subconjunto de mesmo tamanho. Subconjuntos de tamanhos diferentes tornariam a MRP não quadrada, e o diagrama de Hasse teria regiões de RL inclinadas em relação ao eixo G_{CT}. A região de tolerabilidade vai da esquerda para direita no Diagrama de *Hasse* devido à proposição $P_{(\mu,\lambda)}$ ser "o evento P é inseguro". Quanto mais a proposição se aproxima do verdadeiro, maior será o risco atribuído. A negação da Proposição, adotando "o evento P é seguro" iria fazer com que o diagrama de *Hasse* ficasse espelhado, com a tolerabilidade do risco em direção ao verdadeiro

ISSN: 2594-6153

Comparando a MRF de Markowski com a MRP desenvolvida neste trabalho com, destaca-se que na MRF, é realizada a combinação de S e F, utilizando *IF-THEN* para cada associação de valores, sendo necessária a defuzzificação dos conjuntos nebulosos para se obter o valor preciso de RL enquanto na MRP o valor de Gc é obtido através de uma operação de subtração de μ e λ . A defuzzificação utilizada no trabalho de Markowski utiliza o método da centróide, que utiliza cálculo integral. As operações matemáticas presentes na MRP se mostram menos complexas, podendo-se desenvolver com mais facilidade um algoritmo para análise de risco. Os valores de G_C encontrados na MRP estabelece intervalos bem definidos para RL, sendo que:

1. Se $Gc \leq -0,5$, RL=T;
2. Se $-0,25 \leq G_C \leq 0$, RL=M;
3. Se $G_C \geq 0,25$, RL=NT

Isso mostra que a comparação de G_C com RL se dará de acordo com a quantidade de regiões de tolerabilidade representadas na matriz de riscos, enquanto na MRF, o método de comparação se mostrou necessário para todas as relações de S e F.

O intervalo de evidência resultante (φ) definido em LPA2v mostra o nível de contradição em tempo real, determinando o quanto o grau de certeza pode se deslocar de acordo com a inserção de novas evidências ou realimentação de um nó de análise paraconsistente (NAP) [14]. Isso mostra que em um algoritmo de mitigação de riscos, não é possível ir da região NT para T com apenas uma iteração, em uma MRP que possua valor lógico verdadeiro na notação $P_{(GC,GCT)}=(1,0)$

Conclusões

A MRP apresentada se mostrou capaz de representar o risco de um evento com S e F definidos em um diagrama de Hasse. A técnica se mostra com potencial para elaboração de sistemas especialistas para análise de risco. Em trabalhos futuros, é interessante elaborar um tratamento para regiões intangíveis do diagrama de *Hasse*.

Referências

1. Abdolhamidzadeh, B. *et al*. Domino effect in process-industry accidents e An inventory of past events and identification of some patterns. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2011
2. Taussef, SM, et al. Development of a new chemical process-industry accident database to assist in past accident analysis. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2011

ISSN: 2594-6153

3. Baybutt, P. Calibration of risk matrices for process safety. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 38, 163–168. 2015
4. Lu, L., Liang, W., Zhang, L., Zhang, H., Lu, Z., & Shan, J. A comprehensive risk evaluation method for natural gas pipelines by combining a risk matrix with a bow-tie model. Journal of Natural Gas Science and Engineering, 25, 124–133. 2015
5. Baybutt, P. Analytical Methods in Process Safety Management and System Safety Engineering. Process Hazard Analysis. Handbook of Loss Prevention Engineering, 501–553. 2013
6. Cao, L., Liu, Z.-J., Zhang, S.-K. Research of Quantitative Marine Individual Risk Model Based on Probability Theory. 2014 Fifth International Conference on Intelligent Systems Design and Engineering Applications. 2014
7. Markowski, A. S., Mannan, M. S. Fuzzy Risk Matrix. Journal of Hazardous Materials, 159(1), 152–157. 2008
8. Da Silva Filho, J. I., Misseno da Cruz, C. (2016). A Method with Paraconsistent Partial Differential Equation used in Explicit Solution of one-dimensional Heat Conduction. IEEE Latin America Transactions, 14(4), 1842–1848.
9. Ferrara, L. F. P., Lambert-Torres, G., Da Silva Filho, J. I., Blanco, F. B., Rocco, A., & Santos, M. R. (2009). Forecaster of Loads Profile in Power Electric Systems Based on Paraconsistent Annotated Logic. 2009 15th International Conference on Intelligent System Applications to Power Systems.
10. Da Silva Filho, J. I., Camargo, J. de M., dos Santos, M. R., Onuki, A. S., Mario, M. C., Ferrara, L. F. P., … Rocco, A. (2016). Support at Decision in Electrical Systems of subtransmission through selection of Topologies by a Paraconsistent Simulator. IEEE Latin America Transactions, 14(4), 1993–1999.
11. Da Silva Filho, J. I., Treatment of uncertainties with algorithms of the paraconsistent annotated logic. Journal of Intelligent Learning Systems and Applications. vol. 4, no. 2, pp. 144–153