

Um Modelo Conceitual para Cenários de Acidentes em Atividades de Manutenção

Jonathan M. Samara
Orientador Prof. Dr. Cesar A. Tacla

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

30 de outubro de 2019

- **Motivação:** Averiguar e desenvolver modelos com base em sistemas multiagentes para aplicar em cenários de acidentes.
- **Relevância:** Apresentar um modelo conceitual que defina em termos de classes e relacionamentos uma estrutura lógico-descritiva de fatores ambientais e organizacionais.

- **Sintetizar, construir e avaliar**, por intermédio de **observações, de análises de documentos técnicos, de análises de modelos computacionais** e de entrevista com profissionais da área, um modelo conceitual.
- Definir os **conceitos e as relações** para representar os cenários de ambientes de atividades, bem como os **respectivos acidentes que neles podem acontecer**.
- **Validar o processo** por verificar se os **raciocínios** (para um dado estudo de caso do setor de energia elétrica) resultantes desse modelo são correspondentes com a realidade a fim de levantar um entendimento formal do **problema para a comunidade acadêmica no que tange a que tipo de representação computacional** é mais apropriada para determinado contexto.

Introdução - Objetivos Específicos

- 1 Identificar os aspectos relevantes que devem fazer parte da estrutura do modelo em relação aos riscos e consequências (acidentes) para os atores e atividades, que sejam relevantes na prática da atividade de manutenção, em caso de falha na operação.
- 2 Construir um modelo conceitual que seja implementável computacionalmente e que produza as inferências que tratem aspectos relevantes ao problema.
- 3 Avaliar o modelo por aplicá-lo a um dado estudo de caso a fim de averiguar se os raciocínios produzidos nessa situação estão de acordo com a realidade.
- 4 Analisar modelos computacionais em relação ao modelo conceitual desse estudo a fim de ter um levantamento formal do estado do problema.

- Um agente é um sistema computacional autônomo.
- Um artefato é uma entidade usada por um agente.
- Um sistema multiagente é constituído por agentes autônomos que interagem visando um propósito em comum tendo como consequência um comportamento global.
- O aspecto normativo do sistema é tratado por considerar os eventos que resultam em uma violação e quais são as sanções decorrentes disso.
- BATU - *Boundary Activities Tolerated during Use*
- BCTU - *Boundary Condition Tolerated during Use*

1 Revisão Exploratória e Análise de Campo

- Estudo de Manuais Técnicos
- Conversas com profissionais da área
- Entrevistas com Engenheiro de Manutenção
- Criação de Textos Descrevendo Cenários
- Participação de Workshops
- Acompanhamento de Procedimentos de Manutenção
- Revisão Bibliográfica

1 Formalização de um Modelo Conceitual

- Identificar Padrões
- Formalizar em termos de Conceitos e Relações

2 Explorar os Arcabouços Possíveis

- Avaliar correspondência com outros Arcabouços

3 Aplicação em Estudo de Caso

- Modelar um dado estudo de caso no modelo obtido
- Analisar os raciocínios decorrentes frente a realidade

- 1 Os trabalhadores que executam os procedimentos.
- 2 Os diferentes papéis (ou funções) desses trabalhadores.
- 3 As ferramentas usadas pelos profissionais.
- 4 Os equipamentos que são submetidos a manutenção.
- 5 As interações entre todo tipo de entidade tais como trabalhadores, ferramentas e equipamentos.
- 6 As etapas das tarefas que devem ser finalizadas.
- 7 As relações entre todas as entidades e interações com as tarefas.

- 1 Averiguar a incerteza presente em certos processos e equipamentos que podem gerar acidentes.
- 2 Análise das Medidas que são tomadas pelos profissionais para lidar com essas incertezas.
- 3 Análise de Cenários onde Profissionais tomam medidas em desacordo com a segurança.
- 4 Análise dos riscos gerados a todos.
- 5 Análise da possibilidade de algum acidente ocorrer.

1 MOISE+

- HuBNER, J.; SICHMAN, J.; BOISSIER, O. Moise+: Towards a structural, functional, and deontic model for mas organization. In: . [S.l.: s.n.], 2002. p. 501–502.,
- HuBNER, J. F.; SICHMAN, J. S.; BOISSIER, O. A model for the structural, functional, and deontic specification of organizations in multiagent systems. In: BITTENCOURT, G.; RAMALHO, G. L. (Ed.). Advances in Artificial Intelligence. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2002. p. 118–128. ISBN 978-3-540-36127-5.

2 Modelo de Agentes Normativos de Dastani

- DASTANI, M. et al. Normative multi-agent programs and their logics. In: MEYER, J.-J. C.; BROERSEN, J. (Ed.). Knowledge Representation for Agents and Multi-Agent Systems. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009. p. 16–31. ISBN 978-3-642-05301-6.

① V3S

- BAROT, C. et al. V3S: A virtual environment for risk-management training based on human-activity models. Presence, v. 22, n. 1, p. 1–19, 2013.

② NormMAS

- CHANG, S.; MENEGUZZI, F. Simulating normative behaviour in multi-agent environments using monitoring artefacts. In: DIGNUM, V. et al. (Ed.). Coordination, Organizations, Institutions, and Norms in Agent Systems XI. Cham: Springer International Publishing, 2016. p. 59–77. ISBN 978-3-319-42691-4.

Resultados - Estrutural Conceitual - Módulos

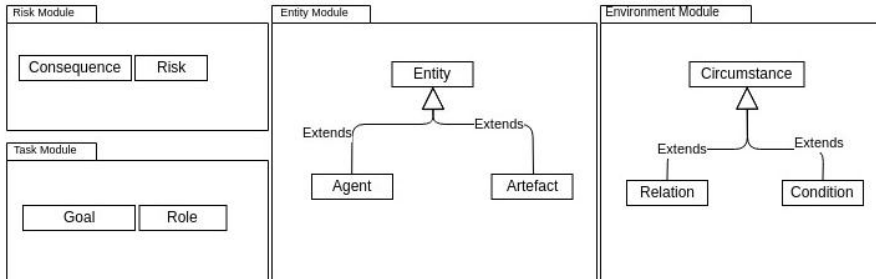


Figura: A estrutura geral das classes do modelo

Resultados - Estrutural Conceitual - Predicados

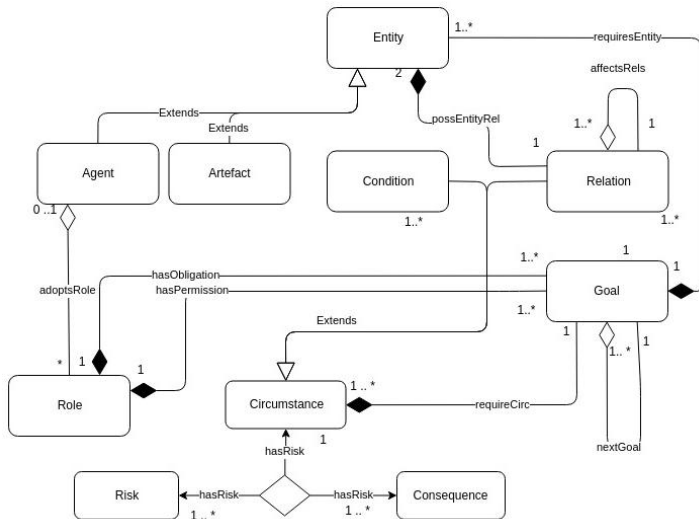


Figura: Diagrama de classes do Modelo

$$\begin{aligned} hasObligation(\rho_m, g_j) \rightarrow hasPermission(\rho_m, g_j), \\ \rho_m \in Role \wedge g_j \in Goal \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} requiresCirc(g_i, c_k) \wedge \neg isPresent(c_k) \wedge instanceOfCond(c_k) \\ \wedge starts(ag_m, g_i) \rightarrow conditionViol(ag_m, g_i, c_k) \\ g_i \in Goal, c_k \in Condition, ag_m \in Agent \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} requiresCirc(g_i, r_k) \wedge \neg isPresent(r_k) \wedge instanceOfRel(r_k) \\ \wedge starts(ag_m, g_i) \rightarrow relationViol(ag_m, g_i, r_k) \\ g_i \in Goal, r_k \in Relation, ag_m \in Agent \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} requiresEntity(g_i, e_k) \wedge \neg isPresent(e_k) \wedge starts(ag_m, g_i) \rightarrow \\ entityViol(ag_m, g_i, e_k) \\ g_i \in Goal, e_k \in Entity, ag_m \in Agent \end{aligned} \quad (4)$$

$$\text{conditionViol}(ag_m, g_i, c_k) \wedge \text{hasRisk}(c_k, \text{risk}_j, cs_m) \rightarrow \\ \text{negConseqFor}(g_i, ag_m, \text{risk}_j, cs_m)$$

$$ag_m \in \text{Agent}, g_i \in \text{Goal}, c_k \in \text{Condition}, \text{risk}_k \in \text{Risk}, cs_m \in \text{Consequence} \quad (5)$$

$$\text{relationViol}(ag_m, g_i, r_k) \wedge \text{hasRisk}(r_k, \text{risk}_j, cs_m) \rightarrow \\ \text{negConseqFor}(g_i, ag_m, \text{risk}_j, cs_m)$$

$$ag_m \in \text{Agent}, g_i \in \text{Goal}, r_k \in \text{Relation}, \text{risk}_k \in \text{Risk}, cs_m \in \text{Consequence} \quad (6)$$

$$\text{relationViol}(ag_m, g_i, r_k) \wedge \text{affectsRels}(r_k, r_n) \rightarrow \text{possOfNegConseqFor}(r_n) \\ ag_m \in \text{Agent}, g_i \in \text{Goal}, r_k, r_n \in \text{Relation}, \quad (7)$$

$$\text{entityViol}(ag_m, g_i, e_k) \rightarrow \text{stopped}(g_i) \\ ag_m \in \text{Agent}, g_i \in \text{Goal}, e_k \in \text{Entity} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} & \text{possOfNegConseqFor}(r_k) \wedge \text{happensNegConseqFor}(r_k) \wedge \\ & \quad \text{requiresCirc}(g_i, r_k) \wedge \text{instanceOfRel}(r_k) \wedge \\ & \quad \text{hasRisk}(r_k, \text{risk}_j, \text{cs}_m) \wedge \text{starts}(ag_m, g_i) \\ & \quad \rightarrow \text{negConseqFor}(g_i, ag_m, \text{risk}_j, \text{cs}_m) \\ & r_k \in \text{Relation}, g_i \in \text{Goal}, \text{risk}_k \in \text{Risk}, \text{cs}_m \in \text{Consequence} \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} & \text{negConseqFor}(g_k, ag_m, \text{risk}_j, \text{cs}_m) \rightarrow \text{stopped}(g_k) \\ & g_k \in \text{Goal}, \text{risk}_j \in \text{Risk}, \text{cs}_m \in \text{Consequence} \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} &adoptsRole(ag_n, \rho_m) \wedge hasPermission(\rho_m, g_j) \wedge nextGoal(g_i, g_j) \\ &\quad \wedge reached(g_i) \rightarrow enabledToStart(ag_i, g_j) \\ &ag_i, ag_n \in Agent, \rho_m \in Role, g_j \in Goal, g_i \in Goal \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} &adoptsRole(ag_n, \rho_m) \wedge hasPermission(\rho_m, g_i) \wedge lastGoal(g_i, \rho_m) \\ &\quad \wedge reached(g_i) \rightarrow stopped(g_i) \\ &ag_n \in Agent, \rho_m \in Role, g_i \in Goal \end{aligned} \quad (12)$$


```
function ifNotStopped(agentArray,goal)
    foreach(agentArray is agent)
        if(stopped(goal,agent)
            return false;
        endif
    endforeach
    if(!allAgenteObliged(agentArray,goal))
        return false;
    endif
    return true;
endFunction

if(ifNotStopped(agentArray,goal))
    return reached(goal);
```

Figura: Condição para definir se um dado objetivo foi atingido ou não

Resultados - Estudo de Caso

- O estudo de caso desta pesquisa consiste em sete profissionais de linha viva.
- Um supervisor e seis executores.
- Céu ensolarado e umidade relativa do ar menor que 70 por cento.
- EPI's necessários: capacete, óculos de sol, roupa isolante e antichamas, luvas isolantes e botas isolantes.
- bastão garra de diâmetro 64 x 3600 mm, sela de diâmetro 65, colar, corda de fibra sintética, carretilha, chave com catraca, bastão universal, soquete adequado, locador de pino e bastão com soquete multiangular
- O método selecionado para esse tipo de manutenção é a distância.

Resultados - Raciocínio 1

- ① *adoptsRole*(*agente4*, *executor2*)
- ② *hasObligation*(*executor2*, *g1*)
- ③ *requiresCirc*(*g1*, *relPanoGlicerina*)
- ④ *instanceOfRel*(*relPanoGlicerina*)
- ⑤ $\neg isPresent$ (*relPanoGlicerina*)
- ⑥ *starts*(*agente4*, *g1*)
- ⑦ *affectsRels*(*relPanoGlicerina*, *relBastaoGarraCondutor*)
- ⑧ *affectsRels*(*relPanoGlicerina*, *relCordaEstropo*)
- ⑨ *affectsRels*(*relPanoGlicerina*, *relChaveCatracaParafuso*)
- ⑩ *affectsRels*(*relPanoGlicerina*, *relParafusoConector*)
- ⑪ *affectsRels*(*relPanoGlicerina*, *relSoqueteParafuso*)
- ⑫ *affectsRels*(*relPanoGlicerina*, *relAgente4Corda*)
- ⑬ *affectsRels*(*relPanoGlicerina*, *relEstropoCorda*)

$$\begin{aligned} &requiresCirc(g1, relPanoGlicerina) \wedge \\ &\quad \neg isPresent(relPanoGlicerina) \wedge \\ &\quad instanceOfRel(relPanoGlicerina) \wedge \\ &\quad starts(agente4, g1) \rightarrow \\ &relationViol(agente4, g1, relPanoGlicerina) \end{aligned} \tag{13}$$

$$\begin{aligned} &relationViol(agente4, g1, relPanoGlicerina) \\ &\wedge affectsRels(relPanoGlicerina, relEstropoCorda) \\ &\rightarrow possOfNegConseqFor(relEstropoCorda) \end{aligned} \tag{14}$$

O mesmo ocorre para as demais relações.

- ① *adoptsRole*(agente2, executor1)
- ② *adoptsRole*(agente3, executor1)
- ③ *adoptsRole*(agente4, executor2)
- ④ *hasObligation*(executor1, g1)
- ⑤ *hasObligation*(executor2, g1)
- ⑥ *starts*(agente2, g1)
- ⑦ *starts*(agente3, g1)
- ⑧ *starts*(agente4, g1)
- ⑨ *requiresEntity*(g1, pano)
- ⑩ $\neg isPresent(pano)$

$$\begin{aligned} &requiresEntity(g1, pano) \wedge \neg isPresent(pano) \wedge starts(agente2, g1) \\ &\quad \rightarrow entityViol(agente2, g1, pano) \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} &requiresEntity(g1, pano) \wedge \neg isPresent(pano) \wedge starts(agente3, g1) \\ &\quad \rightarrow entityViol(agente3, g1, pano) \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} &requiresEntity(g1, pano) \wedge \neg isPresent(pano) \wedge starts(agente4, g1) \\ &\quad \rightarrow entityViol(agente4, g1, pano) \end{aligned} \quad (17)$$

$$entityViol(agente4, g1, pano) \rightarrow stopped(g1) \quad (18)$$

- ① *adoptsRole*(*agente5*, *executor3*)
- ② *hasObligation*(*executor3*, *g11*)
- ③ *starts*(*agente5*, *g11*)
- ④ *requiresCirc*(*g11*, *umidade70*)
- ⑤ *isInstanceOfCond*(*umidade70*)
- ⑥ $\neg isPresent(umidade70)$
- ⑦ *hasRisk*(*umidade70*, *eletrocutado*, *morte*)

$$\begin{aligned} & \text{requiresCirc}(g11, \text{umidade70}) \wedge \neg \text{isPresent}(\text{umidade70}) \\ & \wedge \text{instanceOfCond}(\text{umidade70}) \wedge \text{starts}(\text{agente5}, g11) \rightarrow \\ & \quad \text{conditionViol}(\text{agente5}, g11, \text{umidade70}) \end{aligned} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} & \text{conditionViol}(\text{agente5}, g11, \text{umidade70}) \wedge \\ & \quad \text{hasRisk}(\text{umidade70}, \text{eletrocutado}, \text{morte}) \\ & \rightarrow \text{negConseqFor}(g11, \text{agente5}, \text{eletrocutado}, \text{morte}) \end{aligned} \quad (20)$$

$$\text{negConseqFor}(g11, \text{agente5}, \text{eletrocutado}, \text{morte}) \rightarrow \text{stopped}(g11) \quad (21)$$

- ① *adoptsRole*(*agente4*, *executor2*)
- ② *hasObligation*(*executor4*, *g15*)
- ③ *starts*(*agente4*, *g15*)
- ④ *requiresCirc*(*g15*, *relChaveCatracaParafuso*)
- ⑤ *isInstanceOfRel*(*relChaveCatracaParafuso*)
- ⑥ $\neg isPresent(relChaveCatracaParafuso)$
- ⑦ *hasRisk*(*relChaveCatracaParafuso*, *eletrocutado*, *morte*)

$$\begin{aligned} & \text{requiresCirc}(g15, \text{relChaveCatracaParafuso}) \wedge \\ & \quad \neg \text{isPresent}(\text{relChaveCatracaParafuso}) \wedge \\ & \text{instanceOfRel}(\text{relChaveCatracaParafuso}) \wedge \text{starts}(\text{agente4}, g15) \rightarrow \\ & \quad \text{relationViol}(\text{agente4}, g15, \text{relChaveCatracaParafuso}) \quad (22) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{relationViol}(\text{agente4}, g15, \text{relChaveCatracaParafuso}) \\ & \wedge \text{hasRisk}(\text{relChaveCatracaParafuso}, \text{eletrocutado}, \text{morte}) \rightarrow \\ & \quad \text{negConseqFor}(g15, \text{agente4}, \text{eletrocutado}, \text{morte}) \quad (23) \end{aligned}$$

$$\text{negConseqFor}(g15, \text{agente4}, \text{eletrocutado}, \text{morte}) \rightarrow \text{stopped}(g15) \quad (24)$$

- ① *requiresCirc(g19, relParafusoConector)*
- ② *hasObligation(executor3, g19)*
- ③ *hasObligation(executor4, g19)*
- ④ *hasObligation(executor5, g19)*
- ⑤ *starts(agente5, g19)*
- ⑥ *starts(agente6, g19)*
- ⑦ *starts(agente7, g19)*
- ⑧ *adoptsRole(agente5, executor3)*
- ⑨ *adoptsRole(agente6, executor4)*
- ⑩ *adoptsRole(agente7, executor5)*
- ⑪ *hasRisk(relParafusoConector, eletrocutado, morte)*
- ⑫ *possOfNegConseqFor(relParafusoConector)*
- ⑬ *happensNegConseqFor(g19, relParafusoConector)*

$$\begin{aligned} & \text{possOfNegConseqFor}(\text{relParafusoConector}) \\ & \wedge \text{happensNegConseqFor}(\text{relParafusoConector}) \\ & \wedge \text{requiresCirc}(g19, \text{relParafusoConector}) \\ & \wedge \text{instanceOfRel}(\text{relParafusoConector}) \\ & \wedge \text{hasRisk}(\text{relParafusoConector}, \text{eletrocutado}, \text{morte}) \\ & \wedge \text{starts}(\text{agente5}, g19) \\ \rightarrow & \text{negConseqFor}(g19, \text{agente5}, \text{eletrocutado}, \text{morte}) \end{aligned} \quad (25)$$

$$\text{negConseqFor}(g19, \text{agente5}, \text{eletrocutado}, \text{morte}) \rightarrow \text{stopped}(g19) \quad (26)$$

O mesmo para o agente6 e agente7.

Resultados - Raciocínio 6

- ① $stopped(agente2) \rightarrow F$
- ② $stopped(agente3) \rightarrow F$
- ③ $stopped(agente4) \rightarrow F$
- ④ $stopped(agente5) \rightarrow F$
- ⑤ $stopped(agente7) \rightarrow F$
- ⑥ $hasObligation(executor1, g23)$
- ⑦ $hasObligation(executor2, g23)$
- ⑧ $hasObligation(executor3, g23)$
- ⑨ $adoptsRole(agente2, executor1)$
- ⑩ $adoptsRole(agente3, executor1)$
- ⑪ $adoptsRole(agente4, executor2)$
- ⑫ $adoptsRole(agente5, executor3)$
- ⑬ $adoptsRole(agente7, executor5)$

- $ag_{array} = \{agente2, agente3, agente4, agente5, agente7\}$
- $stopped(goal, Agente) \rightarrow F$ para todos os agentes
- $allAgentObligate(ag_{array}, goal) \rightarrow T$
- $ifNotStopped(ag_{array}, goal) \rightarrow T$
- $reached(goal) \rightarrow T$

Discussão - Critérios de Comparação

- **Agente** condiz numa representação dos estados internos que um agente pode ter
- O critério **SMA** condiz na presença de elementos que são necessários para especificar um *Sistema Multiagente*
- O critério **Artefato** condiz com elementos que correspondem ao tratado na Fundamentação Teórica.
- **Norma** corresponde a regras que devem ser acatadas pelos agentes
- **Violação** define o que corresponde o não cumprimento de uma dada regra
- **Sanção** implica penalidade sobre o agente.
- **Risco** implica o evento ruim que tem um dado potencial de ocorrer sobre o agente

- **P.O.A.E** significa Possibilidade de Ocorrer algo Errado.
- **Objetivos** implica alvos que devem ser atingidos pelos agentes
- **C.A** consiste em condições ambientes que interagem com a atividade executada pelos agentes.
- **I.AG.AR** representa as interações entre agentes e artefatos
- **D.C.A** - Descrição de Cenários de Acidentes, consiste na capacidade de desenvolver raciocínios a fim de representar cenários de acidentes.

Discussão - Análise Comparativa

Crítérios	MOISE+	DASTANI	V3S	NORMMMAS
Agente				
SMA				
Artefato				
Norma				
Violação				
Sanção				
Risco				
P.O.A.E				
Objetivos				
C.A				
I.AG.AR				
D.C.A				

Discussão - Consistência dos Resultados - Caso de Estudo

- O caso em análise cumpre com os interesses da pesquisa pois apresenta um cenário onde profissionais usam ferramentas para trabalhar de forma colaborativa a fim de atingir um determinado objetivo
- Os profissionais são expostos a um dado risco e podem sofrer acidentes que advêm tanto de responsabilidade própria bem como responsabilidade do outro.
- O caso de estudo em análise é um cenário que é totalmente possível de ser factual, contudo existe diversas outras possibilidades de organizar a mesma manutenção.

Discussão - Considerações sobre Critérios Metodológicos ao Estudo de Caso

- Organização dos Objetivos pode ser modificada pelos profissionais durante a execução das Atividades.
- Não se considera todos os riscos, mas os mais prováveis.
- $affectsRels(r_k, r_n)$ - simplifica o processo de modelagem.
- $possEntityRel(r_l, e_i, e_k)$ - granulidade do modelo.
- $requiresCirc(circ_n, g_m)$, $requiresEntity(goal_i, e_j)$, $instanceOfRel(circ_n)$ e $instanceOfCond(circ_n)$ - granulidade do modelo.

Discussão - Considerações sobre Critérios Metodológicos ao Raciocínios

- Raciocínio 1 e 5 - Cenário de violação de relação sem sanção.
- Raciocínio 2 - Violação de Entidade
- Raciocínio 3 - Violação de Condição
- Raciocínio 4 - Violação de Relação com Sanção
- Raciocínio 6 - Atingiu o objetivo

Conclusão - Reflexão sobre Objetivo

- Foi feito estudo de documentos técnicos, foi feita entrevista com Engenheiro de Manutenção, foi feito acompanhamento de documentos técnicos, houve acompanhamento de procedimentos de manutenção em linha viva.
- Foi concebido um modelo conceitual.
- O modelo conceitual foi aplicado em um estudo de caso. Isso possibilitou formular raciocínios e verificar quais cenários foram representados apropriadamente e quais cenários não foram representados adequadamente.
- Houve uma análise da comparativa entre modelos computacionais balizado pelo modelo conceitual definido nesse estudo.
- Logo, o Objetivo Geral e os Objetivos Específicos foram atingidos.

- *MOISE+* é mais apropriado para representar os seguintes conceitos: *Agente, SMA, objetivos*;
- *Dastani* é mais apropriado para representar os seguintes conceitos *Normas, Violações, Sanções*;
- *V3S* é mais apropriado para representar *SMA, Artefato, Riscos e contém estruturas otimizadas para descrever dinamicamente os cenários de acidentes*
- *NORMMAS* é mais apropriado para representar os seguintes conceitos *Normas, Violações, Sanções*;
- No que tange ao contraste do modelo conceitual proposto nesse estudo em relação aos arcabouços verificados nesse texto, o autor conclui que aquela unifica em uma única estrutura concepções que são tratadas de formas isoladas aos demais modelos computacionais.

- 1 Em vez de trabalhar conceitos de possibilidade, sintetizar um modelo estatístico probabilístico na estrutura conceitual proposta neste estudo.
- 2 Investigar novas estruturas conceituais para tratar cenários onde os agentes buscam técnicas alternativas para resolver um determinado problema.
- 3 Investigar novas estruturas conceituais onde uma violação pode ou não gerar uma sanção para as condições ambientes (ou seja, em vez de tratar a possibilidade sobre um relacionamento futuro, tratar a possibilidade sobre um relacionamento presente).
- 4 Investigar novas estruturas conceituais que considerem a violação de relacionamento em termos de possibilidades e não de um efeito direto no que tange a uma dada causa.