

# Proposta de um Modelo para Representar Cenários de Acidentes Usando Conceitos de Normas, Sanções e Violações

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

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

21 de fevereiro de 2019

- Muitas pessoas são submetidas a atividades que apresentam algum risco.
- Exemplos de serviços assim; elétrica, petroquímica, telecomunicações, transportes.
- Existe uma série de possíveis causas em um acidente.
- A computação pode contribuir com esse tipo de problema.
- Criar representações para tratar esse problema.

- Uma maneira de representar cenários assim está relacionado com sistemas multiagentes normativos.
- Dentro deste tipo de atinge é possível observar os conceitos de; norma, violação e sanção.
- Portanto, entender como usar agentes normativos para criar representações específicas a problemas envolvendo trabalho, acidente e risco é uma motivação para esse estudo.
- Realizar a análise dos raciocínios que podem ser construído é outra motivação.

- Contribuição para três campos; Representação Computacional, Sistemas Multiagentes e Segurança.
- Representação Computacional e Sistemas Multiagentes.
  - Existem modelos para representar Sistemas Multiagentes, porém não apresentam características específicas (conceitos, predicados, regras) para tratar cenários de acidentes.
  - Existem modelos para representar SMA Normativos, mas apresentam aspectos altamente genéricos, não tendo características específicas (conceitos, predicados e regras) para tratar cenários de acidentes e riscos.
  - Existem modelos para representar cenários de acidentes (am ambiente de trabalho) usando *SMA*, contudo são complexos. Além disso, esses modelos não focam no erro dos agentes bem como as consequências dos mesmos sobre os demais colegas.

- Segurança

- O interesse da pesquisa é computacional.
- O modelo aqui proposto trata de conceitos relacionados a riscos e situações inesperadas.
- Portanto, apesar do interesse ser principalmente computacional, há um diálogo com o campo da Segurança.

- Conceber uma representação que tenha maior expressividade (quando comparado com os demais modelos) ao representar o seguinte cenário; "Agentes trabalham de forma colaborativa para atingir um dado objetivo geral. Esses agentes podem cometer erros submetendo a si mesmos bem como a outros a acidentes ocasionando grandes danos a integridade física do(s) acidentado(s). Não apenas isso, mas essa representação deverá ser capaz de considerar as relações existentes entre as entidades (agentes, artefatos tais como ferramentas), condições ambientais com as violações, sanções e acidentes. Questões envolvendo caráter possibilístico dos acidentes frente a ação dos agentes também deverão ser verificadas nessa representação."

# Introdução - Objetivos Específicos

- 1 Representar um SMA.
- 2 Representar normas, violações e sanções sendo que as violações são erros cometidos pelos agentes e as sanções estão relacionadas com os acidentes e suas respectivas consequências.
- 3 Representar situações onde um agente é submetido a um evento ruim (integridade física do agente é negativamente afetada de alguma maneira) mesmo que ele não tenha cometido erro algum.
- 4 Representar como se dá as relações entre as entidades, condições ambientes e conjunto com as violações e sanções.
- 5 Representar as possibilidades da ocorrência de um evento atrelado a um dado risco.

- Um agente é um sistema computacional que está situado em um dado ambiente e que apresenta comportamento autônomo com a finalidade de atingir um dado objetivo que a ele é designado.
- Um agente pode ser estruturado em termos *goal-governed* e *goal-oriented*.
- Os agentes *goal-governed* têm capacidades cognitivas e podem representar os seus respectivos objetivos.
- Os agentes *goal-oriented* são programados para alcançar um dado objetivo.
- Artefatos não se enquadram nessas duas características. Essas entidades são exploradas pelo agente para que eles possam alcançar um dado objetivo.



- Um sistema multiagente é constituído por agentes autônomos que interagem visando um propósito em comum tendo como consequência um comportamento global.
- Uma organização com essas características, portanto, apresenta em comum; cultura, memória, história, distribuição de atividades e capacidade de distinguir um agente em específico.
- Uma organização de sistema multiagente deve conter relações sociais no que tange a agentes, institutos específicos e grupos sociais.
- Por ser uma organização, uma *SMA* apresenta; Divisão de tipos de atividades, integração, composição, estabilidade/flexibilidade, coordenação, recursividade, representação multinível e causalidade, potenciais e diferenciais, regras e gramáticas.

```
N-MAS_Prog  := "Agents: " (<agentName> <agentProg> [<nr>])+ ;
              "Facts: " <bruteFacts>
              "Effects: " <effects>
              "Counts-as rules: " <counts-as>
              "Sanction rules: " <sanctions>;

<agentName>  := <ident>;
<agentProg>  := <ident>;
<nr>         := <int>;
<bruteFacts> := <b-literals>;
<effects>    := ({<b-literals>} <actionName> {<b-literals>}+);
<counts-as>  := ( <literals>  $\Rightarrow$  <i-literals> )+;
<sanctions>  := ( <i-literals>  $\Rightarrow$  <b-literals> )+;
<actionName> := <ident>;
<b-literals> := <b-literal> {", " <b-literal>};
<i-literals> := <i-literal> {", " <i-literal>};
<literals>   := <literal> {", " <literal>};
<literal>    := <b-literal> | <i-literal>;
<b-literal>  := <b-prop> | "not" <b-prop>;
<i-literal>  := <i-prop> | "not" <i-prop>;
```

**Figura:** Linguagem para descrever um programa de multiagentes normativos com a possibilidade de violações e sanções na notação EBNF segundo o texto [?]. Nesta notação,  $\langle ident \rangle$  é usado para denotar uma *string* e  $\langle int \rangle$  inteiros. Os termos  $\langle b-prop \rangle$  e  $\langle i-prop \rangle$  são usados para designar dois tipos de conjuntos de proposições que são disjuntos entre si

- BATU - *Boundary Activities Tolerated during Use* (Atividades Limites Toleradas Durante o Uso). Muitas vezes a equipe adota atividades paliativas a fim de otimizar os processos de produção. Isso envolve assumir níveis de tolerância no que diz respeito ao desempenho e a segurança.
- BCTU - *Boundary Conditions Tolerated by Use* (Condições Limites Toleradas Durante o Uso). O termo condição faz referência a uma situação, um estado, circunstâncias externas às quais pessoas ou até mesmo entidades são afetados no que diz respeito a uma certa decisão atrelada a circunstâncias ambientais, materiais, humanas, de produtos e entre outras.

- Os requisitos são derivados de uma análise dos Objetivos Específicos desse estudo.
- Apresentam as seguintes características;
  - São estáticos (uma vez formulado o problema, não mudam com o decorrer do desenvolvimento da representação);
  - São articulados em um vocabulário compreensível para os pesquisadores

- Investigação de modelos que podem ser aplicados a essa situação.
- Verificação dos conceitos em interesse dentro desses modelos.
- Os pesquisadores isolaram os conceitos e suas relações nesses modelos.
- Os conceitos são adaptados ao cenário que se deseja representar.
- A estrutura resultante é escrita no seguinte formalismo; Teoria de Conjuntos para representar os conceitos e lógica de predicados para representar as relações.
- UML também é usado para esse mesmo propósito.
- Uma vez feito isso, os pesquisadores constroem regras para determinar a transição as transições de estado.

- Manutenção em Linha Viva.
- Estudo de manuais técnicos.
- Entrevista com o Engenheiro de Manutenção de Linha Viva.
- Acompanhamento de um procedimento de Manutenção.
- É feito um Modelo Baseado em Cenários que consiste na descrição da atividade em linguagem natural. Esse modelo foi verificado por profissionais da área.
- Desse houve o processo de especificação nos conjuntos e predicados definidos anteriormente.

- Uma vez com a manutenção especificada, os pesquisadores geraram raciocínios para traduzir diferentes cenários de trabalho (com o propósito de provar a hipótese desse estudo).
- A validação desses raciocínios se dá em análise com o modelo de cenários, pois isso permite verificar se esses raciocínios correspondem com a realidade.

# Resultados

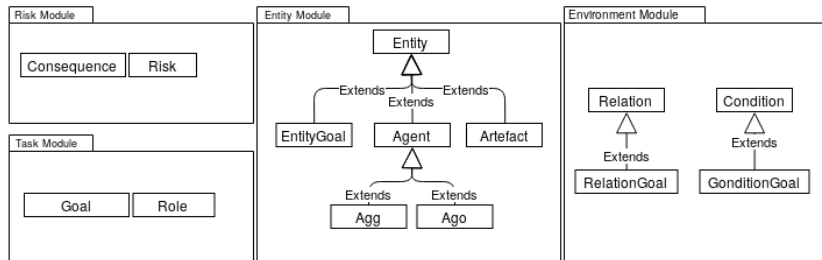


Figura: A estrutura geral das classes do modelo



$$M_{Entity} = \{Entity, Agent, Artefact, EntityGoal, Agg, Ago\} \quad (1)$$

$$(Agent \cup Artefact) \subset Entity \quad (2)$$

$$Agent \cap Artefact = \emptyset \quad (3)$$

$$M_{Task} = \{Goal, GoalPreRequisite, Role\} \quad (4)$$

$$M_{Environment} = \{Relation, ReationGoal, Condition, ConditionGoal\} \quad (5)$$

$$thereIsRelation(r_l, e_i, e_k) | r_l \in Relation \wedge e_i, e_k \in Entity \quad (6)$$

$$hasRole(ag_n, \rho_m) | ag_n \in Agent \wedge \rho_m \in Role \quad (7)$$

$$hasObligation(\rho_m, g_j) | \rho_m \in Role, g_j \in Goal \quad (8)$$

$$hasPermission(\rho_m, g_j) | \rho_m \in Role, g_j \in Goal \quad (9)$$

$$isReached(g_k) | g_k \in Goal \quad (10)$$

$$\text{stopIn}(g_n, ag_m) | g_n \in \text{Goal}, ag_m \in \text{Agent} \quad (11)$$

$$\text{nextGoal}(g_i, g_j) | g_i, g_j \in \text{Goal} \quad (12)$$

$$\text{hasCondition}(g_i, cg_n) | g_i \in \text{Goal}, cg_n \subset \text{GoalCondition} \quad (13)$$

$$\text{hasEntity}(g_i, eg_m) | g_i \in \text{Goal}, eg_m \subset \text{EntityGoal} \quad (14)$$

$$\text{hasRelation}(g_i, rg_m) | g_i \in \text{Goal} \wedge rg_m \subset \text{RelationGoal} \quad (15)$$

$$violationEntity(ag_i, g_j, e_k) | ag_i \in Agent \wedge g_j \in Goal \wedge e_k \in Entity \quad (16)$$

$$violationRelation(ag_i, g_j, r_k) | ag_i \in Agent \wedge g_k \in Goal \wedge r_k \in relation \quad (17)$$

$$violationCondition(ag_i, g_j, c_k) | ag_i \in Agent \wedge g_k \in Goal \wedge c_k \in Condition \quad (18)$$

$$hasRisk(X, risk_j, cs_k) | risk_k \in Risk \wedge cs_k \in Consequence \wedge (X = c_k \vee X = r_k) \quad (19)$$

$$\begin{aligned} isPresent(X) | X = cg_n \vee X = c_k \vee X = rg_k \vee X = r_k \\ \vee X = eg_k \vee X = e_k \end{aligned} \quad (20)$$

$$tryReach(ag_i, g_j) | ag_i \in Agent \wedge g_j \in Goal \quad (21)$$

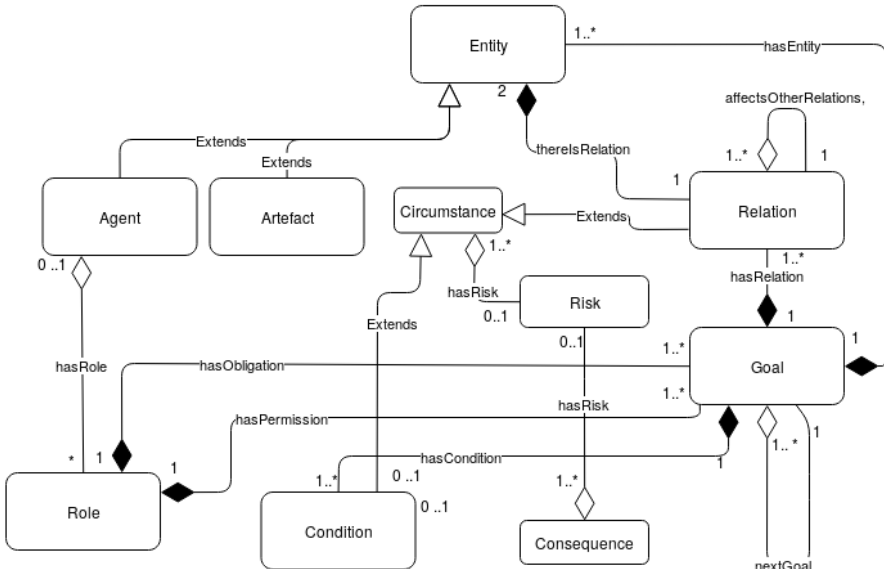
$$possibilityHappensBadEvent(r_l) | r_l \in Relation \quad (22)$$

$$affectsOtherRelations(r_k, r_n) | \{r_k, r_n\} \subset Relation \quad (23)$$

$$lastGoal(g_i, \rho_m) | g_i \in Goal, \rho_m \in Role \quad (24)$$

$$ableTryReach(ag_i, g_j) | ag_i \in Agent, g_j \in Goal, \quad (25)$$

## Resultados - Estrutural Conceitual - UML



$$\begin{aligned} hasObligation(\rho_m, g_j) \rightarrow hasPermission(\rho_m, g_j), \\ \rho_m \in Role \wedge g_j \in Goal \end{aligned} \quad (26)$$

$$\begin{aligned} hasCondition(g_i, cg_n) \wedge \neg isPresent(c_k) \wedge (c_k \in cg_n) \\ \wedge tryReach(ag_m, g_i) \rightarrow \\ violationCondition(ag_m, g_i, c_k) \\ g_i \in Goal, cg_n \subset ConditionGoal, c_k \in Condition, ag_m \in Agent \end{aligned} \quad (27)$$

$$\begin{aligned} & hasRelation(g_i, rg_n) \wedge \neg isPresent(r_k) \wedge (r_k \in rg_n) \\ & \quad \wedge tryReach(ag_m, g_i) \rightarrow \\ & \quad violationRelation(ag_m, g_i, r_k) \\ & g_i \in Goal, rg_n \subset RelationGoal, r_k \in Relation, ag_m \in Agent \end{aligned} \quad (28)$$

$$\begin{aligned} & hasEntity(g_i, eg_n) \wedge \neg isPresent(e_k) \wedge (e_k \in eg_n) \\ & \quad \wedge tryReach(ag_m, g_i) \rightarrow \\ & \quad violationEntity(ag_m, g_i, e_k) \\ & g_i \in Goal, eg_n \subset EntityGoal, e_k \in Entity, ag_m \in Agent \end{aligned} \quad (29)$$



$$\begin{aligned} & \text{violationCondition}(ag_m, g_i, c_k) \wedge \\ & \quad \text{hasRisk}(c_k, risk_j, cs_m) \rightarrow \\ & \text{consequenceOfBadEvent}(g_i, ag_m, risk_j, cs_m) \\ & ag_m \in \text{Agent}, g_i \in \text{Goal}, c_k \in \text{Condition}, \\ & \quad risk_k \in \text{Risk}, cs_m \in \text{Consequence} \end{aligned} \tag{30}$$

$$\begin{aligned} & \text{violationRelation}(ag_m, g_i, r_k) \\ & \quad \wedge \text{hasRisk}(r_k, risk_j, cs_m) \rightarrow \\ & \text{consequenceOfBadEvent}(g_i, ag_m, risk_j, cs_m) \end{aligned} \tag{31}$$

$$\begin{aligned} & ag_m \in \text{Agent}, g_i \in \text{Goal}, r_k \in \text{Relation}, \\ & \quad risk_k \in \text{Risk}, cs_m \in \text{Consequence} \end{aligned} \tag{32}$$

$$\begin{aligned} & \text{violationRelation}(ag_m, g_i, r_k) \wedge \text{affectsOtherRelations}(r_k, r_n) \\ & \quad \rightarrow \text{possibilityHappensBadEvent}(r_n) \\ & \quad ag_m \in \text{Agent}, g_i \in \text{Goal}, r_k, r_n \in \text{Relation}, \end{aligned} \quad (33)$$

$$\begin{aligned} & possibilityHappensBadEvent(r_k) \wedge happensBadEvent(r_k) \wedge \\ & \quad hasRelation(g_i, rg_n) \wedge \\ & \quad \quad (r_k \in rg_n) \\ & \quad \wedge hasRisk(r_k, risk_j, cs_m) \wedge tryReach(ag_m, g_i) \\ & \rightarrow consequenceOfBadEvent(g_i, ag_m, risk_j, cs_m) \\ & \quad r_k \in Relation, g_i \in Goal, rg_n \subset RelationGoal, \\ & \quad \quad risk_k \in Risk, cs_m \in Consequence \end{aligned} \quad (34)$$

$$\begin{aligned} &violationEntity(ag_m, g_i, e_k) \rightarrow stopIn(g_i) \\ &ag_m \in Agent, g_i \in Goal, e_k \in Entity \end{aligned} \quad (35)$$

$$\begin{aligned} &consequenceOfBadEvent(g_k, ag_m, risk_j, cs_m) \rightarrow stopIn(g_k) \\ &g_k \in Goal, risk_j \in Risk, cs_m \in Consequence \end{aligned} \quad (36)$$

$$\begin{aligned} &\neg stopIn(g_k, agg_n) \wedge (ago_n \subset agg_n) \rightarrow isReached(g_k) \\ &g_k \in Goal, agg_n \in Agg, ago_n \in Ago \end{aligned} \quad (37)$$

$$\begin{aligned} & hasRole(ag_n, \rho_m) \wedge hasPermission(\rho_m, g_j) \wedge nextGoal(g_i, g_j) \\ & \quad \wedge isReached(g_i) \\ & \quad \rightarrow ableTryReach(ag_i, g_j) \\ & ag_i, ag_n \in Agent, \rho_m \in Role, g_j \in Goal, g_i \in Goal \end{aligned} \quad (38)$$

$$\begin{aligned} & hasRole(ag_n, \rho_m) \wedge hasPermission(\rho_m, g_i) \wedge \\ & \quad lastGoal(g_i, \rho_m) \wedge isReached(g_i) \\ & \quad \rightarrow stopIn(g_i) \\ & ag_n \in Agent, \rho_m \in Role, g_i \in Goal \end{aligned} \quad (39)$$

- Fechados:  $thereIsRelation(r_l, e_i, e_k)$ ,  $hasRole(ag_n, \rho_m)$ ,  $hasObligation(\rho_m, g_j)$ ,  $hasPermission(\rho_m, g_j)$ ,  $isReached(g_k)$ ,  $stopIn(g_n, ag_m)$ ,  $nextGoal(g_i, g_j)$ ,  $hasCondition(g_i, cg_n)$ ,  $hasEntity(g_i, eg_m)$ ,  $hasRelation(g_i, rg_m)$ ,  $violationCondition(ag_i, g_j, c_k)$ ,  $violationRelation(ag_i, g_j, r_k)$ ,  $violationEntity(ag_i, g_j, e_k)$ ,  $hasRisk(X, risk_j, cs_k)$ ,  $possibilityHappensBadEvent(r_l)$ ,  $ableTryReach(ag_i, g_j)$ ,  $affectsOtherRelations(r_k, r_n)$ ,  $consequenceOfBadEvent(g_k, ag_i, risk_k, cs_m)$  e  $lastGoal(g_i, \rho_m)$ .
- Abertos:  $isPresent(X)$ ,  $tryReach(ag_i, g_j)$  e  $happensBadEvent(r_m)$ .

# Resultados - Caso de Estudo

- 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 *hasRole*(*agente4*, *executor2*)
- ② *hasObligation*(*executor2*, *g1*)
- ③ *hasRelation*(*g1*, *rg1*)
- ④ *relPanoCorda*  $\in$  *rg1*
- ⑤  $x = \textit{agente4}$
- ⑥ *tryReach*(*agente4*, *g1*)
- ⑦ *affectsOtherRelations*(*relPanoGlicerina*, *relBastaoGarraCondutor*)
- ⑧ *affectsOtherRelations*(*relPanoGlicerina*, *relCordaEstropo*)
- ⑨ *affectsOtherRelations*(*relPanoGlicerina*, *relChaveCatracaParafuso*)
- ⑩ *affectsOtherRelations*(*relPanoGlicerina*, *relParafusoConector*)
- ⑪ *affectsOtherRelations*(*relPanoGlicerina*, *relSoqueteParafuso*)
- ⑫ *affectsOtherRelations*(*relPanoGlicerina*, *relAgente4Corda*)
- ⑬ *affectsOtherRelations*(*relPanoGlicerina*, *relEstropoCorda*)



$$\begin{aligned} & hasRelation(g1, rg1) \wedge \neg isPresent(relPanoGlicerina) \\ & \wedge (relPanoGlicerina \in rg1) \wedge tryReach(agente4, g1) \\ & \qquad \qquad \qquad \rightarrow \\ & violationRelation(agente4, g1, relPanoGlicerina) \end{aligned} \tag{40}$$

$$\begin{aligned} & violationRelation(agente4, g1, relPanoGlicerina) \\ & \wedge affectsOtherRelations(relPanoGlicerina, relBastaoGarraCondutor) \\ & \qquad \qquad \qquad \rightarrow \\ & possibilityHappensBadEvent(relBastaoGarraCondutor) \end{aligned} \tag{41}$$

- ① *hasRole*(*agente2*, *executor1*)
- ② *hasRole*(*agente3*, *executor1*)
- ③ *hasRole*(*agente4*, *executor2*)
- ④ *hasObligation*(*executor1*, *g1*)
- ⑤ *hasObligation*(*executor2*, *g1*)
- ⑥ *tryReach*(*agente2*, *g1*)
- ⑦ *tryReach*(*agente3*, *g1*)
- ⑧ *tryReach*(*agente4*, *g1*)
- ⑨ *hasEntity*(*g1*, *eg1*)
- ⑩ *pano*  $\in$  *eg1*
- ⑪  $\neg isPresent(pano)$

$$\begin{aligned} & hasEntity(g1, eg1) \\ & \wedge \neg isPresent(pano) \\ & \wedge (pano \in eg1) \wedge tryReach(agente2, g1) \rightarrow \\ & \quad violationEntity(agent2, g1, pano) \end{aligned} \tag{42}$$

$$\begin{aligned} & hasEntity(g1, eg1) \\ & \wedge \neg isPresent(pano) \\ & \wedge (pano \in eg1) \wedge tryReach(agente3, g1) \rightarrow \\ & \quad violationEntity(agente3, g1, pano) \end{aligned} \tag{43}$$

$$\begin{aligned} & hasEntity(g1, eg1) \\ & \wedge \neg isPresent(pano) \\ & \wedge (pano \in eg1) \wedge tryReach(agente4, g1) \rightarrow \\ & \quad violationEntity(agente4, g1, pano) \end{aligned} \tag{44}$$

$$violationEntity(agente4, g1, pano) \rightarrow stopIn(g1) \tag{45}$$

- ① *hasRole*(*agente5*, *executor3*)
- ② *hasObligation*(*executor3*, *g11*)
- ③ *tryReach*(*agente5*, *g11*)
- ④ *hasCondition*(*g11*, *cg1*)
- ⑤ *umidade70*  $\in$  *cg1*
- ⑥  $\neg isPresent(umidade70)$
- ⑦ *hasRisk*(*umidade70*, *eletrocutado*, *morte*)

$$\begin{aligned} & hasCondition(g11, cg1) \\ & \wedge \neg isPresent(umidade70) \\ & \wedge umidade70 \in cg1 \\ & \wedge tryReach(agente5, g11) \rightarrow \\ & violationCondition(agente5, g11, umidade70) \end{aligned} \quad (46)$$

$$\begin{aligned} & violationCondition(agente5, g11, umidade70) \\ & \wedge hasRisk(umidade70, eletrocutado, morte) \rightarrow \\ & consequenceOfBadEvent(g11, agente5, eletrocutado, morte) \end{aligned} \quad (47)$$

$$\begin{aligned} & consequenceOfBadEvent(g11, agente5, eletrocutado, morte) \\ & \rightarrow stopIn(g11) \end{aligned} \quad (48)$$

- ① *hasRole*(*agente4*, *executor2*)
- ② *hasObligation*(*executor4*, *g15*)
- ③ *tryReach*(*agente4*, *g15*)
- ④ *hasRelation*(*g15*, *rg15*)
- ⑤ *relChaveCatracaParafuso*  $\in$  *rg15*
- ⑥  $\neg isPresent(relChaveCatracaParafuso)$
- ⑦ *hasRisk*(*relChaveCatracaParafuso*, *eletrocutado*, *morte*)

$$\begin{aligned} & hasRelation(g15, rg15) \wedge \neg isPresent(relChaveCatracaParafuso) \\ & \quad \wedge (relChaveCatracaParafuso \in rg15) \\ & \quad \wedge tryReach(agente4, g15) \\ & \quad \rightarrow \\ & \quad violationRelation(agente4, g15, relChaveCatracaParafuso) \end{aligned} \quad (49)$$

$$\begin{aligned} & violationRelation(agente4, g15, relChaveCatracaParafuso) \\ & \quad \wedge hasRisk(relChaveCatracaParafuso, eletrocutado, morte) \\ & \quad \rightarrow \\ & \quad consequenceOfBadEvent(g15, agente4, eletrocutado, morte) \end{aligned} \quad (50)$$

$$\begin{aligned} & consequenceOfBadEvent(g15, agente4, eletrocutado, morte) \\ & \quad \rightarrow stopIn(g15) \end{aligned} \quad (51)$$



# Resultados - Raciocínio 5

- 1 *relParafusoConector*  $\in$  *rg19*
- 2 *hasRelation*(*g19*, *rg19*)
- 3 *hasObligation*(*executor3*, *g19*)
- 4 *hasObligation*(*executor4*, *g19*)
- 5 *hasObligation*(*executor5*, *g19*)
- 6 *tryReach*(*agente5*, *g19*)
- 7 *tryReach*(*agente6*, *g19*)
- 8 *tryReach*(*agente7*, *g19*)
- 9 *hasRole*(*agente5*, *executor3*)
- 10 *hasRole*(*agente6*, *executor4*)
- 11 *hasRole*(*agente7*, *executor5*)
- 12 *hasRisk*(*relParafusoConector*, *eletrocutado*, *morte*)
- 13 *possibilityHappensBadEvent*(*relParafusoConector*)
- 14 *happensBadEvent*(*g19*, *relParafusoConector*)

$$\begin{aligned} & possibilityHappensBadEvent(relParafusoConector) \\ & \quad \wedge happensBadEvent(relParafusoConector) \\ & \quad \quad \wedge hasRelation(g19, rg19) \\ & \quad \quad \quad \wedge (relParafusoConector \in rg19) \\ & \quad \quad \quad \wedge hasRisk(relParafusoConector, eletrocutado, morte) \\ & \quad \quad \quad \quad \wedge tryReach(agente5, g19) \\ \rightarrow & consequenceOfBadEvent(g19, agente5, eletrocutado, morte) \end{aligned} \quad (52)$$

$$\begin{aligned} & consequenceOfBadEvent(g19, agente5, eletrocutado, morte) \\ & \quad \rightarrow stopIn(g19) \end{aligned} \quad (53)$$

- ①  $agente2 \in agg23$
- ②  $agente3 \in agg23$
- ③  $agente4 \in agg23$
- ④  $agente5 \in agg23$
- ⑤  $agente7 \in agg23$
- ⑥  $agente2 \in ago23$
- ⑦  $agente3 \in ago23$
- ⑧  $agente4 \in ago23$
- ⑨  $agente5 \in ago23$
- ⑩  $agente7 \in ago23$
- ⑪  $ago23 \subset agg23$
- ⑫  $\neg stopIn(g23, agg23)$

$$\neg stopIn(g23, agg23) \wedge (ago23 \subset agg23) \rightarrow isReached(g23) \quad (54)$$

# 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 necessário para especificar um *Sistema Multiagente*
- O critério **Artefato** condiz com elementos que correspondem ao tratado na Fundamntação 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 que está sobre o agente.
- **Risco** consiste no 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 - Expressividade

- nenhuma expressividade - o engenheiro de modelagem terá de criar uma estrutura conceitual grande e complexa.
- pouco expressivo - possui algumas estruturas pré-definidas que diminuem o esforço da especificação.
- expressivo - o modelo permite especificar o objeto de interesse sem que o engenheiro tenha de criar muitos atributos para o domínio de interesse.
- muito expressivo - o modelo apresenta diversos conceitos específicos para representar o objeto em interesse
- altamente expressivo - o modelo especifica o objetivo de interesse muito bem fazendo com que o engenheiro de conhecimento não tenha que definir nenhum critério conceitual a mais.

# Discussão - Análise Comparativa - MOISE+

<b>Crítérios</b>	<b>MOISE+</b>	<b>MODELO DESTE ESTUDO</b>
<b>Agente</b>	pouco expressivo	pouco expressivo
<b>SMA</b>	altamente expressivo	expressivo
<b>Artefato</b>	nenhuma expressividade	expressivo
<b>Norma</b>	nenhuma expressividade	altamente expressivo
<b>Violação</b>	nenhuma expressividade	altamente expressivo
<b>Sanção</b>	nenhuma expressividade	altamente expressivo
<b>Risco</b>	nenhuma expressividade	muito expressivo
<b>P.O.A.E</b>	nenhuma expressividade	altamente expressivo
<b>Objetivos</b>	muito expressivo	expressivo
<b>C.A</b>	nenhuma expressividade	muito expressivo
<b>I.AG.AR</b>	nenhuma expressividade	muito expressivo
<b>D.C.A</b>	nenhuma expressividade	muito expressivo

# Discussão - Análise Comparativa - DASTANI

<b>Crítérios</b>	<b>DASTANI</b>	<b>MODELO DESTE ESTUDO</b>
<b>Agente</b>	pouco expressivo	pouco expressivo
<b>SMA</b>	pouco expressivo	expressivo
<b>Artefato</b>	pouco expressivo	expressivo
<b>Norma</b>	altamente expressivo	altamente expressivo
<b>Violação</b>	altamente expressivo	altamente expressivo
<b>Sanção</b>	altamente expressivo	altamente expressivo
<b>Risco</b>	pouco expressivo	muito expressivo
<b>P.O.A.E</b>	pouco expressivo	altamente expressivo
<b>Objetivos</b>	pouco expressivo	expressivo
<b>C.A</b>	pouco expressivo	muito expressivo
<b>I.AG.AR</b>	pouco expressivo	muito expressivo
<b>D.C.A</b>	pouco expressivo	muito expressivo



**Definição 1.** *Um norma é definida por meio de uma tupla*

$$N = \langle \mu, \kappa, \chi, \tau, \rho \rangle$$

- $\mu \in \{\textit{obligation}, \textit{prohibition}\}$  representa as modalidades de norma.
- $\kappa \in \{\textit{action}, \textit{state}\}$  representa o tipo de *trigger* da condição.
- $\chi$  representa o conjunto de estados em que uma norma se aplica.
- $\tau$  representa a norma da condição de *trigger*
- $\rho$  representa a sanção aplicava pela violação do agente.

A definição 1 pode ser compreendida sobre o seguinte exemplo;

*Todos os imigrantes que possuem passaporte válido, devem ser aceitos. A falha resulta na perda de 5 créditos.*

Dentro da definição 1, o exemplo fica;

$$\langle \textit{obligation}, \textit{action}, \textit{valid}(\textit{Passport}), \textit{accept}(\textit{Passport}), \textit{loss}(5) \rangle \quad (55)$$

$$\langle \textit{obligation}, \textit{action}, \textit{valid}(\textit{Passport}), \textit{accept}(\textit{Passport}), \textit{loss}(5) \rangle \quad (56)$$

**Definição 2.** *Um Registro de Ação é definido por meio de uma tupla  $R = \langle \gamma, \alpha, \beta \rangle$*

- $\gamma$  representa o agente executando uma ação;
- $\alpha$  representa a ação sendo executada pelo agente  $\gamma$
- $\beta$  representa os estados internos do agente  $\gamma$  no momento da execução.

Para demonstrar como se dá o uso dessa definição pode-se considerar a seguinte sentença;

*O oficial John aprovou passport 3225. O passaporte 3225 é definido como validado.*

Nessa sentença, *John* é o agente dado por  $\gamma$ , o ato de aprovar o passaporte é o  $\alpha$  que pode ser definido pelo predicado por *approve*(3225) e o estado de ser validado por ser dado pelo predicado *valid*(3225).

Usando a **Definição 2**, isso poder ser especificado da seguinte maneira;

$$\langle John, approve(3225), valid(3225) \rangle \quad (57)$$

# Discussão - Análise Comparativa - NORMMAS

<b>Crítérios</b>	<b>NORMMAS</b>	<b>MODELO DESTE ESTUDO</b>
<b>Agente</b>	pouco expressivo	pouco expressivo
<b>SMA</b>	pouco expressivo	expressivo
<b>Artefato</b>	pouco expressivo	expressivo
<b>Norma</b>	altamente expressivo	altamente expressivo
<b>Violação</b>	altamente expressivo	altamente expressivo
<b>Sanção</b>	altamente expressivo	altamente expressivo
<b>Risco</b>	pouco expressivo	muito expressivo
<b>P.O.A.E</b>	pouco expressivo	altamente expressivo
<b>Objetivos</b>	pouco expressivo	expressivo
<b>C.A</b>	pouco expressivo	muito expressivo
<b>I.AG.AR</b>	pouco expressivo	muito expressivo
<b>D.C.A</b>	pouco expressivo	muito expressivo

- V3S é um modelo com a finalidade de gerar ambientes para desenvolver treinamentos complexos em ambiente de realidade virtual visando atividades de risco e de emergência.
- *Domain Model, Activity Model e Risk Model*

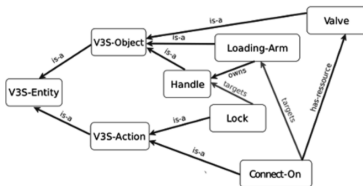


Figura: Ontologia que descreve *Domain Model* no model V3S [?]

- Activity Mode; Possui uma linguagem para descrever atividades denominada por; álgebra de Allen's
- *ACTIVITY-DL* incorpora os conceitos de BCTUs e BATUs
- Risk Model: Faz uso do projeto MELISSA (combinação entre análise quantitativa com análise qualitativa).
- MELISSA representa os cenário de acidente por meio do gráfico *Bowtie*
- *V3S* trabalha com o conceito de personagens virtuais que são representados usando *framework* MASVERP.
- *HERA*, por intermédio de regras baseadas em modelos pedagógicos, fornece o respaldo ao instrutor.

<b>Crítérios</b>	<b>V3S</b>	<b>MODELO DESTE ESTUDO</b>
<b>Agente</b>	muito expressivo	pouco expressivo
<b>SMA</b>	expressivo	expressivo
<b>Artefato</b>	expressivo	expressivo
<b>Norma</b>	pouco expressivo	altamente expressivo
<b>Violação</b>	pouco expressivo	altamente expressivo
<b>Sanção</b>	pouco expressivo	altamente expressivo
<b>Risco</b>	altamente expressivo	muito expressivo
<b>P.O.A.E</b>	pouco expressivo	altamente expressivo
<b>Objetivos</b>	muito expressivo	expressivo
<b>C.A</b>	pouco expressivo	muito expressivo
<b>I.AG.AR</b>	pouco expressivo	muito expressivo
<b>D.C.A</b>	altamente expressivo	muito expressivo

# 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.
- A compreensão da atividade propriamente dita não foi uma tarefa fácil e exigiu grande esforço dos pesquisadores
- 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.

- A primeira fase consistiu em descrever a manutenção em termos de objetivos que as vezes são organizados em série e as vezes em paralelo
- Um ponto complicado de se verificar nesse estudo se deve ao fato de que os profissionais não precisam executar os objetivos na estrutura em que o modelo foi apresentado.
- Há um número finito e relativamente pequeno sobre como esses objetivos podem ser organizados e isso ameniza a falta de previsibilidade de como a manutenção será realizada.
- Solução para essa questão; 1 - Engenheiro de Manutenção organiza os objetivos de todas formas possíveis, 2 - Definir todas as relações possíveis que o predicado  $nextGoal(g_i, g_j)$  permite em uma única estrutura.



# Discussão - Consistência dos Resultados - Conceitos

- "Papel" foi adequado para especificar a função dos agentes.
- "Artefact" foi adequado para especificar todas as ferramentas e equipamentos.
- Sem "Condition" seria impossível determinar como o meio interfere na manutenção.
- A modelagem trabalhou apenas sobre o risco de ser eletrocutado com uma única consequência que é de morte. Apesar de na prática não ser a única, é a principal e gera maior preocupação. Além disso, essa questão não corrobora negativamente para as demonstrações.
- O mapeamento de todas as relações que podem ser concebidas entre as entidades (sempre duas) foi interessante porque permitiu descrever a manutenção com muita riqueza de detalhes. Contudo o processo também foi custoso, pois exige muito tempo e esforço em mapear cada relação.

- *affectsOtherRelations*( $r_k, r_n$ ) - abstraiu muito as relações de causalidade, contudo permitiu conceber um modelo que considera esse tipo de situação.
- Esse estudo mostrou que permitir a especificação do predicado *hasEntity*( $g_i, eg_j$ ) e do predicado *hasRelation*( $g_i, rg_j$ ) pode levar o modelador a contradições;
- Ex; um objetivo  $g_1$  é constituído por  $e_1, e_2, e_3$  e é formado pelas relações *therelsRelation*( $r_{12}, e_1, e_2$ ) e *therelsRelation*( $r_{23}, e_2, e_3$ ),  $rg_1 = \{r_{12}, r_{23}\}$  e  $eg_1 = \{e_1, e_2\}$ , *hasEntity*( $g_1, eg_1$ ) e *hasRelation*( $g_1, rg_1$ )  $rg_{23}$ .
- Esse problema pode ser resolvido por desconsiderar o predicado *hasEntity*( $g_n, eg_m$ ) tendo em vista que um simples raciocínio usando *hasRelation*( $g_n, rg_m$ ),  $r_k \in rg_m$  e *therelsRelation*( $r_k, e_a, e_b$ ).

- O Raciocínio 1 foi realmente apropriado para descrever como se dá na prática quando alguém esquece de executar uma relação. Por conta disso os pesquisadores entendem que esse raciocínio é um fator relevante para cumprir em partes com os objetivos 2 (pois considerar o erro do agente) em partes com objetivo 3 e 5 (pois é essencial para compreender quais são as relações com possibilidade de acidentes).
- O Raciocínio 2 corresponde a realidade onde a ausência de um pano realmente impede o prosseguimento da manutenção. Contudo, cenário que não foi explorado por esse modelo consiste na adaptação de objetos como ferramentas. Apesar disso, o raciocínio foi eficaz em representar o cenário realístico e conservador. Portanto esse raciocínio cumpre com os objetivos 2 (pois considera norma, violação e sanção) e cumpre, em partes, com objetivo 4.

- O Raciocínio 3 exibe um cenário de mundo real, uma vez que não respeito as condições ambientais pode acarregar consequências trágicas. Contudo, não aborda a possibilidade do profissional cometer esse tipo de violação e não sofrer as penalidades. Uma maneira de corrigir isso consiste considerar o uso do predicado *possibilityHappensBadEvent( $r_l$ )*. Por outro lado, dessa maneira o modelo retrata sempre o pior cenário. Por conta disso, esse raciocínio cumpre com objetivo 4;
- O raciocínio 4 retrata um cenário factual do profissional manipular a ferramenta de forma inapropriada. Porém, assim como no raciocínio 3, não considera a possibilidade do agente cometer algum equívoco sem se ferir gravemente. Ainda sim, retrata um cenário factível e conservador. Tendo em vista isso, esse raciocínio cumpre com objetivo 2 e em partes com objetivo 4.

- O raciocínio 5 descreve um cenário onde, por um erro ocorrido no raciocínio 1, outros profissionais sofrem consequências negativas. Esse raciocínio corresponde a realidade dos fatos para essa especificação. Em conjunto com o raciocínio 1, cumpre com os objetivos 3 e 5.
- Todos os raciocínios consideram elementos de uma SMA, cumprindo com o objetivo 1.

- Foi possível chegar em um modelo que está de acordo com os objetivos dessa pesquisa e que aborda essa problemática de forma diferente dos modelos atuais.
- O cenário foi especificado com sucesso e todos os raciocínios representaram cenários reais. Contudo não foram suficientes para representar todos os cenários possíveis.
- Criar estruturas dentro dessa representação que possam tratar desses outros cenários.
- Trabalhar com a idéia de probabilidade em vez de possibilidade.