

1. Objetivo

O modelo proposto tem como finalidade representar atividades onde um grupo de pessoas devem atuar de forma colaborativa com o propósito de resolver um problema. Esse problema pode ser dividido em etapas menores conhecidas como objetivos. Essas pessoas podem se relacionar entre si, podem se relacionar com os artefatos presentes no meio onde elas atuam. Os artefatos também possuem a capacidade de se relacionar. Cada objetivo é concluído apenas se um ou mais relacionamentos forem realizados. A conclusão do objetivo também é função de certos agentes e artefatos que devem ser presentes.

Outra finalidade do modelo consiste em representar condições que devem ser mantidas ao longo da atividade, se essas condições forem desfeitas - a atividade deve ser encerrada de imediato, caso contrário as pessoas envolvidas nesta manutenção estarão submetidas a risco de morte. Dentro desta abordagem, alguém designado para cumprir com alguma atividade pode cometer erros. Esse modelo tem como finalidade lidar com os seguintes tipos de erro: executar uma ação quando não há condições apropriadas para isso, manipular artefatos de maneira inapropriada ou inadvertida e escolher os artefatos inapropriados para cumprir com uma determinada atividade.

O modelo deve ser capaz de representar as consequências desses erros. Esse modelo está preocupado em representar dois tipos de consequências, essas são: 1 - imediatas que acontece sobre o indivíduo errante, 2 - a consequência manifesta em outro objetivo sobre o mesmo ou outro indivíduo pertencente ao grupo. Essas consequências são efeitos físicos negativos que alguém vêem a sofrer. A intensidade dessas consequências variam desde uma leve lesão a morte.

Outro aspecto deste modelo consiste representar objetivos cujo sucesso advem de certa característica aleatória presente na natureza da atividade. Essa característica aleatória consiste em um evento que possuem uma certa possibilidade de acontecer. Se esse evento acontecer, alguém sofre consequências ruins por conta disto. O modelo deve considerar relações entre erros onde as consequências se manifestam de forma indireta com eventos aleatórios.

2. Exemplo - Estudo de Caso

Sete profissionais de linha viva (profissionais que realizam manutenção em equipamentos elétricos energizados) são designados com o propósito de realizar a substituição de um isolador de pedestal. Os papéis desses profissionais são; 1 supervisor, 5 executores. A manutenção deve ser executada apenas sobre as seguintes condições: céu ensolarado e umidade relativa do ar menor que 70 por cento. Todos os profissionais devem possuir os EPIS necessários: capacete, óculos de sol, roupa isolante e anti-chamas, luvas isolantes e botas isolantes. Os profissionais que entrarão no potencial deverão estar vestidos de roupa condutiva e cabo guarda. As ferramentas necessárias para resolver esse problema são: 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, localizador de pino, bastão com soquete multiangular. A substituição do isolador de pedestal pode ser escrita nos seguintes subobjetivos:

1. Limpar, secar e testar corda.
2. Instalar Bastão Garra na estrutura com o pedestal a ser substituído.

3. Instalar sela com colar na estrutura
4. Amarrar o bastão na parte superior da estrutura com a corda.
5. Amarrar o olhal do bastão ao cavalo da sela atrás de uma corda.
6. Instalar um segundo conjunto bastão e sela no lado oposto da estrutura.
7. Enforcar um estropo de Náilon no corpo do isolador.
8. Colocar a extremidade do estropo no gancho da corda de serviço.
9. Afrouxar os parafusos do conector que prendem a barra ao isolador.
10. Terminar de retirar os parafusos com o bastão com o soquete multiangular.
11. Elevar a barra através da corda que une a sela ao bastão.
12. Apertar o colar através da porca borboleta.
13. Segurar firmemente a corda de serviço.
14. Sacar parafusos da base da coluna.
15. Baixar o isolador ao solo
16. Içar o Isolador
17. Colocar Parafusos na base da coluna.
18. Baixar a barra para que a mesma apóie no novo isolador.
19. Colocar os parafusos do conector que prende a barra ao novo isolador.
20. Retirar Equipamentos

3. Modelo

3.1. Definição dos Conjuntos

1. $Entity = \{e_1, \dots, e_n\}$ - conjunto de todas as Entidades.
2. $Agent = \{ag_1, \dots, ag_n\}$ - conjunto dos Agentes.
3. $Artefact = \{at_1, \dots, at_n\}$ - conjunto dos Artefatos.
4. $EntityGoal = eg = \{e_n, \dots, e_m\}$ - conjunto das Entidades que devem estar presentes para concluir um determinado objetivo g_i .
5. $Relation = \{r_1, \dots, r_n\}$ - conjunto dos Relacionamentos.
6. $RelationGoal = rg = \{r_n, \dots, r_m\}$ - conjunto dos Relacionamentos que devem estar presentes para concluir um único objetivo g_i .
7. $Role = \{\rho_1, \dots, \rho_n\}$ - conjunto dos Papeis.
8. $Goal = \{g_1, \dots, g_n\}$ - conjunto dos Objetivos.
9. $GoalRandomic = \{gr_1, \dots, gr_n\}$ - conjunto dos Objetivos Randomicos.
10. $GoalPrerequisite = gp = \{g_n, \dots, g_m\}$ - conjunto de Objetivos que são pré-requisitos para alcançar um outro objetivo.
11. $Condition = \{c_1, \dots, c_n\}$ - conjunto das Condições que devem ser mantidas ao longo da execução de todos os objetivos.
12. $ConditionToGoal = cg = \{c_n, \dots, c_m\}$ - conjunto de condições que devem ser mantidas para concluir um único objetivo g_i .
13. $Risk = \{risk_1, \dots, risk_n\}$ - conjunto dos Riscos na ocorrência de Eventos Ruins.
14. $Possibility = \{p_1, \dots, p_n\}$ - conjunto das possibilidades de Eventos Ruins.
15. $Fatality = \{f_1, \dots, f_n\}$ - conjunto das fatalidades que acontecem na existência de um evento ruim.
16. $agg = \{ag_n, \dots, ag_m\}$ - agentes que atingiram um determinado objetivo.
17. $ago = \{ag_n, \dots, ag_m\}$ - agentes que atingiram um determinado objetivo e eram obrigados a isso.

3.2. Definição das Relações Entre os Conjuntos

1. $Entity \equiv Agent \cup Artefact$
2. $Agent$ e $Artefact$ são disjuntos.
3. $GoalRadomic \subset Goal$
4. $\{agg_1, \dots, agg_n\} \subset Agent$
5. $\{gp_1, \dots, gp_n\} \subset Goal$
6. $\{cg_1, \dots, cg_n\} \subset Condition$
7. $\{eg_1, \dots, eg_n\} \subset Entity$
8. $\{rg_1, \dots, rg_n\} \subset Relation$

3.3. Definição dos Predicados

1. $relationHas(r_i, e_i, e_k)$ onde $i \neq j$ - Um determinado relacionamento r_i é composto por uma entidade e_i e e_k onde e_i não pode ser igual a e_j .
2. $hasRole(ag_n, \rho_m)$ - Um determinado agente ag_n tem um determinado papel ρ_m .
3. $hasObligation(\rho_m, g_j)$ - Quem assume o papel ρ_m é obrigado a concluir o objetivo g_j .
4. $hasPermission(\rho_m, g_j)$ - Quem assume o papel ρ_m tem a permissão de concluir o objetivo g_j .
5. $isReached(g_k)$ - O objetivo g_k foi alcançado.
6. $stopIn(g_n, agg_m)$ - O objetivo não foi encerrado para todos os agentes que tiveram de executar.
7. $stopIn(g_n)$ - A atividade como um todo teve de ser finalizada em g_n .
8. $isPreRequisite(gp_i, g_j)$ - Os objetivos g pertencentes ao grupo gp_i devem ser concluídos para que haja condição de executar g .
9. $hasCondition(g_i, cg_n)$ - Um objetivo do tipo g_i possui certas condições c que deve estar presentes e devem se manter durante toda execução deste objetivo. Essas condições c devem estar conditdas em cg_n .
10. $hasEntity(g_i, eg_m)$ - Um objetivo g_i tem um conjunto de entidades eg_m onde todas as entidades presentes neste conjunto devem estar presentes no momento da execução desse objetivo.
11. $hasRelation(g_i, rg_n)$ - Um objetivo g_i tem um conjunto de relacionamentos rg_n onde todos esses relacionamentos devem ser feito para que este objetivo seja concluído.
12. $isPresent(X)$, $X = cg_n, c_k, rg_k, r_k, eg_k, e_k$ - Define se X está presente no instante em análise, sendo que X pode ser $cg_n, c_k, rg_k, r_k, eg_k, e_k$.
13. $tryReach(ag_i, g_j)$ - Um determinado agente ag_i tenta alcançar o objetivo g_j . Para o agente tentar alcançar um dado objetivo, o papel dele ao menos deve ter permissão para isso.
14. $violationCondition(ag_i, g_j, c_k)$ - Um determinado agente ag_i comete uma violação de condição no objetivo g_j sobre a condição c_k .
15. $violationRelation(ag_i, g_j, r_k)$ - O agente ag_i comete uma violação de Relacionamento no objetivo g_j por não realizar o relacionamento r_k .
16. $violationEntity(ag_i, g_j, e_k)$ - O agente ag_i comete uma violação de Entidade no objetivo g_j por tentar alcançar esse objetivo sem ter a entidade e_k presente.
17. $hasRisk(c_k, risk_j, f_m)$ - A condição c_k está associada a um risco $risk_k$ com uma certa fatalidade f_m .

18. $hasRisk(r_k, risk_j, f_m)$ - O relacionamento r_k está associado a um risco $risk_k$ com uma certa fatalidade f_m .
19. $consequenceOfBadEvent(g_k, ag_i, risk_j, f_m)$ - Agente ag sofre as consequências do risco $risk_j$ com a fatalidade f_m
20. $hasPossibility(r_l, p_m)$ - Possibilidade p_m do evento r_l gerar alguma consequência ruim. A possibilidade p_m pode assumir apenas dois valores; $true, false$.
21. $affects(r_k, r_n)$ - Se uma relação r_k não for feito, ou se essa relação for mal feita, então ela afeta negativamente alguma outra relação r_n com a possibilidade de algo errado inicialmente dado por $false$ ser mudado para $true$.
22. $happensBadEvent(gr_n, r_m, ag_k)$ - O evento ruim de g_r acontece em relação a um relacionamento necessário sobre um agente ag_k .

3.4. Definição das Relações de Implicabilidade

Todo agente que é obrigado a alcançar um determinado objetivo deve ter a permissão para realizar essa ação.

$$hasObligation(\rho_m, g_j) \rightarrow hasPermission(\rho_m, g_j) \quad (1)$$

Um agente que tenta alcançar um objetivo sem que pelo menos uma das condições necessárias para isso esteja presente, comete uma violação conhecida como violação de condição.

$$\begin{aligned} hasCondition(g_i, cg_n) \wedge \neg isPresent(c_k) \wedge (c_k \in cg_n) \wedge tryReach(ag_m, g_i) \rightarrow \\ violationCondition(ag_m, g_j, c_k) \wedge \\ hasCondition(g_i, cg_n) \wedge isPresent(cg_n) \wedge tryReach(ag_m, g_i) \rightarrow \\ \neg violationCondition(ag_m, g_j, c_k) \end{aligned} \quad (2)$$

Se um agente não executa, ou não tem condições de executar, um dado relacionamento r_k necessário para concluir o objetivo, então o agente cometeu uma violação de relacionamento. Contudo, se o agente alcançar o objetivo, então a não violação acontece.

$$\begin{aligned} hasRelation(g_i, rg_n) \wedge \neg isPresent(r_k) \\ \wedge (r_k \in rg_n) \wedge tryReach(ag_m, g_i) \rightarrow violationRelation(ag_m, g_i, r_k) \\ \wedge \\ hasRelation(g_i, rg_n) \wedge isPresent(rg_n) \\ \wedge tryReach(ag_m, g_i) \rightarrow \neg violationRelation(ag_m, g_i, r_k) \end{aligned} \quad (3)$$

Se ao tentar alcançar um determinado objetivo pelo menos uma das entidades necessárias para isso está ausente, então acontece um uma violação de entidade. Contudo, se todas as entidades estiverem presente, então a violação não acontece.

$$\begin{aligned} hasEntity(g_i, eg_n) \wedge \neg isPresent(e_k) \wedge (e_k \in eg_n) \wedge tryReach(ag_m, g_i) \rightarrow \\ violationEntity(ag_m, g_i, e_k) \\ hasEntity(g_i, eg_n) \wedge isPresent(eg_n) \wedge tryReach(ag_m, g_i) \rightarrow \\ \neg violationEntity(ag_m, g_i, e_k) \end{aligned} \quad (4)$$

Uma violação de condição tem como consequências a ocorrência do risco (sobre o agente que cometeu a violação) relacionado a condição que não estava presente. Esse risco pode apresentar diferentes graus de fatalidade.

$$\begin{aligned} & violationCondition(ag_m, g_i, c_k) \wedge hasRisk(c_k, risk_j, f_m) \rightarrow \\ & consequenceOfBadEvent(g_i, ag_m, risk_j, f_m) \end{aligned} \quad (5)$$

Uma violação de relacionamento tem como consequência a ocorrência do risco (sobre o agente que cometeu a violação) relacionado ao relacionamento que não foi feito. Esse risco pode apresentar diferentes graus de fatalidade.

$$\begin{aligned} & violationRelation(ag_m, g_i, r_k) \wedge hasRisk(r_k, risk_j, f_m) \rightarrow \\ & consequenceOfBadEvent(g_i, ag_m, risk_j, f_m) \end{aligned} \quad (6)$$

Uma violação de relacionamento tem como consequência o aumento da possibilidade de acontecer algo de errado em objetivos que podem ser afetados por características aleatórias. Assim sendo, esse outro objetivo tem uma nova possibilidade de dar errado que é necessariamente maior a possibilidade antiga.

$$\begin{aligned} & violationRelation(ag_m, g_i, r_k) \wedge affects(r_k, r_n) \wedge hasPossibility(r_n, false) \rightarrow \\ & hasPossibility(r_n, true) \end{aligned} \quad (7)$$

Uma violação de entidade gera a interrupção imediata da atividade no objetivo de ocorrência.

$$violationEntity(ag_m, g_i, e_k) \rightarrow stopIn(g_i) \quad (8)$$

Em um objetivo onde existe uma certa possibilidade de dar errado, essa possibilidade é vinculada aos relacionamentos que devem ser feitos para concluir este objetivo. Assim sendo, um determinado agente sofrerá as consequências ruins pela ocorrência do evento.

$$\begin{aligned} & happensBadEvent(gr_n, r_m) \wedge hasRisk(r_k, risk_j, f_m) \wedge tryReach(ag_m, g_i) \\ & \rightarrow consequenceOfBadEvent(gr_n, ag_m, risk_j, f_m) \end{aligned} \quad (9)$$

A ocorrência de um evento ruim gera imediata interrupção das atividades.

$$consequenceOfBadEvent(g_k, ag_m, risk_j, f_m) \rightarrow stopIn(g_k) \quad (10)$$

Se o objetivo não é encerrado para todos os agentes que tentam executar (onde parte desses agentes são todos aqueles que são obrigados a alcançar o objetivo), então o objetivo foi alcançado.

$$\neg stopIn(g_k, agg_n) \wedge (ago_n \subset agg_n) \rightarrow isReached(g_k) \quad (11)$$

3.5. Definindo Conceitos de Norma, Violação e de Sanção

Sistemas multiagentes normativas não podem ser descritos sem considerar três conceitos importantes; norma, violação e sanção.

1. **Norma:** Usado para determinar o comportamento dos agentes.
2. **Violação:** Ocorre quando o agente realiza algo que é proibido.
3. **Sanção:** Consequências punitivas que acontecem ao agente ao realizar algo proibido.

Essas definições são usadas em diversos estudos na área de sistemas multiagentes [Dastani et al. 2009], [Boissier 2011], [Barot et al. 2013], [López y López and Luck 2004] e [von Wright 1969]. Nesse estudo, a violação é tratada nos predicados $violationCondition(ag_i, g_j, c_k)$, $violationRelation(ag_i, g_j, r_k)$ e $violationEntity(ag_i, g_j, e_k)$. Esses predicados levam em consideração o domínio do problema deste estudo bem como o que é tido por violação dentro do contexto acadêmico, pois são eventos que acontecem mediante violação de uma norma. As relações 2, 3, 4 não determinam apenas a violação, mas também definem qual é o comportamento normativo adequado, uma vez que deixam evidentes qual dever ser o comportamento do agente para que a violação associada seja considerada falsa. As relações 5, 6 são sanções. Isso, pois definem consequências negativas aos agentes tendo em vista a ocorrência da violação. A relação de implicabilidade 20 não é uma sanção, pois define consequências ruins para outros agentes.

3.6. Justificando a Existência das Relações de Implicabilidade

3.6.1. Relação 1

A relação 1 existe com base em estudos sobre lógica deontica (definir o estudo) onde um indivíduo só pode ser obrigado a fazer algo se esse indivíduo tiver permissão para isso. Caso contrário, há uma contradição em relação a semântica dos predicados, pois é dado como absurdo alguém ser obrigado a fazer algo sem ter permissão para isso.

3.6.2. Relação 2

Representar condições que devem ser mantidas ao longo de toda a execução da atividade bem como as consequências de praticar uma determinada atividade dado a ausência de pelo menos uma das condições é um aspecto sobre o qual este modelo se propõem a representar. Para definir a ocorrência da violação se faz necessário saber quais são as condições vinculadas ao objetivo, pois caso contrário não é possível identificar quais condições devem ser mantidas ao longo da tentativa de se alcançar um objetivo e, por consequência, qualquer afirmação feita sobre essas condições não possui uma sustentação lógica rigorosa. A consideração dessas relações acontece por meio predicado $hasCondition(g_i, cg_n)$.

Outro aspecto relevante consiste saber se a condição necessária para tentar alcançar o objetivo não está presente durante a tentativa. Se isso não for feito, não é possível saber se a condição está presente durante a tentativa de alcançar o objetivo e qualquer afirmação derivada das condições não apresenta sustentação lógica. Isso é

feito por intermédio do predicado $isPresent(c_k)$. Ao saber que é verdade o negado de $isPresent(c_k)$, é possível saber que a condição c_k não está presente. Ainda sim, definir em uma única expressão o predicado $hasCondition(g_i, cg_n)$ e o predicado $isPresent(c_k)$ não é o suficiente, pois cg_n é um conjunto e c_k é um elemento que pode ou não pertencer ao conjunto cg_n . Assim sendo, isso deve ser levado em consideração por agregar a seguinte relação a expressão: $c_k \in cg_n$.

Os predicados considerados até o momento são necessários, porém não são suficientes. Isso, pois apenas com eles não é possível definir qual é a situação do agente em relação ao objetivo. Por exemplo, é possível considerar um cenário onde pelo menos uma das condições necessárias para atingir o objetivo não está presente. Contudo, não é razoável, considerando o conceito de violação de condição empregado neste estudo, afirmar que o agente cometeu uma violação de condição sobre esse cenário sendo que não há informação sobre a situação da tentativa do agente alcançar o objetivo. Assim sendo, se o agente tentar alcançar o objetivo mesmo com pelo menos uma condição inexistente, então esse agente cometeu uma violação de condição, contudo se o agente não tenta alcançar o objetivo em análise então ele não cometeu violação alguma. Então, a informação no que diz respeito ao agente deve ser considerada nessa relação de implicabilidade e isso acontece por meio do predicado $tryReach(ag_m, g_i)$.

Para definir a ausência de violação, todas as condições devem estar presentes. Para representar isso, a relação 2 exibe uma segunda relação de implicabilidade que considera o negado de uma violação de condição dada a presença de todas as condições necessárias para o objetivo.

3.6.3. Relação 3

Para levar em consideração violações sobre se o agente sabe ou não manipular algum tipo de relação, se faz necessário buscar por relações de implicabilidade que verificam as seguintes circunstâncias: relações que devem ser feitas para que um determinado objetivo possa ser atingido $hasRelation(g_i, rg)$, se a relação em análise é uma relação que pertence a todas as relações necessárias para findar esse objetivo $r_k \in rg_g$, verificar se a relação em análise está presente quando o agente realiza a atividade $isPresent(r_k)$ e levar em consideração o ato do agente tentar executar a atividade $tryReach(ag_m, g_i)$. A violação acontece quando, na reunião de todas essas circunstâncias, uma das relações não se faz presente $\neg isPresent(r_k)$. Para essa situação, $violationRelation(ag_m, g_i, r_k)$ tem que ser verdadeiro. Se todas as relações rg_n estão presentes, então a violação de relação não acontece e isso é formalizado por meio da segunda relação de implicabilidade presente na 3.

Considerando que uma violação de relacionamento acontece quando um agente tenta alcançar um objetivo sem realizar um ou mais dos relacionamentos necessários para que esse objetivo seja satisfeito com sucesso, é possível demonstrar a necessidade das circunstâncias presentes na relação de implicabilidade deste modelo por analisar o que acontece na ausência de cada uma delas. Seguindo por essa linha, supondo uma situação onde não se verifica as relações relevantes para um objetivo, logo não é possível dizer se a ausência de uma violação em específico é relevante para o objetivo em análise. Assim sendo, não é possível afirmar quando acontece uma determinada violação.

Supondo uma situação onde não se verifica as relações que foram concluídas durante o ato da manutenção. Neste cenário é possível saber quais relações são necessárias para alcançar um determinado objetivo, mas deste conjunto não é possível definir qual dessas relações foram alcançadas. Se não se sabe afirmar qual das relações um agente conseguiu realizar, não se sabe qual dessas relações um agente deixou de fazer. Não sabendo esta última, não se sabe se ocorreu uma violação dessa relação. Assim sendo, só é possível afirmar algo sobre a ocorrência de uma violação de relação se for possível analisar se as relações necessárias para um dado objetivo foram ou não cumpridas.

Supondo uma situação onde não se verifica se um agente tentou realizar o objetivo. Nesta situação não é possível analisar quem cometeu a violação. Além disso não é possível considerar se a presença ou a ausência das relações são relevantes ou não para alcançar o objetivo, pois não se pode localizar a ocorrência dessas relações nos momentos onde elas devem acontecer (que é quando o agente tenta alcançar o objetivo dessas relações). Além disso, desconsiderar a tentativa do agente envolve descaracterizar a ocorrência da violação uma vez que esta, por conseguinte, considera a existência de um agente durante a ocorrência de uma violação.

3.6.4. Relação 4

Para verificar violações onde um agente tenta executar um determinado procedimento sem ter todas entidades (ex. ferramentas, colegas) para isso, é necessário construir uma expressão de implicabilidade que considere quais são as entidades importantes para a execução do objetivo $hasEntity(g_i, eg_n)$, considere quais as entidades que estão presentes no ambiente durante o ato da execução $isPresent(eg_n), isPresent(e_k), e \in eg_n$ e que considere se um agente tentou alcançar o objetivo $tryReach(ag_m, g_i, e_k)$. Para situação onde está ausente uma das entidades necessárias para concluir um dado objetivo, então acontece uma violação de entidade. Contudo, para situação onde todas as entidades necessárias para alcançar um objetivo estão presentes durante a tentativa que o agente tem para isso, então a violação não acontece.

Se uma violação de entidade é definida como sendo a tentativa de um agente alcançar um determinado objetivo sem ter todas as entidades para isso, então é possível verificar a necessidade de todas as circunstâncias por analisar o que acontece na ausência delas. Supondo não ser possível verificar quais entidades são necessárias para alcançar um determinado objetivo, então não é possível afirmar quais entidades devem ser presentes durante a tentativa do agente em alcançar um determinado objetivo. Por consequência, também não é possível identificar quais entidades estão ausentes logo, neste caso é um absurdo fazer qualquer afirmação sobre presença ou ausência sobre violação por ausência de uma entidade. Supondo não ser possível afirmar se uma entidade necessária para conclusão de um determinado objetivo não está presente durante a tentativa de alcançar esse objetivo. Então, é um absurdo afirmar que aconteceu ou não aconteceu um evento no que diz respeito a ausência de uma entidade sem mesmo saber se essa entidade estava presente. Supondo não ser possível definir se um agente tentou ou não executar o objetivo. Então também não é possível saber se a entidade estava presente no momento em que deve estar presente para definir a ocorrência de uma violação, além de descaracterizar a semântica da violação de uma entidade usada por este modelo uma vez que está

considerar necessariamente a existência de um agente pela ocorrência da violação.

3.6.5. Relações 5 e 6

O propósito da relação 5 consiste representar uma sanção por cometer uma violação de condição. Uma violação dessa natureza gera consequências físicas. Essas consequências são necessariamente a ocorrência dos riscos a vida por executar a atividade sem todas as condições necessárias. Assim sendo, uma relação de implicabilidade que tem como por comprometimento representar uma sanção desta natureza deve necessariamente considerar o tipo de violação (pois assim somente assim é possível identificar quais riscos devem ser considerados) e deve considerar esses riscos. Assim sendo, o predicado $hasRisk(c_k, risk_j, f_m)$ tem como por finalidade representar as relações entre a condição faltante, a natureza do risco e o grau de fatalidade associado. O predicado $consequenceOfBadEvent(g_i, ag_m, risk_j, f_m)$ define que o evento ruim realmente aconteceu sobre esse agente.

A relação 6 se equadra na mesma natureza. Contudo, em vez de considerar uma violação de condição, a relação 6 considera violações do tipo de relacionamento. Essa relação é necessária pois visa representar as consequências negativas de não se fazer um relacionamento necessário para a manutenção.

3.6.6. Relações 20

! ** REVISAR ** !

Uma das finalidades deste modelo consiste representar o seguinte cenário: agente A comete um erro, contudo as consequências ocorrem apenas um tempo depois sobre o agente B. Esse modelo considerou a violação de relacionamento como causa deste tipo de situação pois no caso em estudo foi possível identificar certas relações que se não forem feitas não geram consequências imediatas para os profissionais envolvidos no meio, contudo alguém pode sair prejudicado depois.

Um ambiente hipotético onde um eletricitista deve medir a condutividade de um bastão universal é uma situação que pode exemplificar a aplicação desta relação. Se o eletricitista não realizar a relação entre a entidade condutivímetro com a entidade bastão universal, nenhum profissional sai prejudicado de forma imediata. Contudo, se o bastão estiver com isolamento comprometido, o agente que for manipular a ferramenta poderá ser submetido a uma corrente elétrica elevadíssima, gerando morte imediata.

Os pesquisadores optaram por representar esse tipo de situação considerando uma dada aleatoriedade ao evento. Assim sendo, o modelo trata que em um dado tipo de objetivo (conhecido por objetivo randômico) tem uma certa possibilidade de acontecer um evento ruim com o profissional que tenta alcançá-lo. Isso tem como por objetivo representar as possibilidades que é associado a eventos ruins vir a se tornar uma realidade durante a execução de um dada atividade. Assim sendo, um relacionamento que não foi feito aumenta as possibilidades desses eventos relacionados aos riscos acontecerem.

Para formalizar isso se faz necessário considerar o risco propriamente dito, se faz

necessário quais objetivos podem ser afetados dado a ausência de um relacionamento $affects(r_k, gr_n, p_n)$, se faz necessário considerar uma certa possibilidade do objetivo dar errado independente da ação dos demais agentes, algo que é feito por meio do predicado $hasPossibility(gr_n, p_m)$. Esse predicado acontece tanto antes bem como depois do \rightarrow . Contudo, depois de \rightarrow , a possibilidade possui um novo valor (advém do predicado $affects(r_k, gr_n, p_n)$), onde deve ser necessariamente maior que o anterior.

3.6.7. Relações 8

Sem a presença das entidade necessária para concluir um determinado objetivo, não é possível concluir o objetivo. Caso contrário, essa entidade não é, portanto, necessária para cumprir com objetivo. É possível considerar um cenário onde os agentes adaptam outras entidades para sanar a entidade faltante. Contudo, esse modelo não trata esse tipo de situação com a finalidade de evitar maiores complexidades. Para uma relação de implicabilidade que tem como por finalidade representar esse tipo de situação, deve necessariamente considerar a ocorrência da violação $violationEntity(ag_m, g_i, e_k)$ e representar o encerramento da atividade, feito pelo predicado $stopIn(g_i)$.

3.6.8. Relações 9

A relação 9 tem como por finalidade representar a ocorrência de um evento associado a um risco em um objetivo com possibilidades randomicas. Os eventos ruins são associados aos riscos e esses, por sua vez, são associados a relacionamentos específicos que são vinculados ao objetivo. Isso abre a necessidade de um predicado que associe esses objetivos ao risco $happensBadEvent(gr_n, r_m)$. A relação também deve considerar o risco vinculado com o relacionamento, caso contrário não é possível saber qual evento vinculado a um risco e este, por sua vez, vinculado ao relacionamento gerou uma situação ruim ao agente. Assim sendo, o predicado $hasRisk(r_k, risk_j, f_m)$ deve ser levado em consideração ao executar o procedimento de manutenção. Além disso, é necessário saber se o agente estava tentando alcançar o objetivo no instante que o evento ruim acontece, isso é feito por meio do predicado $tryReach(ag_m, g_i)$. O predicado $consequenceOfBadEvent(gr_n, ag_m, risk_j, f_m)$ demonstra que o evento realmente aconteceu e afetou o agente de certa forma com certa intensidade. Essa relação de implicabilidade representa que um evento ruim pode acontecer a um dado agente mesmo que este não tenha cometido nada de errado. Tendo como base a relação 20, a possibilidade dessa situação acontecer aumenta com base no erro de outros agentes.

3.6.9. Relações 10

O modelo considera que os agentes não continuam a trabalhar tendo em vista que um dos colegas morreu ou ficou ferido ao executar uma dada atividade. Portanto, é necessário considerar uma relação de implicabilidade onde a ocorrência um evento ruim gera interrupção das atividades profissionais.

3.6.10. Relações 11

O modelo deve considerar a condição de quando objetivo é definitivamente alcançado, caso contrário os agentes não serão capaz de cumprir com os próximos objetivos para os quais foram designados. Para construir esse critério é necessário considerar se não houve interrupção para todos os agentes que tentaram alcançar o objetivo. Isso é feito por meio do predicado $\neg stopIn(g_k, agg_n)$, em que agg_n . Não só isso como é necessário considerar se todos os agentes que são obrigados a alcançar o objetivo realmente tentaram fazer isso. Assim sendo, é necessário considerar um subconjunto de agg_n que é ago_n .

3.7. Máquina de Estados

A figura dada por 1 apresenta a estrutura do modelo em formato de diagrama de classes.

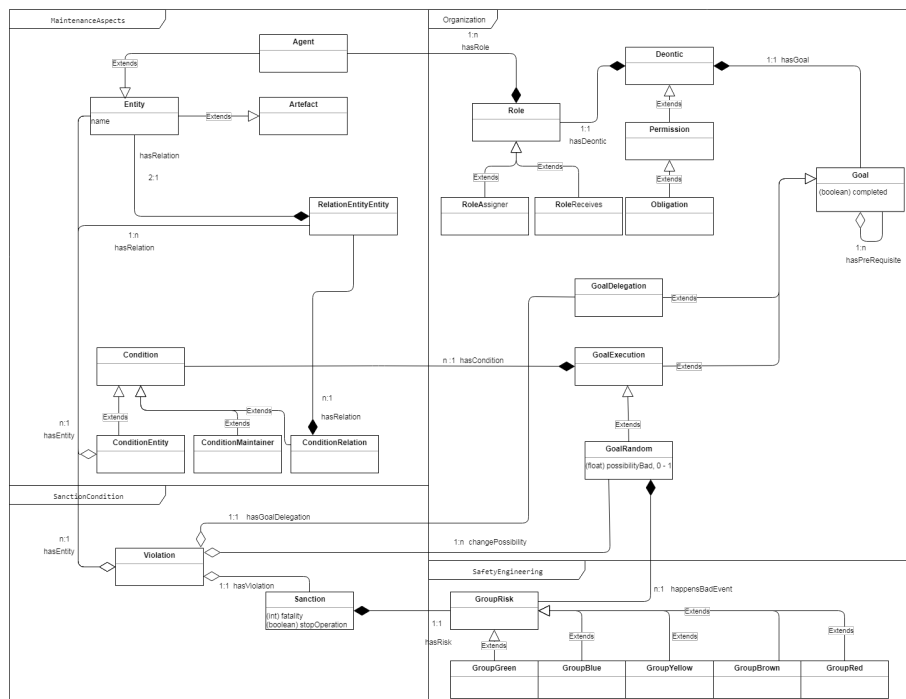


Figura 1.

A figura 2 apresenta um diagrama de estados do modelo.

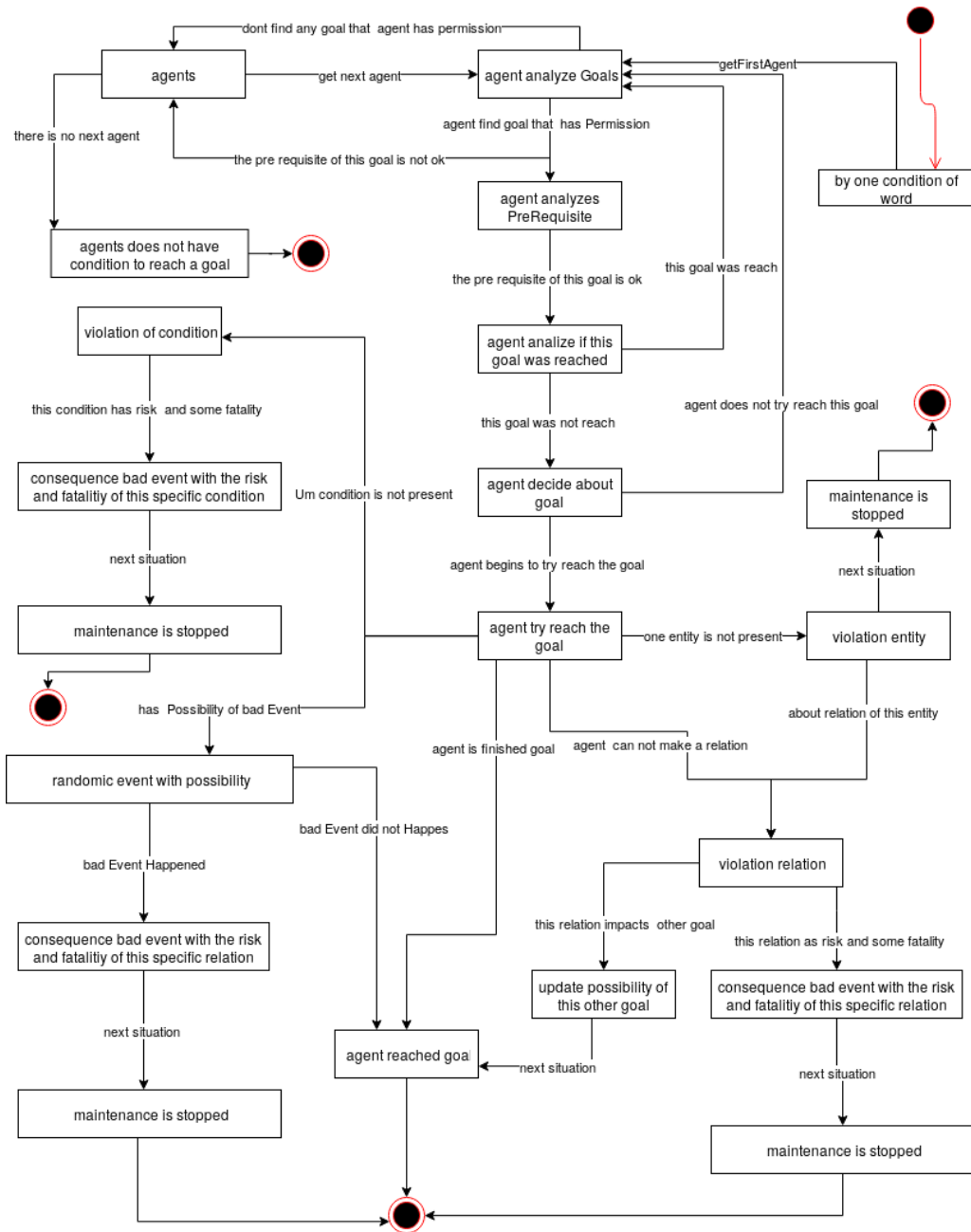


Figura 2.

3.8. Modelando

Essa subseção tem como finalidade especificar o estudo de caso em interesse dentro da estrutura deste modelo.

A tabela 1 apresenta todos os agentes que fazem parte da manutenção. A tabela 2 apresenta todas as funções que deverão ser exercidas pelos agentes. A tabela 3 define a relação $hasRole(ag_n, \rho_m)$ onde ag_n é representado pela coluna agente e ρ_m é representado pela coluna papel.

símbolo	significado
agente1	Um dos agentes participantes da manutenção
agente2	Um dos agentes participantes da manutenção
agente3	Um dos agentes participantes da manutenção
agente4	Um dos agentes participantes da manutenção
agente5	Um dos agentes participantes da manutenção
agente6	Um dos agentes participantes da manutenção
agente7	Um dos agentes participantes da manutenção

Tabela 1. Os agentes que constituem uma manutenção

papel	descrição
supervisor	Atribui papel a outros profissionais
executor1	Tem como por finalidade executar certas atividades manuais vinculadas a manutenção
executor2	Tem como por finalidade executar certas atividades manuais vinculadas a manutenção
executor3	Tem como por finalidade executar certas atividades manuais vinculadas a manutenção
executor4	Tem como por finalidade executar certas atividades manuais vinculadas a manutenção
executor5	Tem como por finalidade executar certas atividades manuais vinculadas a manutenção

Tabela 2. Os papéis relevantes para a ocorrência da manutenção

agente	papel
agente1	supervisor
agente2	executor1
agente3	executor1
agente4	executor2
agente5	executor3
agente6	executor4
agente7	executor5

Tabela 3. Relação $hasRole(ag_n, \rho_m)$

A tabela 4 apresenta todos artefatos que fazem parte da descrição deste estudo de caso. Todos esses artefatos, em conjunto com os agentes, constituem todas as entidades definidas pelo modelo para este estudo de caso.

artefato	descrição
capacete	EPI usado pelo profissional para proteger a cabeça
oculos	Óculos usado para evitar dificuldades de enxergar presentes em dias claros
roupagem	Consiste em roupas isolantes e anti-chamas
luva	Luvas Isolantes
bota	Botas Isolantes para evitar que o profissional seja eletrocutado
bastaoGarra	bastão isolante que possui uma ferramenta em estrutura de garra. 64 X 3600 mm
sela	Possui diametro 65 mm, é fixada na torre para sustentar o bastão.
colar	Estrutura que fica fixa na sela, bastão isolante é travado no colar.
corda	Corda Isolante.
carretilha	Carretilha que, em conjunto com a corda, é usada para mover material na vertical.
bastaoUniversal	Bastao isolante que permite o acoplamento de multiplas ferramentas.
soquete	Usado na manipulação de parafusos.
locador	Usado como pino direcional em alinhamento de furo de parafusos, auxiliado na inserção de pinos e parafusos.
bastaoGarra	Bastão Universal que possui uma garra.
isoladorVelho	Isolador de pedestal danificado a ser substituido
isoladorNovo	Isolador de pedestal novo que será posicionado no local do isolador velho.
torre	Estrutura metálica onde fica fixo o isolador
condutor	Em formato de cabo, fica fixo sobre o topo do isolador.e é por onde passa grandes quantidades de energia elétrica.
estropo	pano firme usado para segurar Isolador quando estiver suspenso
pano	pano usado para limpar ferramentas
glicerina	substância usada para limpar as ferramentas adequadamente
condutivimetro	Medidor de corrente de fulga sobre o bastão universal.
parafuso	Parafusos prendem o conector condutor-Isolador e também prendem o Isolador a base
conector	Estrutura que tem como por finalidade manter condutor,cabeçote do isolador em conjunto.

Tabela 4. Definindo todos os artefatos presentes na manutenção

A tabela 5 apresenta os objetivos dados pela coluna *objetivo* bem com sua descrição. Essa tabela também apresenta os conjuntos gp_i dado pela coluna pré-requisitos. Assim sendo, essa tabela também apresenta a relação entre os objetivos e seus respectivos pré-requisitos, ou seja, a relação $isPresentRequisite(gp_i, g_j)$.

objetivo	pré-requisito	Descrição
goalSupervisor	goal0	Atribui objetivos aos demais agentes.
goal0	Ø	Vestir os AP'Is
goal1	goalSupervisor	Limpar, secar e testar ferramentas com material isolante.
goal2	goal1	Medir a corrente de fulga de ferramentas isolantes
goal3	goal2	Instalar sela com colar na estrutura
goal4	goal3	Passar o bastão garra por dentro do olhal do colar.
goal5	goal4	Amarrar o bastão garra na parte superior da estrutura com a corda, fixar no condutor
goal6	goalSupervisor	Amarrar o olhal do bastão garra ao cavalo da sela atrás de uma corda.
goal7	goal6	Instalar sela com colar no outro lado da estrutura estrutura
goal8	goal7	Passar o bastao universal por dentro do olhal do colar
goal9	goal8	Pender carretilha no bastão Universal.
goal10	goal9	Amarrar o bastão universal na parte superior da estrutra com a corda;
goal11	goal10	Amarrar o olhal do bastão universal ao cavalo da sela atrás de uma corda.
goal12	goal11,goal5	Rotacionar estrutura olhal garra em 45 graus.
goal13	goal12	Enforcar um estropo de Náilon no corpo do isolador velho.
goal14	goal13	Colocar a extremidade do estropo no gancho da corda de serviço.
goal15	goal14	Afrouxar os parafusos do conector que prendem a barra ao isolador.
goal16	goal15	Terminar de retirar os parafusos com o bastão com o soquete multiangular.
goal17	goal16	Elevar o condutor através da corda que une a sela ao bastão.
goal18	goal17	Apertar o colar através da porca borboleta.
goal19	goal18	Sacar parafusos da base da coluna.
goal20	goal19	Segurar firmemente a corda de serviço,baixar o isolador ao solo
goal21	goal20	Passar Estropo no Isolador Novo
goal22	goal21	Colocar a extremidade do estropo no gancho da corda de serviço.
goal23	goal22	Içar o Isolador
goal24	goal23	Colocar Parafusos na base da coluna.
goal25	goal24	Baixar o condutor para que a mesma apóie no novo isolador.
goal26	goal25	Colocar os parafusos do conector que prende a barra ao novo isolador.
goal27	goal26	Retirar Equipamentos

Tabela 5. Define e descreve os objetivos bem como os respectivos pré-requisitos

A tabela 6 apresenta c_k dado pela coluna condição e pela coluna descrição. Essa tabela define a relação $hasRisk(c_k, risk_j, f_m)$ onde $risk_j$ é descrito pela coluna risco e f_m é descrito pela coluna fatalidade.

condição	descrição	risco	fatalidade
umidade70	Umidade Relativa do Ar deve ser inferior a setenta por cento.	eletrocutado	morte
noVento	Não deve haver vento durante os procedimentos de manutenção.	eletrocutado	morte
noChuva	Não deve haver chuva durante o ato da manutenção	eletrocutado	morte
sol	O dia deve estar ensolarado	eletrocutado	morte

Tabela 6. Define as condições necessárias para que a manutenção tenha possibilidade de acontecer

A tabela 7 apresenta três relações onde uma delas é $relationHas(r_l, e_i, e_k)$ onde r_l é definido pela coluna *relacionamento*, e_i e e_k pelas entidades envolvidas. A outra

relação é dada por $hasRisk(r_k, risk_j, f_m)$ onde $risk_j$ é dado pela coluna risco e f_m é dado pela coluna fatalidade. A terceira relação é dada por $hasPossibility(gr_n, p_m)$

relacionamento	entidades envolvidas	risco	fatalidade	possibilidade
relXCapacete	X,capacete	nenhum	nenhum	false
relXOculos	X,oculos	nenhum	nenhum	false
relXRoupagem	X,roupagem	nenhum	nenhum	false
relXLuva	X,luva	nenhum	nenhum	false
relXBotas	X,bota	nenhum	nenhum	false
relXPano	X,pano	nenhum	nenhum	false
relPanoGlicerina	pano,glicerina	nenhum	nenhum	false
relPanoCorda	pano,corda	nenhum	nenhum	false
relPanoBastaoUniversal	pano,bastaoUniversal	nenhum	nenhum	false
relPanoSoquete	pano,soquete	nenhum	nenhum	false
relPanoBastaoUniversal	pano,bastaoGarra	nenhum	nenhum	false
relXSela	X,sela	nenhum	nenhum	false
relXColar	X,colar	nenhum	nenhum	false
relXBastaoGarra	X,bastaoGarra	nenhum	nenhum	false
relTorreSela	torre,sela	nenhum	nenhum	false
relSelaColar	sela,colar	nenhum	nenhum	false
relColarBastaoGarra	colar,bastaoGarra	nenhum	nenhum	false
relBastaoGarraCondutor	bastaoGarra,condutor	eletrocutado	morte	false
relXBastaoUniversal	X,bastaoUniversal	nenhum	nenhum	false
relCordaBastaoUniversal	corda,bastaoUniversal	nenhum	nenhum	false
relCordaCarretilha	corda,carretilha	nenhum	nenhum	false
relBastaoUniversalCarretilha	bastaoUniversal,carretilha	nenhum	nenhum	false
relBastaoUniversalColar	bastaoUniversal,colar	nenhum	nenhum	false
relBastaoUniversalEstopo	bastaoUniversal,estopo	nenhum	nenhum	false
relCordaEstopo	corda,estopo	eletrocutado	morte	false
relEstopoIsoladorVelho	estopo,isoladorVelho	nenhum	nenhum	false
relXChaveCatraca	X,chaveCatraca	nenhum	nenhum	false
relChaveCatracaBastaoUniversal	chaveCatraca,bastaoUniversal	nenhum	nenhum	false
relChaveCatracaParafuso	chaveCatraca,parafuso	eletrocutado	morte	false
relParafusoConector	parafuso,conector	eletrocutado	morte	false
relXBastaoSoquete	X,bastaoSoquete	nenhum	nenhum	false
relSoqueteParafuso	soquete,parafuso	eletrocutado	morte	false
relXCorda	X,corda	eletrocutado	morte	false
relXIsoladorVelho	X,isoladorVelho	nenhum	nenhum	false
relXIsoladorNovo	X,isoladorNovo	nenhum	nenhum	false
relCordaBastaoGarra	corda,bastaoGarra	nenhum	nenhum	false
relBastaoGarraSela	bastaoGarra, sela	nenhum	nenhum	false
relXCarretilha	X,carretilha	nenhum	nenhum	false
relBastaoUniversalCorda	bastaoUniversal,corda	nenhum	nenhum	false
relBastaoUniversalTorre	bastaoUniversal,torre	nenhum	nenhum	false
relEstopoCorda	estopo,corda	eletrocutado	morte	false
relEstopoIsoladorNovo	estopo,isoladorNovo	nenhum	nenhum	false
relBastaoUniversalSela	universal,sela	nenhum	nenhum	false
relBastaoGarraTorre	bastaoGarra,torre	nenhum	nenhum	false
relBastaoUniversalEstopo	bastaoUniversal,estopo	nenhum	nenhum	false
relXColar	X,colar	nenhum	nenhum	false
relParafusoTorre	parafuso,torre	eletrocutado	morte	false
relCondutivimetroCorda	condutivimetro,corda	nenhum	nenhum	false
relCondutivimetroBastaoUniversal	condutivimetro,bastaoUniversal	nenhum	nenhum	false
relCondutivimetroBastaoGarra	condutivimetro,bastaoGarra	nenhum	nenhum	false
relCondutivimetroSoquete	condutivimetro,soquete	nenhum	nenhum	false

Tabela 7. Define os relacionamentos necessários que a manutenção aconteça

As tabelas 8 e 9 apresentam a relação $affects(r_k, r_n)$ onde r_k é representado pela

coluna relacionamento-errado e r_n é representado pela coluna relacionamento-afetado. A coluna nova possibilidade de algo errado tem como por finalidade representar que a possibilidade de ocorrer algum evento ruim atrelado ao relacionamento-afetado mudou de *false* para *true*.

relacionamento-errado	relacionamento-afetado	nova possibilidade de algo errado
relXCapacete	relBastaoGarraCondutor	true
relXCapacete	relCordaEstropo	true
relXCapacete	relChaveCatracaParafuso	true
relXCapacete	relParafusoConector	true
relXCapacete	relSoqueteParafuso	true
relXCapacete	relXCorda	true
relXCapacete	relEstropoCorda	true
relXCapacete	relParafusoTorre	true
relXOculos	relBastaoGarraCondutor	true
relXOculos	relCordaEstropo	true
relXOculos	relChaveCatracaParafuso	true
relXOculos	relParafusoConector	true
relXOculos	relSoqueteParafuso	true
relXOculos	relXCorda	true
relXOculos	relEstropoCorda	true
relXOculos	relParafusoTorre	true
relXLuva	relBastaoGarraCondutor	true
relXLuva	relCordaEstropo	true
relXLuva	relChaveCatracaParafuso	true
relXLuva	relParafusoConector	true
relXLuva	relSoqueteParafuso	true
relXLuva	relXCorda	true
relXLuva	relEstropoCorda	true
relXLuva	relParafusoTorre	true
relXBotas	relBastaoGarraCondutor	true
relXBotas	relCordaEstropo	true
relXBotas	relChaveCatracaParafuso	true
relXBotas	relParafusoConector	true
relXBotas	relSoqueteParafuso	true
relXBotas	relXCorda	true
relXBotas	relEstropoCorda	true
relXBotas	relParafusoTorre	true
relXPano	relBastaoGarraCondutor	true
relXPano	relCordaEstropo	true
relXPano	relChaveCatracaParafuso	true
relXPano	relParafusoConector	true
relXPano	relSoqueteParafuso	true
relXPano	relXCorda	true
relXPano	relEstropoCorda	true
relXPano	relParafusoTorre	true
relPanoGlicerina	relBastaoGarraCondutor	true
relPanoGlicerina	relCordaEstropo	true
relPanoGlicerina	relChaveCatracaParafuso	true
relPanoGlicerina	relParafusoConector	true
relPanoGlicerina	relSoqueteParafuso	true
relPanoGlicerina	relXCorda	true
relPanoGlicerina	relEstropoCorda	true
relPanoGlicerina	relParafusoTorre	true
relPanoCorda	relBastaoGarraCondutor	true
relPanoCorda	relCordaEstropo	true
relPanoCorda	relChaveCatracaParafuso	true
relPanoCorda	relParafusoConector	true
relPanoCorda	relSoqueteParafuso	true
relPanoCorda	relXCorda	true
relPanoCorda	relEstropoCorda	true
relPanoCorda	relParafusoTorre	true

Tabela 8. Define o impacto que o erro em um relacionamento gera em outro relacionamento por modar a possibilidade de algo errado acontecer.

relacionamento-errado	relacionamento-afetado	nova possibilidade de algo errado
relPanoBastaoUniversal	relBastaoGarraCondutor	true
relPanoBastaoUniversal	relCordaEstropo	true
relPanoBastaoUniversal	relChaveCatracaParafuso	true
relPanoBastaoUniversal	relParafusoConector	true
relPanoBastaoUniversal	relSoqueteParafuso	true
relPanoBastaoUniversal	relXCorda	true
relPanoBastaoUniversal	relEstropoCorda	true
relPanoBastaoUniversal	relParafusoTorre	true
relPanoSoquete	relBastaoGarraCondutor	true
relPanoSoquete	relCordaEstropo	true
relPanoSoquete	relChaveCatracaParafuso	true
relPanoSoquete	relParafusoConector	true
relPanoSoquete	relSoqueteParafuso	true
relPanoSoquete	relXCorda	true
relPanoSoquete	relEstropoCorda	true
relPanoSoquete	relParafusoTorre	true
relPanoBastaoUniversal	relBastaoGarraCondutor	true
relPanoBastaoUniversal	relCordaEstropo	true
relPanoBastaoUniversal	relChaveCatracaParafuso	true
relPanoBastaoUniversal	relParafusoConector	true
relPanoBastaoUniversal	relSoqueteParafuso	true
relPanoBastaoUniversal	relXCorda	true
relPanoBastaoUniversal	relEstropoCorda	true
relPanoBastaoUniversal	relParafusoTorre	true
relCondutivimetroCorda	relBastaoGarraCondutor	true
relCondutivimetroCorda	relCordaEstropo	true
relCondutivimetroCorda	relChaveCatracaParafuso	true
relCondutivimetroCorda	relParafusoConector	true
relCondutivimetroCorda	relSoqueteParafuso	true
relCondutivimetroCorda	relXCorda	true
relCondutivimetroCorda	relEstropoCorda	true
relCondutivimetroCorda	relParafusoTorre	true
relCondutivimetroBastaoUniversal	relBastaoGarraCondutor	true
relCondutivimetroBastaoUniversal	relCordaEstropo	true
relCondutivimetroBastaoUniversal	relChaveCatracaParafuso	true
relCondutivimetroBastaoUniversal	relParafusoConector	true
relCondutivimetroBastaoUniversal	relSoqueteParafuso	true
relCondutivimetroBastaoUniversal	relXCorda	true
relCondutivimetroBastaoUniversal	relEstropoCorda	true
relCondutivimetroBastaoUniversal	relParafusoTorre	true
relCondutivimetroBastaoGarra	relBastaoGarraCondutor	true
relCondutivimetroBastaoGarra	relCordaEstropo	true
relCondutivimetroBastaoGarra	relChaveCatracaParafuso	true
relCondutivimetroBastaoGarra	relParafusoConector	true
relCondutivimetroBastaoGarra	relSoqueteParafuso	true
relCondutivimetroBastaoGarra	relXCorda	true
relCondutivimetroBastaoGarra	relEstropoCorda	true
relCondutivimetroBastaoGarra	relParafusoTorre	true
relCondutivimetroSoquete	relBastaoGarraCondutor	true
relCondutivimetroSoquete	relCordaEstropo	true
relCondutivimetroSoquete	relChaveCatracaParafuso	true
relCondutivimetroSoquete	relParafusoConector	true
relCondutivimetroSoquete	relSoqueteParafuso	true
relCondutivimetroSoquete	relXCorda	true
relCondutivimetroSoquete	relEstropoCorda	true
relCondutivimetroSoquete	relParafusoTorre	true

Tabela 9. Define o impacto que o erro em um relacionamento gera em outro relacionamento por modar a possibilidade de algo errado acontecer.

As tabelas 10, 11 apresentam a relação $hasObligation(\rho_m, g_i)$ onde ρ_m é representado pela coluna papel e g_i é representado pela coluna objetivo.

papel	objetivo
executor1	goal0
executor2	goal0
executor3	goal0
executor4	goal0
executor5	goal0
supervisor	goal0
supervisor	goalSupervisor
executor1	goal1
executor2	goal1
executor1	goal2
executor2	goal2
executor1	goal3
executor2	goal2
executor1	goal4
executor2	goal4
executor1	goal5
executor2	goal5
executor3	goal6
executor4	goal6
executor5	goal6
executor3	goal7
executor4	goal7
executor5	goal7
executor3	goal8
executor4	goal8
executor5	goal8
executor3	goal9
executor4	goal9
executor5	goal9
executor3	goal10
executor4	goal10
executor5	goal10
executor3	goal11
executor4	goal11
executor5	goal11
executor1	goal12
executor2	goal12
executor3	goal12
executor4	goal12
executor1	goal13
executor2	goal13
executor3	goal13
executor4	goal13
executor1	goal14

Tabela 10. Objetivos que devem ser atingidos pelo agente que assumir um dada função

role	goal
executor2	goal14
executor3	goal14
executor4	goal14
executor2	goal15
executor3	goal15
executor4	goal15
executor5	goal15
executor2	goal16
executor3	goal16
executor4	goal16
executor5	goal16
executor1	goal17
executor3	goal17
executor4	goal17
executor5	goal17
executor1	goal18
executor3	goal18
executor4	goal18
executor5	goal18
executor1	goal19
executor3	goal19
executor4	goal19
executor5	goal19
executor1	goal20
executor3	goal20
executor4	goal20
executor5	goal20
executor1	goal21
executor3	goal21
executor4	goal21
executor5	goal21
executor1	goal22
executor2	goal22
executor3	goal22
executor5	goal22
executor1	goal23
executor2	goal23
executor3	goal23
executor5	goal23
executor1	goal24
executor2	goal24
executor3	goal24
executor5	goal24
executor1	goal25
executor2	goal25
executor3	goal25
executor4	goal25
executor1	goal26
executor2	goal26
executor3	goal26
executor4	goal26
executor1	goal27
executor2	goal27
executor3	goal27
executor4	goal27
executor5	goal27

Tabela 11. Objetivos que devem ser atingidos pelo agente que assumir um dada função

A tabela 12 apresenta as entidades que constituem os conjuntos **eg**.

entidades	eg
capacete,óculos,roupagem,luvas,botas $X = \{\text{agente que tenta alcançar o objetivo}\}$	eg0
pano,glicerina,carretilha,bastaoUniversal,corda,bastaoGarra, $X = \{\text{agente que tenta alcançar o objetivo}\}$	eg1
pano,glicerina,carretilha,bastaoUniversal,corda,bastaoGarra,condutivimetro $X = \{\text{agente que tenta alcançar o objetivo}\}$	eg2
sela,colar $X = \{\text{agente que tenta alcançar o objetivo}\}$	eg3
colar,bastaoGarra $X = \{\text{agente que tenta alcançar o objetivo}\}$	eg4
corda,bastaoGarra,bastaoGarraTorre,condutor $X = \{\text{agente que tenta alcançar o objetivo}\}$	eg5
bastaoGarra,sela $X = \{\text{agente que tenta alcanar o objetivo}\}$	eg6
sela,colar $X = \{\text{agente que tenta alcançar o objetivo}\}$	eg7
sela,bastaoUniversal,Colar, $X = \{\text{agente que tenta alcançar o objetivo}\}$	eg8
bastaoUniversal,carretilha, $X = \{\text{agente que tenta alcançar o objetivo}\}$	eg9
corda,bastaoUniversal,corda,torre, $X = \{\text{agente que tenta alcançar o objetivo}\}$	eg10
bastaoUniversal,corda,colar,sela $X = \{\text{agente que tenta alcançar o objetivo}\}$	eg11
colar, $X = \{\text{agente que tenta alcançar o objetivo}\}$	eg12
bastaoUniversal,estropo,isoladorVelho $X = \{\text{agente que tenta alcançar o objetivo}\}$	eg13
bastaoUniversal,corda,estropo $X = \{\text{agente que tenta alcançar o objetivo}\}$	eg14
chaveCatraca,bastaoUniversal,prafuso $X = \{\text{agente que tenta alcançar o objetivo}\}$	eg15
bastaoSoquete,parafuso, $X = \{\text{agente que tenta alcançar o objetivo}\}$	eg16
bastaoGarra,condutorcorda $X = \{\text{agente que tenta alcançar o objetivo}\}$,	eg17
colar, $X = \{\text{agente que tenta alcançar o objetivo}\}$,	eg18
chaveCatraca,bastaoUniversal,prafusobastaoSoquete,parafuso,torre $X = \{\text{agente que tenta alcançar o objetivo}\}$	eg19
corda $X = \{\text{agente que tenta alcançar o objetivo}\}$	eg20
estropo, isoladorNovo, $X = \{\text{agente que tenta alcançar o objetivo}\}$	eg21
bastaoUniversal,corda,estropo $X = \{\text{agente que tenta alcançar o objetivo}\}$	eg22
corda $X = \{\text{agente que tenta alcançar o objetivo}\}$	eg23
chaveCatraca,bastaoUniversal,prafusobastaoSoquete,parafuso,torre $X = \{\text{agente que tenta alcançar o objetivo}\}$	eg24
bastaoGarra,condutorcorda $X = \{\text{agente que tenta alcançar o objetivo}\}$,	eg25
chaveCatraca,bastaoUniversal,prafuso $X = \{\text{agente que tenta alcançar o objetivo}\}$	eg26
sela,colar,bastaoGarra,bastaoUniversal,bastaoSoquete,corda,carretilha,chaveCatraca,torre,condutor	eg27

Tabela 12. Entidades que formam os conjuntos eg_n . Cada conjunto destes estão relacionados com um objetivo e determinam as entidades necessárias para que o mesmo tenha codição de ser alcançado.

A tabela 13 apresenta as relações que constituem os conjuntos **rg**.

relacionamentos	rg
relXcapacete relXoculos relXroupagem relXluva relXbotas	rg0
relXPano relPanoGlicerina relPanoCorda relPanoBastaoUniversal relPanoBastaoGarra relPanoSoquete	rg1
relCondutivimetroCorda relCondutivimetroBastaoUniversal relCondutivimetroBastaoGarra relCondutivimetroSoquete	rg2
relCondutivimetro	rg3
relXBastaoGarra relColarBastaoGarra	rg4
relXBastaoGarra relXCordarelCordaBastaoGarra relBastaoGarraTorre relBastaoGarraCondutor	rg5
relBastaoGarraSela relXBastaoGarra relXSela	rg6
relXSela relXColar relTorreSela	rg7
relBastaoUniversalColar relXBastaoUniversal	rg8
relXBastaoUniversal relXCarretilha relBastaoUniversalCarretilha	rg9
relXCorda relXBastaoUniversal relBastaoUniversalCorda relBastaoUniversalTorre	rg10
relXCorda relXBastaoUniversal relXColar relBastaoUniversalColar relBastaoUniversalSela	rg11
relXColar	rg12
relXBastaoUniversal relBastaoUniversalEstropo relEstropoIsoladorVelho	rg13
relXBastaoUniversal relBastaoUniversalCordarelCordaEstropo relEstropoCorda	rg14
relChaveCatracaBastaoUniversal relXChaveCatraca relXBastaoUniversal relChaveCatracaParafuso	rg15
relXBastaoSoquete relSoqueteParafuso	rg16
relXCorda relCordaBastaoGarra relBastaoGarraCondutor	rg17
relXColar	rg18
relChaveCatracaBastaoUniversal relXChaveCatraca relXBastaoUniversal relChaveCatracaParafuso relParafusoTorrerelXBastaoSoquete relSoqueteParafuso	rg19
relXCorda	rg20
relXEstropo relEstropoIsoladorNovo	rg21
relXBastaoUniversal relBastaoUniversalCorda relCordaEstropo relEstropoCorda	rg22
relXCorda	rg23
relChaveCatracaBastaoUniversal relXChaveCatraca relXBastaoUniversal relChaveCatracaParafuso relParafusoTorrerelXBastaoSoquete relSoqueteParafuso	rg24
relXCorda relCordaBastaoGarra relBastaoGarraCondutor	rg25
relChaveCatracaBastaoUniversal relXChaveCatraca relXBastaoUniversal relChaveCatracaParafuso	rg26
relXSela relXColarrelXBastaoGarrarelXBastaoUniversal relXBastaoSoquete relXCorda relXCarretilha relXChaveCatraca relColarBastaoGarra relCordaBastaoGarra relBastaoGarraTorre relBastaoGarraCondutor relBastaoUniversalCarretilha relBastaoGarraSela relBastaoUniversalSela relSelaColar relTorreSela relBastaoUniversalCorda relBastaoGarraCorda	rg27

Tabela 13. Relacionamentos que formam os conjuntos rg_n . Cada conjunto rg_n está relacionado com um objetivo A relação entre rg_n e $goal_m$ determina os relacionamentos necessários para que um dado objetivo tenha condição de ser atingido.

A tabela 14 apresenta as condições que constituem os conjuntos **cg**.

condicoes	cg
umidade70,noVento,noChuva,sol	cg1

Tabela 14. Todas as condições que constituem o conjunto cg_n . Este conjunto está relacionando com um ou mais objetivos e determina quais são as condições que devem ser mantidas para que o agente tenha uma situação razoavel para tentar alcançar um certo obejtivo

A tabela 15 define as relações $hasRelation(g_i, rg_n)$ onde a coluna objetivo é representada por g_i , $hasEntity(g_i, eg_m)$, $hasCondition(g_i, cg_n)$.

objetivo	rg	eg	cg
goal0	rg0	eg0	cg1
goal0	rg0	eg0	cg1
goal1	rg1	eg1	cg1
goal2	rg2	eg2	cg1
goal3	rg3	eg3	cg1
goal4	rg4	eg4	cg1
goal5	rg5	eg5	cg1
goal6	rg6	eg6	cg1
goal7	rg7	eg7	cg1
goal8	rg8	eg8	cg1
goal9	rg9	eg9	cg1
goal10	rg10	eg10	cg1
goal11	rg11	eg11	cg1
goal12	rg12	eg12	cg1
goal13	rg13	eg13	cg1
goal14	rg14	eg14	cg1
goal15	rg15	eg15	cg1
goal16	rg16	eg16	cg1
goal17	rg17	eg17	cg1
goal18	rg18	eg18	cg1
goal19	rg19	eg19	cg1
goal20	rg20	eg20	cg1
goal21	rg21	eg21	cg1
goal22	rg22	eg22	cg1
goal23	rg23	eg23	cg1
goal24	rg24	eg24	cg1
goal25	rg25	eg25	cg1
goal26	rg26	eg26	cg1
goal27	rg27	eg27	cg1

Tabela 15. Define a relação entre os objetivos, conjuntos rg_n , eg_n e cg_n

A figura 3 o sequenciamento de objetivos, relacionamentos de obrigação entre objetivos e papeis que fazem parte da natureza do atividade dentro da perspectiva deste modelo.

4. Raciocínios

Uma vez que o modelo foi definido e que foi implementado em um estudo de caso, é possível avaliar as conclusões possíveis dado certa condição de mundo. Essa seção demonstra como esse modelo cumpre o proposto por demonstrar certos raciocínios tendo em vista o caso de estudo em análise.

4.0.1. Raciocínio - 1

O que acontece se o *agente4* esquecer de passar o pano no bastão universal *relPanoBastaoUniversal* designados a ele no objetivo *goal1*. Todos os possíveis predicados vinculados a essa situação são;

1. *hasRole(agente4, executor2)*
2. *hasObligation(executor2, goal1)*
3. *hasRelation(goal1, rg1)*
4. *relPanoCorda* \in *rg1*
5. *x = agente4*
6. *tryReach(agente4, goal1)*
7. *affects(relPanoBastaoUniversal, relBastaoGarraCondutor)*
8. *affects(relPanoBastaoUniversal, relCordaEstropo)*
9. *affects(relPanoBastaoUniversal, relChaveCatracaParaFuso)*
10. *affects(relPanoBastaoUniversal, relParaFusoConector)*
11. *affects(relPanoBastaoUniversal, relSoqueteParaFuso)*
12. *affects(relPanoBastaoUniversal, relAgent4Corda)*
13. *affects(relPanoBastaoUniversal, relEstropoCorda)*
14. *affects(relPanoBastaoUniversal, relParaFusoTorre)*

Com base nisso, as relações de implicabilidade resultantes são;

$$\begin{aligned} & hasRelation(goal1, rg1) \wedge \neg isPresent(relPanoBastaoUniversal) \\ & \wedge (relPanoBastaoUniversal \in rg1) \wedge tryReach(agente4, goal1) \\ & \rightarrow \\ & violationRelation(agente4, goal1, relPanoBastaoUniversal) \end{aligned} \tag{12}$$

$$\begin{aligned} & violationRelation(agente4, goal1, relPanoBastaoUniversal) \\ & \wedge affects(relPanoBastaoUniversal, relBastaoGarraCondutor) \\ & \wedge hasPossibility(relBastaoGarraCondutor, false) \\ & \rightarrow \\ & hasPossibility(relBastaoGarraCondutor, true) \end{aligned} \tag{13}$$

$$\begin{aligned}
& \text{violationRelation}(\text{agente4}, \text{goal1}, \text{relPanoBastaoUniversal}) \\
& \quad \wedge \text{affects}(\text{relPanoBastaoUniversal}, \text{relCordaEstropo}) \\
& \quad \wedge \text{hasPossibility}(\text{relCordaEstropo}, \text{false}) \\
& \quad \rightarrow \\
& \quad \text{hasPossibility}(\text{relCordaEstropo}, \text{true})
\end{aligned} \tag{14}$$

$$\begin{aligned}
& \text{violationRelation}(\text{agente4}, \text{goal1}, \text{relPanoBastaoUniversal}) \\
& \quad \wedge \text{affects}(\text{relPanoBastaoUniversal}, \text{relChaveCatracaParaFuso}) \\
& \quad \wedge \text{hasPossibility}(\text{relChaveCatracaParaFuso}, \text{false}) \\
& \quad \rightarrow \\
& \quad \text{hasPossibility}(\text{relChaveCatracaParaFuso}, \text{true})
\end{aligned} \tag{15}$$

$$\begin{aligned}
& \text{violationRelation}(\text{agente4}, \text{goal1}, \text{relPanoBastaoUniversal}) \\
& \quad \wedge \text{affects}(\text{relPanoBastaoUniversal}, \text{relParaFusoConector}) \\
& \quad \wedge \text{hasPossibility}(\text{relParaFusoConector}, \text{false}) \\
& \quad \rightarrow \\
& \quad \text{hasPossibility}(\text{relParaFusoConector}, \text{true})
\end{aligned} \tag{16}$$

$$\begin{aligned}
& \text{violationRelation}(\text{agente4}, \text{goal1}, \text{relPanoBastaoUniversal}) \\
& \quad \wedge \text{affects}(\text{relPanoBastaoUniversal}, \text{relSoqueteParaFuso}) \\
& \quad \wedge \text{hasPossibility}(\text{relSoqueteParaFuso}, \text{false}) \\
& \quad \rightarrow \\
& \quad \text{hasPossibility}(\text{relSoqueteParaFuso}, \text{true})
\end{aligned} \tag{17}$$

$$\begin{aligned}
& \text{violationRelation}(\text{agente4}, \text{goal1}, \text{relPanoBastaoUniversal}) \\
& \quad \wedge \text{affects}(\text{relPanoBastaoUniversal}, \text{relAgent4Corda}) \\
& \quad \wedge \text{hasPossibility}(\text{relAgent4Corda}, \text{false}) \\
& \quad \rightarrow \\
& \quad \text{hasPossibility}(\text{relAgent4Corda}, \text{true})
\end{aligned} \tag{18}$$

$$\begin{aligned}
& violationRelation(agente4, goal1, relPanoBastaoUniversal) \\
& \wedge affects(relPanoBastaoUniversal, relEstropoCorda) \\
& \wedge hasPossibility(relEstropoCorda, false) \\
& \rightarrow \\
& hasPossibility(relEstropoCorda, true)
\end{aligned} \tag{19}$$

$$\begin{aligned}
& violationRelation(agente4, goal1, relPanoBastaoUniversal) \\
& \wedge affects(relPanoBastaoUniversal, relParaFusoTorre) \\
& \wedge hasPossibility(relParaFusoTorre, false) \\
& \rightarrow \\
& hasPossibility(relParaFusoTorre, true)
\end{aligned} \tag{20}$$

Referências

- Barot, C., Lourdeaux, D., Burkhardt, J., Amokrane, K., and Lenne, D. (2013). V3S: A virtual environment for risk-management training based on human-activity models. *Presence*, 22(1):1–19.
- Boissier, O. (2011). From organisation oriented programming to multi-agent oriented programming. In Klügl, F. and Ossowski, S., editors, *Multiagent System Technologies*, pages 1–1, Berlin, Heidelberg. Springer Berlin Heidelberg.
- Dastani, M., Grossi, D., Meyer, J.-J. C., and Tinnemeier, N. (2009). Normative multi-agent programs and their logics. In Meyer, J.-J. C. and Broersen, J., editors, *Knowledge Representation for Agents and Multi-Agent Systems*, pages 16–31, Berlin, Heidelberg. Springer Berlin Heidelberg.
- López y López, F. and Luck, M. (2004). A model of normative multi-agent systems and dynamic relationships. In Lindemann, G., Moldt, D., and Paolucci, M., editors, *Regulated Agent-Based Social Systems*, pages 259–280, Berlin, Heidelberg. Springer Berlin Heidelberg.
- von Wright, G. H. (1969). *On The Logic and Ontology of Norms*, pages 89–107. Springer Netherlands, Dordrecht.