

# Collective Opinion in Argumentative Dialogues: From Common Knowledge to Consensus

A. Possebom, M. Morveli-Espinoza, and C. Tacla

**Abstract**—This paper presents a model of dialogue to support the common-knowledge formation in a group of agents which is based on the exchange of arguments supporting or rejecting an issue under discussion and other arguments during the dialogue. In the model, the agents play two roles: argumentative and mediator. Argumentative agents are responsible for building arguments that are based on their belief base using formulas representing facts and rules, while the mediator agent is responsible for conducting and synchronizing the dialogue. Our model proposes the calculation of the group consensus level on each formula of the arguments, and the acceptance of the formulas (formulas are consented) when they are supported by the majority in the group. A practical example explains how the proposal model can be implemented in a real scenario.

**Index Terms**—Common knowledge, Formal logic, Consensus.

## I. INTRODUÇÃO

CHEGAR a um consenso sobre algum assunto em uma discussão envolvendo um grupo de pessoas não é uma tarefa trivial [1][3]. Quando aplicados a um grupo de agentes inteligentes, esta tarefa se torna ainda mais complexa, visto que os agentes devem raciocinar sobre instruções logicamente relacionadas [9]. Para que a tomada de decisão consensual em um grupo seja efetivada, a identificação do nível de consenso (ou nível de aceitação) do grupo sobre as alternativas de decisão disponíveis é necessária. Quanto maior forem as justificativas para apoiar ou rejeitar uma alternativa de decisão, bem como quanto maior for o consenso do grupo sobre estas justificativas, mais próximo estará da decisão consensual [15]. A escolha de uma alternativa de decisão por meio do consenso não reflete na decisão ótima, mas sim na decisão que é preferida pela maioria dos agentes.

O consenso está diretamente relacionado com o conhecimento comum. O acordo sobre uma decisão implica em conhecimento comum, se tornando um pré-requisito quando um grupo de agentes tenta tomar decisões em conjunto [14][10]. O conhecimento comum é tido como “todos em um grupo sabem que todos no grupo sabem que ... todos sabem  $\phi$ ” no qual  $\phi$  representa um fato ou informação [7].

Diversos métodos para tomada de decisões em grupo foram propostos na literatura [1][3], tais como votação majoritária, Borda, Condorcet, agregação de julgamentos, entre outros. Nestes métodos não são previstos diálogos entre os membros do grupo e cada participante apresenta seu voto ou relação de preferência sobre as possíveis alternativas, não permitindo aos membros expor as razões dos seus votos e a formação de opiniões. Desta forma, o diálogo se torna um passo importante antes da votação. Por meio do diálogo, os agentes podem emitir suas opiniões apoiando ou rejeitando as informações apresentadas por outros agentes.

O uso da argumentação em sistemas multiagentes tem recebido grande atenção na última década. A construção de argumentos permite aos agentes atingirem acordos coletivos e compatíveis com suas crenças e objetivos [5][4]. Para que uma decisão coletiva esteja próxima da unanimidade, precisamos identificar o nível de consenso do grupo sobre as informações dos argumentos emitidos no diálogo, analisando as relações de apoio ou rejeições do grupo em cada elemento da estrutura interna destes argumentos. Uma informação em um argumento que é apoiada (aceita) pela maioria dos agentes deve ser consentida pelos demais agentes que a desconhece ou que a recusa. Assim, a informação apoiada se torna consensualmente aceita pelo grupo quando relacionada ao assunto em discussão.

Este trabalho tem o objetivo de apresentar um modelo de diálogos aplicados a sistemas multiagentes no qual cada argumento apresentado deve ser avaliado pelo grupo na tentativa de identificar o nível de consenso sobre cada informação presente nos argumentos. Como resultado do modelo, temos a formação do conhecimento comum sobre um conjunto de informações que foram aceitas e/ou rejeitadas pelo grupo de agentes. A contribuição do trabalho envolve a proposta de um diálogo argumentativo que permita aos agentes se comunicarem por meio de troca de mensagens em que cada mensagem é constituída por um conjunto de argumentos lógicos. Além disso, o relacionamento entre a formação do conhecimento comum e da decisão consensual é apresentada no cômputo do nível de consenso sobre cada informação apresentada ao grupo.

A formação do conhecimento comum pode ser aplicada em diversos domínios em que os sistemas multiagentes são utilizados, tais como chatbot, redes de sensores, classificação da importância em páginas web, identificação de ações simultâneas, ou qualquer domínio aonde

exista a necessidade de formação de opiniões em grupo.

As seções a seguir estão organizadas da seguinte forma: a seção II apresenta o modelo proposto para a construção de argumentos, formação do conhecimento comum e diálogo entre

A. T. Possebom, Instituto Federal do Paraná (IFPR), Paranavai, Paraná, Brasil (e-mail: possebom@gmail.com).

M. Morveli-Espinoza, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, Paraná, Brasil (e-mail: morveli.espinoza@gmail.com).

C. A. Tacla, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, Paraná, Brasil (e-mail: tacla@utfpr.edu.br).

os agentes. A seção III mostra um exemplo prático da aplicação do modelo e discute os resultados obtidos. Por fim, temos as considerações finais na seção IV.

## II. TRABALHOS RELACIONADOS

De acordo com [19], sistemas fuzzy podem ser utilizados para quantificar e qualificar a tomada de decisão em grupo. Os autores apresentam um processo para tomada de decisão em grupo que utiliza fuzzy para quantificar a preferência do grupo sobre as alternativas de decisão. Entretanto, o formato do conhecimento dos tomadores de decisão não é definido, bem como não aborda a questão da argumentação para justificar as opiniões dos tomadores de decisão.

Em [20], os autores propuseram um modelo revisão de crenças usando argumentação que atribui um rótulo fuzzy aos argumentos, permitindo aos agentes mudarem de opinião sem perder o conhecimento prévio e permitindo recuperar a informação quando necessário. Neste trabalho, a avaliação dos argumentos ocorre pela atribuição de uma força a cada argumento, onde esta força é obtida pelo cálculo do consenso do grupo sobre cada informação presente o argumento.

Talvez o modelo de diálogo mais próximo do proposto neste trabalho foi apresentado por [21]. Um sistema de debate online permite o envio de argumentos que não possuem estrutura lógica e os usuários podem votar apoiando ou rejeitando cada argumento, resultando em uma classificação dos argumentos mais fortes aos mais fracos. Neste trabalho, existe a votação de apoio e rejeição, mas aplicado a cada informação (fórmula) presente em um argumento logicamente estruturado. Uma métrica é estabelecida para cada informação para estabelecer o quanto a fórmula (ou o argumento como um todo) foi consensualmente aceita pelo grupo.

## III. MODELO PROPOSTO

O modelo proposto para a formação do conhecimento comum por meio de diálogos usando argumentação é formada por dois tipos de agentes: agentes argumentativos e agente mediador. Os agentes argumentativos são os responsáveis pela construção de argumentos e contra-argumentos, usando as crenças presentes em suas respectivas bases de conhecimento. Cada crença consiste em uma fórmula que representa um fato ou regra de inferência. Estes agentes também são responsáveis por fornecer suas opiniões por meio de votação para apoiar ou rejeitar as fórmulas em argumentos apresentados por outros agentes argumentativos durante o processo de diálogo. O agente mediador é o responsável por controlar toda a execução do diálogo, efetuar o cálculo do nível de consenso sobre cada fórmula em um argumento e informar ao grupo de agentes quais fórmulas devem ser aceitas durante o diálogo.

Tendo-se os agentes argumentativos e o agente mediador, pode-se definir o modelo para a formação do conhecimento comum.

**Definição 1:** Um modelo para a formação do conhecimento comum é formado por uma tupla  $\mathcal{FCC} = \langle \mathcal{AG}, EX, ISSUES, med, t, \sigma \rangle$ , onde:

- $\mathcal{AG} = \{ag_1, \dots, ag_n\}$  com  $n > 1$  é o conjunto de

agentes argumentativos;

- $EX = \{ex_1, \dots, ex_n\}$  com  $ex_i \in [0,1]$  e  $\sum_{i=1}^n ex_i = 1$  é o conjunto de valores de expertise dos agentes sobre o assunto em discussão no qual  $ag_i$  tem expertise  $ex_i$ ;
- $ISSUES = \{iss_1, \dots, iss_m\}$  com  $m > 1$  é o conjunto de assuntos a serem discutidos;
- $med$  é o agente mediador;
- $t$  é o tempo de espera usado na coordenação de mensagens entre agentes argumentativos e mediador;
- $\sigma$  é um limiar que determinar quando uma informação deve ser considerada conhecimento comum.

### A. Estrutura do Agente Argumentativo

Os agentes argumentativos são os responsáveis pela geração de argumentos e contra-argumentos, bem como apoiar ou rejeitar alguma informação em um argumento. Para que estes agentes possam desempenhar suas funções, suas bases de conhecimentos são formadas por fórmulas em uma linguagem lógica. Neste trabalho, usamos fórmulas em linguagem proposicional com os seguintes operadores:  $\wedge$  (conjunção),  $\vee$  (disjunção),  $\rightarrow$  (implicação),  $\neg$  (negação),  $\vdash$  (inferência clássica),  $\equiv$  (equivalência lógica) e  $\perp$  (contradição).

**Definição 2:** Seja  $\mathcal{AG}$  o conjunto de agentes argumentativos. Um agente argumentativo  $ag_i \in \mathcal{AG}$  é formado por uma tupla  $\langle \Sigma_i, S_i, A_i \rangle$ , onde:

- $\Sigma_i = K_i \cup KO_i$  é a base de conhecimentos com  $K_i$  representando crenças que o agente possui sobre o ambiente e  $KO_i$  representando as crenças obtidas por meio da comunicação com outros agentes;
- $S_i$  é a base de argumentos utilizada para armazenar um conjunto de argumentos a serem enviados ao grupo de agentes,  $e$ ;
- $A_i$  é o argumento atual que está sendo discutido pelo grupo em um dado instante, usado para buscar por contra-argumentos.

As fórmulas em  $\Sigma_i$  são usadas pelos agentes argumentativos ao construir argumentos [11]. Uma fórmula  $f$  pode ser acompanhada por um rótulo, representada por  $f[iss_i(b), \dots]$ , em que  $iss_i \in ISSUES$  se refere ao assunto que está sendo discutido e  $b \in [0,1]$  representa o nível de consenso do grupo sobre  $f$  quando relacionado ao assunto  $iss_i$ .

**EXEMPLO 1 (adaptado de [8]):** Considere um agente argumentativo  $ag_{bob}$  representando um médico que precisa decidir se seu paciente deve ou não passar por uma cirurgia, com sua estrutura formada por:

$$K_{bob} = \{a[sg(1)], \neg c \rightarrow \neg sg[sg(0)], c \rightarrow sg, d \rightarrow b, a \rightarrow d, d \wedge \neg b \rightarrow sg\}$$

$$KO_{bob}, \{\neg b[sg(0.7)], \neg c[sg(0.4)]\}$$

$$S_{bob} = \{\{\neg c, \neg c \rightarrow \neg sg\}, \neg sg\}, \{\{a, a \rightarrow d, d \rightarrow b\}, b\}$$

$$A_{bob} = \{\{a, a \rightarrow \neg b\}, \neg b\}$$

A base de conhecimentos contém as seguintes informações: fazer uma cirurgia ( $sg$ ); pólipos intestinais ( $a$ ); perda de vida ( $b$ ), efeito colateral ( $c$ ); câncer ( $d$ ). As fórmulas  $\neg b$  e  $\neg c$  foram aceitas por um grupo de agentes  $e$ , portanto, foram consideradas válidas para  $ag_{bob}$ , atualizando-as na base

$KO_{bob}$ . A fórmula  $a$  foi aceita por unanimidade no grupo, enquanto que  $\neg c \rightarrow \neg sg$  não foi aceita. Quando  $ag_{bob}$  receber a oportunidade de emitir seus argumentos, os dois argumentos presentes em  $S_{bob}$  serão enviados ao grupo de agentes.  $A_{bob}$  armazena o argumento atual em discussão e é utilizado como referência para buscar por contra-argumentos, armazenando-os em  $S_{bob}$  quando disponíveis.

Um argumento  $arg$  enviado por um agente  $ag_i$  é formado por um par  $\langle \Phi, a \rangle$  com  $\Phi$  sendo um conjunto de fórmulas que representam as premissas do argumento e  $a$  é uma fórmula que representa a conclusão deste argumento, tal que [8][11][17]: (1)  $\Phi \subseteq \Sigma_i$ , (2)  $\Phi \not\vdash \perp$ , (4)  $\Phi \vdash a$ , (5)  $\nexists \Phi' \subseteq \Phi$  such that  $\Phi' \vdash a$ .

Os argumentos são criados pelos agentes argumentativos para justificar suas opiniões quando são contra algum outro argumento já apresentado anteriormente no diálogo. As relações de ataque entre argumentos consideradas neste trabalho são *undercut* e *rebuttal* [11][17]. Sejam  $arg_1 = \langle \Phi_1, a_1 \rangle$  e  $arg_2 = \langle \Phi_2, a_2 \rangle$  dois argumentos distintos. Dizemos que  $arg_1$  faz um ataque por *undercut* em  $arg_2$  se e somente se  $\exists \phi \in \Phi_2$  tal que  $a_1 \equiv \neg \phi$ , enquanto que  $arg_1$  faz um ataque por *rebuttal* em  $arg_2$  se e somente se  $a_1 \equiv \neg a_2$ .

**EXEMPLO 2 (cont. 1):** Considere que o seguinte argumento foi apresentado em um diálogo por algum agente argumentativo:  $arg_1 = \langle \{a, a \rightarrow \neg b\}, \neg b \rangle$ . Alguns dos possíveis ataques que  $ag_{bob}$  pode fazer são apresentados na Fig. 1. O argumento  $arg_2 = \langle \{\neg b, d \rightarrow b, a \rightarrow d\}, \neg a \rangle$  faz um ataque por *undercut*, enquanto que  $arg_3 = \langle \{a, a \rightarrow d, d \rightarrow b\}, b \rangle$  faz um ataque por *rebuttal*.

Os agentes argumentativos possuem cinco tipos de fala:

1. *ask to speak*:  $ag_i$  informa ao agente mediador que existem argumentos a serem enviados. Este tipo de fala ocorre quando a base  $S_i \neq \emptyset$ ;

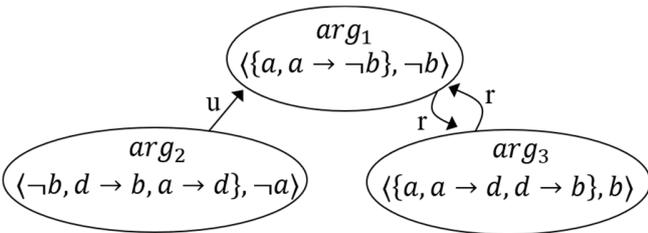


Fig. 1. Tipos de ataque: undercut (u) e rebuttal (r).

2. *propose*:  $ag_i$  envia o conjunto de argumentos armazenados em  $S_i$  ao agente mediador. Este tipo de fala ocorre apenas quando o agente  $ag_i$  recebe o direito de fala;
3. *vote*:  $ag_i$  vota por apoio ou rejeição em uma determinada fórmula do argumento armazenado em  $A_i$ . Ocorre apenas quando o agente mediador solicita pelos votos de apoio e rejeição;
4. *query*:  $ag_i$  consulta por novas fórmulas a outros agentes argumentativos. Pode ocorrer a qualquer instante durante o diálogo. Neste tipo de fala não existe participação do agente mediador. Novas fórmulas podem ser usadas para construção de argumentos;

5. *answer*: enviar um conjunto de fórmulas em resposta a uma solicitação *query*.

Seja  $ARG_i$  o conjunto de todos os argumentos que podem ser construídos a partir de  $\Sigma_i$  e  $arg \in ARG_i$  um argumento. As funções a seguir são usadas para decompor um argumento em fórmulas e átomos:

- *premise*:  $ARG_i \rightarrow \Phi$ , função que retorna o conjunto de fórmulas na premissa de  $arg$ , com  $\Phi \subseteq \Sigma_i$ ;
- *claim*:  $ARG_i \rightarrow \Omega$ , função que retorna a conclusão de  $arg$ ;
- *split*:  $ARG_i \rightarrow F$ , função que retorna o conjunto de todas as fórmulas de  $arg$ , sendo  $F = \Phi \cup \Omega$ ;
- *atoms*:  $F \rightarrow \Pi$ , função que retorna o conjunto de átomos de uma fórmula  $f$  com  $f \in F$ .

Durante a etapa de votação, representamos o conjunto de agentes que apoiam uma fórmula  $f$  por  $Agree[f]$  e o conjunto dos que a rejeitam por  $Reject[f]$ .

**Definição 3:** Uma fórmula  $f$  em um argumento  $arg_1$  enviado pelo agente  $ag_i$  é apoiado por  $ag_j$ , com  $i \neq j$ , se e somente se  $\exists arg_2 \in ARG_j | claim(arg_2) = f$  ou  $\exists \mu \in \Sigma_j | atoms(\mu) = atoms(f)$  e  $\mu \leftrightarrow f$  é uma tautologia. Uma fórmula  $f$  é rejeitada se e somente se  $\exists \mu \in \Sigma_j | atoms(\mu) = atoms(f)$  e  $\mu \leftrightarrow f$  não é uma tautologia.

Podemos observar pela Definição 3 que um agente  $ag_j$  apoia uma fórmula  $f$  de um argumento emitido por  $ag_i$  se ele possui um argumento para ela ( $\langle \{\Phi\}, f \rangle \in ARG_j$ ), ou então se ele a conhece ( $f \in \Sigma_j$ ). A rejeição ocorre quando o agente conhece uma fórmula  $\mu$  contendo os mesmos átomos de  $f$ , mas não são equivalentes.

**EXEMPLO 3 (cont. 1):** Considere que o argumento  $arg_4 = \langle \{a, a \rightarrow \neg d\}, \neg d \rangle$  será analisado para identificação do nível de consenso sobre suas fórmulas. O agente  $ag_{bob}$  vota apoiando a fórmula  $a$ , pois esta fórmula é conhecida pelo agente. A fórmula  $a \rightarrow \neg d$  é rejeitada, já que o agente conhece  $a \rightarrow d$  e  $(a \rightarrow \neg d) \leftrightarrow (a \rightarrow d)$  não é uma tautologia. A fórmula  $\neg d$  é apoiada, pois o agente possui argumentos para  $\neg d$  (ex:  $\langle \{\neg b, d \rightarrow b\}, \neg d \rangle$ ). Observe que  $ag_{bob}$  também possui o argumento para  $d$ :  $\langle \{a, a \rightarrow d\}, d \rangle$ . Argumentos não são utilizados para voto em rejeição, pois eles representam relações de ataque.

As ações que os agentes argumentativos  $ag_i \in \mathcal{AG}$  desempenham são:

- *discArg(arg, y)*: o argumento  $arg$  é armazenado em  $A_i$  com o número inteiro  $y$  indicando sua posição na lista de argumentos a serem discutidos pelo grupo;
- *askSpeak()*: quando  $S_i \neq \emptyset$ , o agente  $ag_i$  informa ao agente mediador que ele possui argumentos para serem enviados;
- *propose()*: quando  $ag_i$  recebe o direito de fala, ele envia todos os argumentos em  $S_i$  ao agente mediador e então  $S_i$  é esvaziada;
- *attack()*: o agente busca por argumentos atacando o argumento em  $A_i$  armazenando-os em  $S_i$ ;
- *voteAgreement(f)*: o agente vota apoiando a fórmula  $f$ ;

- $voteRejection(f)$ : o agente vota rejeitando a fórmula  $f$ ;
- $learn(f, b, di)$ : o agente deve atualizar a base  $\Sigma_i$  com a fórmula  $f$ . Caso  $f \in \Sigma_i$ , então o método  $inform(f, b, di)$  é chamado, caso contrário, a fórmula  $f[di(b)]$  deve ser inserida em  $KO_i$ ;
- $inform(f, b, di)$ : o agente que possuir a fórmula  $f$  em  $\Sigma_i$  deve atualizá-la com  $f[di(b)]$  apenas quando  $di$  não estiver presente no rótulo em  $f$ ;
- $query(ag_j, at)$ : o agente  $ag_i$  solicita ao agente  $ag_j$ , com  $i \neq j$ , por fórmulas que contenham o átomo  $at$ ;
- $answer(ag_j, F)$ : o agente  $ag_i$  responde a uma solicitação de  $ag_j$ , com  $i \neq j$ , retornando um conjunto de fórmulas que possuem o átomo  $at$  solicitado.

#### B. Estrutura do Agente Mediador

**Definição 4:** Um agente mediador  $med$  é uma tupla  $\langle WB, AGENDA, TD, \Delta \rangle$ , onde:

- $WB$  é uma lista ordenada de agentes argumentativos que possuem argumentos para serem enviados ao grupo;
- $AGENDA$  é uma lista que armazena todos os argumentos enviados por um agente quando solicitado;
- $TD = \{td_1, \dots, td_m\}$  é um conjunto de tabelas de diálogos no qual cada tabela  $td_i \in TD$  contém argumentos enviados no diálogo sobre o assunto  $iss_i$ ;
- $\Delta$  é uma base de conhecimentos que armazena todas as fórmulas dos argumentos enviados pelos agentes argumentativos com seus respectivos níveis de consenso.

A lista em  $WB$  é usada pelo agente mediador como um recurso de coordenação que emula uma reunião presencial. Quando um agente argumentativo possuir algum argumento para ser enviado ao grupo, este agente solicita seu registro ( $askSpeak()$ ) ao mediador e aguarda pela sua vez para emissão dos argumentos. Este recurso garante que apenas agentes registrados recebam o direito de fala. Apenas o agente que ocupa a primeira posição da lista em um determinado instante estará habilitado a enviar seus argumentos quando solicitado.

Quando o mediador solicita os argumentos ao agente argumentador, os argumentos recebidos ( $propose()$ ) são armazenados na  $AGENDA$ . Cada argumento precisa ser verificado, ou seja, o agente mediador precisa checar se os argumentos são válidos e se algum argumento já foi apresentado anteriormente durante o diálogo.

**Definição 5:** Um argumento é válido apenas se as fórmulas em  $\Phi$  são aceitas para o assunto em discussão. Uma fórmula  $f$  é aceita para um assunto em discussão  $iss_i$  se ela ainda não foi apresentada no diálogo atual (fórmula sem rótulo para  $iss_i$ ) ou se existe consenso sobre ela (rótulo  $iss_i(b)$  com  $b > 0$ ).

**Exemplo 4 (cont. 1):** Em um diálogo sobre o assunto  $sg$ , o argumento  $\{a[sg(1)], a \rightarrow d, d\}$  é válido, pois existe consenso sobre  $a$  e  $a \rightarrow d$  ainda não foi apresentado em nenhum argumento relacionado ao assunto  $sg$ . O argumento

$\{\neg c[sg(0.4)], \neg c \rightarrow \neg sg[sb(0)], \neg sg\}$  não é válido, pois existe consenso sobre  $\neg c$ , mas não sobre  $\neg c \rightarrow \neg sg$ .

Cada argumento válido na  $AGENDA$  é armazenado em uma linha na tabela de diálogos atual. As tabelas de diálogos são formadas pelos seguintes campos:  $\gamma$  (número sequencial que indica a ordem em que os argumentos são apresentados), o agente emissor do argumento, o argumento emitido, o argumento sendo atacado, a relação de agentes argumentativos que apoiam e rejeitam cada fórmula do argumento e o nível de consenso do grupo sobre cada fórmula do argumento.

Após o processo de votação em cada fórmula do argumento ( $voteAgreement(f)$  e  $voteRejection(f)$ ), o agente mediador calcula o nível de consenso do grupo, armazena esta fórmula com seu respectivo rótulo em  $\Delta$  e informa ao grupo de agentes argumentativos se a fórmula deve ser conhecimento comum ou não.

O agente mediador possui três tipos de falas que estão relacionadas às ações dos agentes argumentativos:

1. *Action*: mensagem por broadcast enviada ao grupo de agentes argumentativos solicitando por alguma ação que não retorna resultados ao mediador, tais como:  $discArg(arg, \gamma)$ ,  $attack()$ ,  $learn(f, b, di)$  e  $inform(f, b, di)$ ;
2. *Inquire*: mensagem por broadcast enviada aos agentes argumentativos solicitando por ações que retornam resultados ao mediador, tais como:  $askSpeak()$ ,  $voteAgreement(f)$  e  $voteRejection(f)$ ;
3. *RequestArgs*: mensagem encaminhada a apenas um agente inscrito na  $WB$  solicitando por seus argumentos, tal como:  $propose()$ .

A Fig. 2 apresenta o modelo de diálogo no processo de formação do conhecimento comum. Este modelo consiste em um protocolo de decisão contendo as atividades que devem ser executadas para: sistematizar um conjunto de ações que exige uma intervenção por um agente externo ao diálogo, padronização na troca de mensagens e melhorar a eficiência da execução das ações necessárias para a tomada de decisão [18]. Este protocolo é conduzido pelo agente mediador: Inicialmente, a estrutura para um novo diálogo é criada (1), envolvendo a criação do  $WB$ ,  $AGENDA$ ,  $TD$  contendo uma tabela de diálogos para o assunto  $td_i$  a ser discutido e a criação do argumento inicial para o diálogo  $\{\{td_i\}, td_i\}$ . O agente mediador envia o argumento ao grupo (2,3) e aguarda por um tempo  $t$  (6) para que os demais agentes possam encontrar por contra-argumentos (4,5). Ao perguntar ao grupo quais agentes possuem argumentos a serem emitidos (7,8), as respostas são atualizadas na  $WB$  na sequência em que são recebidas (9). Para cada agente em  $WB$  é executado o seguinte conjunto de ações: habilita o agente da posição inicial da fila a enviar seus argumentos (10,11), atualizando a  $AGENDA$  com todos os argumentos válidos recebidos (12,13); cada argumento é armazenado na  $td_i$  (14) e informado ao grupo (15,16); o mediador recebe votos de apoio (17-19) e rejeição (20-22) em cada fórmula deste argumento durante o intervalo de tempo  $t$  (23), calcula o valor de consenso das fórmulas  $buf(f)$  (24) e atualiza a  $td_i$  com os novos dados. Dependendo do valor de  $buf(f)$ , esta atualização

pode envolver a inclusão da fórmula na base  $\Sigma_i$  (25,26) ou apenas do rótulo apropriado (27,28).

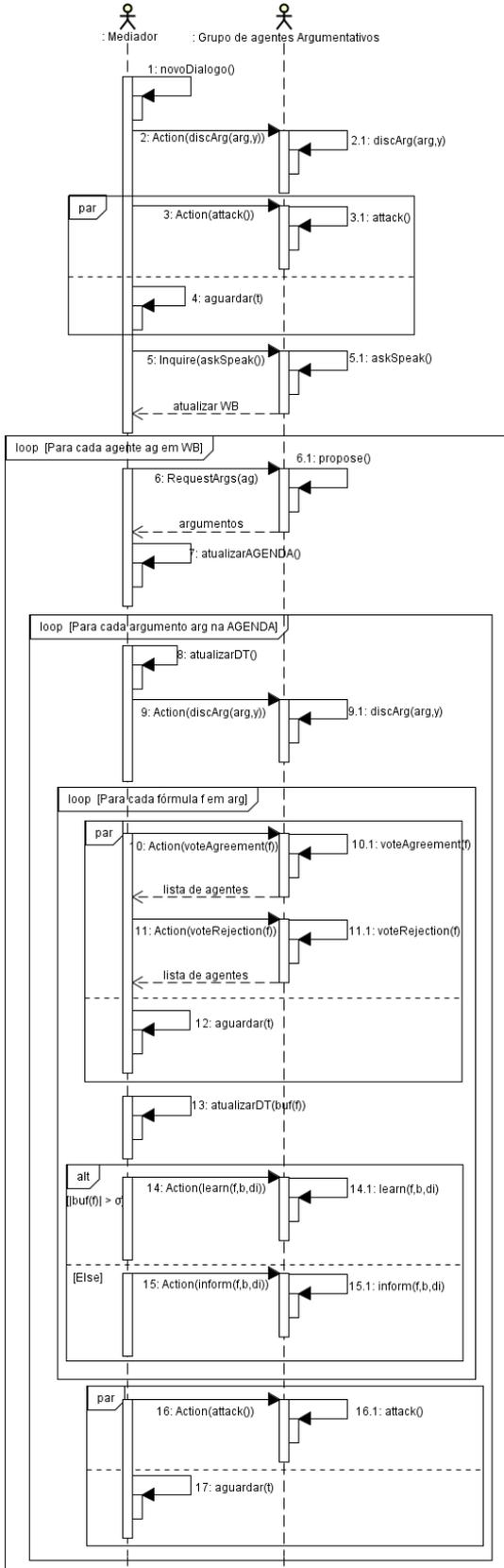


Fig. 2. Modelo de diálogos para a formação do conhecimento comum.

A função  $buf(f)$  funciona como uma função de atualização de crenças. Ela faz o cálculo do nível de consenso do grupo sobre uma fórmula  $f$  que pertence a um argumento, determinando quais fórmulas devem ser aceitas como conhecimento comum.  $med$  solicita por ataques ao argumento atual (29,30) e aguarda o tempo  $t$  (31) para que estes contra-argumentos sejam encontrados para que o próximo argumento seja analisado pelo grupo. O processo de diálogo se encerra quando não existe mais agentes inscritos na  $WB$  e todos os argumentos na  $AGENDA$  tenham sido analisados pelo grupo.

A equação 1 mostra como o valor de  $buf(f)$  é obtido.  $ts_i$  é o valor de  $expertise$  do agente emissor do argumento que contém a fórmula  $\eta$ .

$$buf(\eta) = ts_i + \sum_{ag_j \in Agree[\eta]} ts_j - \sum_{ag_j \in Reject[\eta]} ts_j \quad (1)$$

O resultado da função  $buf(f)$  indica se o grupo deve considerar  $f$  ou  $\neg f$  como aceitas com base no valor de  $\sigma$ . O resultado pode ser obtido por:

$$buf(f) \begin{cases} > \sigma & \Sigma = \Sigma \cup f \\ < -\sigma & \Sigma = \Sigma \cup \neg f \end{cases}$$

Seja  $b = buf(f)$  o valor de consenso sobre  $f$ ,  $iss_k \in ISSUES$  o assunto em discussão e  $ag_i \in \mathcal{AG}$  um agente argumentativo. O valor de  $buf(f)$  indica quando a fórmula  $f$  deve ser aceita ou não pelo grupo:

- Com  $buf(f) > \sigma$ ,  $f[iss_k(b)]$  deve ser considerada conhecimento comum e ser aceita pelo grupo. Caso  $\neg f \in \Sigma_i$ ,  $\neg f[iss_k(0)]$  deve ser atualizada indicando que não existe consenso sobre a fórmula  $\neg f$  no assunto  $iss_k$ ;
- Com  $buf(f) < -\sigma$ ,  $\neg f[iss_k(b) * (-1)]$  deve ser considerada conhecimento comum e ser aceita pelo grupo. Caso  $f \in \Sigma_i$ ,  $f[iss_k(0)]$  deve ser atualizada indicando que não existe consenso sobre a fórmula  $f$  no assunto  $iss_k$ ;
- Com  $buf(f) \in [-\sigma, \sigma]$ ,  $f[iss_k(0)]$  deve ser atualizada quando  $f \in \Sigma_i$ .

O resultado da função  $buf(f)$  indica se o grupo deve considerar  $f$  ou  $\neg f$  como aceitas com base no valor de  $\sigma$ . O resultado pode ser obtido por:

$$buf(f) \begin{cases} > \sigma & \Sigma = \Sigma \cup f \\ < -\sigma & \Sigma = \Sigma \cup \neg f \end{cases}$$

Seja  $b = buf(f)$  o valor de consenso sobre  $f$ ,  $iss_k \in ISSUES$  o assunto em discussão e  $ag_i \in \mathcal{AG}$  um agente argumentativo. O valor de  $buf(f)$  indica quando a fórmula  $f$  deve ser aceita ou não pelo grupo:

- Com  $buf(f) > \sigma$ ,  $f[iss_k(b)]$  deve ser considerada conhecimento comum e ser aceita pelo grupo. Caso  $\neg f \in \Sigma_i$ ,  $\neg f[iss_k(0)]$  deve ser atualizada indicando que não existe consenso sobre a fórmula  $\neg f$  no assunto  $iss_k$ ;
- Com  $buf(f) < -\sigma$ ,  $\neg f[iss_k(b) * (-1)]$  deve ser

considerada conhecimento comum e ser aceita pelo grupo. Caso  $f \in \Sigma_i$ ,  $f[iss_k(0)]$  deve ser atualizada indicando que não existe consenso sobre a fórmula  $f$  no assunto  $iss_k$ ;

- Com  $buf(f) \in [-\sigma, \sigma]$ ,  $f[iss_k(0)]$  deve ser atualizada quando  $f \in \Sigma_i$ .

#### IV. APLICAÇÃO E RESULTADOS

Um exemplo prático com a aplicação do modelo de diálogos usando argumentos para o processo de formação do conhecimento comum é apresentado a fim de discutir os resultados obtidos.

##### A. Aplicação do Modelo

Seja  $FCC = (\{ag_1, ag_2, ag_3\}, \{0.4, 0.4, 0.2\}, \{x\}, med, 10, 0.5)$ . Três agentes argumentativos devem dialogar para determinar quais informações são conhecidas pela maioria dos agentes e devem ser consideradas conhecimento comum pelo grupo. O assunto do diálogo  $x$  se refere a “imigração em um país”. Os agentes argumentam contendo as seguintes informações:  $a$  (país fundado em valores de aceitação, independência de raça ou origem nacional),  $b$  (imigrantes fazem coisas boas pelo país),  $c$  (imigrantes são terroristas e cometem crimes) e  $d$  (existe regulamentação para imigração). As bases de conhecimentos dos agentes argumentativos são:

$$ag_1 = \{\{a, a \rightarrow x, \neg b, \neg b \rightarrow \neg d, d, \neg d \rightarrow x\}, \{\}\}$$

$$ag_2 = \{\{a \rightarrow x, b, b \rightarrow c, \neg d, \neg d \rightarrow \neg x\}, \{\}\}$$

$$ag_3 = \{\{-a, b, \neg b \rightarrow \neg d, d, d \rightarrow x\}, \{\}\}$$

O agente  $med$  inicializa um novo diálogo configurando a  $WB$ ,  $AGENDA$ ,  $TD$  (com a tabela de diálogos  $td_x$ ) e informa o argumento inicial  $arg_1 = \langle \{x\}, x \rangle$  ao grupo. O argumento é armazenado na base  $A_i$  de todos os agentes em  $\mathcal{AG}$ . Apenas o agente  $ag_2$  possui o contra-argumento  $arg_2 = \langle \{\neg d, \neg d \rightarrow \neg x\}, \neg x \rangle$ , solicitando sua inscrição na  $WB$ . Ao ser requisitado,  $ag_2$  envia seus argumentos e, após validados, são armazenados na  $AGENDA$  pelo agente  $med$ . Neste argumento, temos  $Agree[\neg d] = \{ag_1\}$ , pois  $ag_1$  possui um argumento  $\langle \{\neg b, \neg b \rightarrow \neg d\}, \neg d \rangle$ , e  $Reject[\neg d] = \{ag_1\}$ , com  $ag_1$  conhecendo  $d$ , com  $buf(\neg d) = 0.4$ . Como  $buf(\neg d) \in [-\sigma, \sigma]$ , a fórmula  $\neg d$  é informada ao grupo afirmando que não existe consenso suficiente sobre ela quando relacionada ao assunto  $x$ , ou seja, não é conhecimento comum no grupo de agentes. Para as outras fórmulas, temos:  $Agree[\neg d \rightarrow \neg x] = \{\}$  e  $Reject[\neg d \rightarrow \neg x] = \{ag_1, ag_3\}$ , pois  $ag_1$  conhece  $\neg d \rightarrow x$  e  $ag_3$  conhece  $d \rightarrow x$ , com  $buf(\neg d) = -0.2$ ;  $Agree[\neg x] = \{\}$  e  $Reject[\neg x] = \{\}$ , com  $buf(\neg x) = 0.4$ . O mediador solicita por ataques a  $arg_2$  e os agentes  $ag_1$  ( $\langle \{d\}, d \rangle$ ,  $\langle \{\neg b, \neg b \rightarrow \neg d, \neg d \rightarrow x\}, x \rangle$ ,  $\langle \{a, a \rightarrow x\}, x \rangle$ ) e  $ag_3$  ( $\langle \{d, d \rightarrow x\}, x \rangle$ ) solicitam sua inscrição na  $WB$ . O processo continua de forma que, para cada argumento válido na  $AGENDA$ , existe a votação em cada fórmula deste argumento e a mensagem do mediador informando se esta fórmula deve ser ignorada ou aceita pelo grupo. A Tabela I mostra a tabela de diálogos  $td_x$  sobre o assunto  $x$ . Nas colunas  $Agree$ ,  $Reject$  e  $buf$ , cada valor está relacionado a uma fórmula na ordem em que ela aparece no argumento. A Fig. 3 apresenta o grafo de argumentos

relacionado ao diálogo.

TABELA I  
DIÁLOGO ARGUMENTATIVO SOBRE  $x$

$\gamma$	agente	argumento	at $\gamma$	$Agree$	$Reject$	$buf$
1	$med$	$\langle \{x\}, x \rangle$				
2	$ag_2$	$\langle \{\neg d, \neg d \rightarrow \neg x\}, \neg x \rangle$	1	$ag_1$	$ag_1, ag_3$	0.4 -0.2 0.4
3	$ag_1$	$\langle \{d\}, d \rangle$	2	$ag_3$	$ag_2$	0.2
4	$ag_1$	$\langle \{\neg b, \neg b \rightarrow \neg d, \neg d \rightarrow x\}, x \rangle$	2	$ag_3$	$ag_2, ag_3$	-0.2 0.6 -0.2 0.6
5	$ag_1$	$\langle \{a, a \rightarrow x\}, x \rangle$	2	$ag_2$	$ag_3$	0.2 0.6 1.0
6	$ag_3$	$\langle \{b\}, b \rangle$	4	$ag_1, ag_2$	$ag_1$	0.6
7	$ag_3$	$\langle \{\neg a\}, \neg a \rangle$	5	$ag_2$	$ag_1$	0.2

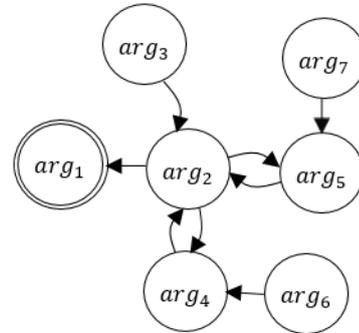


Fig. 3. Grafo de argumentos para  $td_x$ . Nó com linha dupla representa o assunto discutido.

As bases de conhecimentos dos agentes argumentativos ao final do diálogo são:

$$ag_1 = \{\{a[x(0)], a \rightarrow x[x(0.6)], \neg b[x(0)], \neg b \rightarrow \neg d[x(0.6)], d[x(0)], \neg d \rightarrow x[x(0)]\}, \{x[x(0.6)], b[x(0.6)]\}\}$$

$$ag_2 = \{\{a \rightarrow x[x(0.6)], b[x(0.6)], b \rightarrow c, \neg d[x(0)], \neg d \rightarrow \neg x[x(0)]\}, \{x[x(0.6)], \neg b \rightarrow \neg d[x(0.6)]\}\}$$

$$ag_3 = \{\{-a[x(0)], b[x(0.6)], \neg b \rightarrow \neg d[x(0.6)], d[x(0)], d \rightarrow x\}, \{x[x(0.6)], a \rightarrow x[x(0.6)]\}\}$$

A base de conhecimentos do agente mediador possui as seguintes fórmulas avaliadas durante o diálogo:

$$\Delta = \{x[x(0.6)], \neg d[x(0)], \neg d \rightarrow \neg x[x(0)], \neg x[x(0)],$$

$$d[x(0)], \neg b[x(0)], \neg b \rightarrow \neg d[x(0.6)], \neg d \rightarrow x[x(0)],$$

$$a[x(0)], a \rightarrow x[x(0.6)], b[x(0.6)], \neg a[x(0)]\}$$

##### B. Análise dos Resultados

A partir do exemplo prático, é possível observar a relação entre o conhecimento comum e o consenso do grupo de agentes sobre as informações aceitas pelo grupo de agentes. Inicialmente, o agente  $ag_1$  possui dois argumentos afirmando  $x$  ( $\langle \{a, a \rightarrow x\}, x \rangle$  e  $\langle \{\neg b, \neg b \rightarrow \neg d, \neg d \rightarrow x\}, x \rangle$ ),  $ag_3$  possui um argumento afirmando  $x$  ( $\langle \{d, d \rightarrow x\}, x \rangle$ ) e  $ag_2$  possui um argumento contra  $x$  ( $\langle \{\neg d, \neg d \rightarrow \neg x\}, \neg x \rangle$ ). Pelo sistema clássico de votação majoritária,  $x$  seria aceito pelo grupo.

A Tabela II apresenta a posição dos agentes quanto às informações utilizadas no diálogo. Enquanto  $ag_1$  possui inicialmente um argumento afirmando  $a$ , os agentes  $ag_2$  e  $ag_3$  possuem argumentos contrários. Em um sistema de voto

majoritário, o grupo deveria ser contra *a*, entretanto, como cada agente possui uma *expertise* e um limiar determinando um valor para a aceitação do grupo, *a* não é tido como conhecimento comum. Sobre a afirmação *b*, observamos que os agentes *ag*<sub>2</sub> e *ag*<sub>3</sub> possuem argumentos favoráveis, enquanto que *ag*<sub>1</sub> não possui uma posição definida visto que existem argumentos a favor e contra. Quando o agente não possui argumentos válidos determinando a aceitação de uma informação, ela é indeterminada para o agente. A Fig. 4 apresenta os mundos possíveis [13][6] para cada agente antes de iniciar o diálogo para a formação do conhecimento comum. Como cada agente possui suas próprias crenças, neste exemplo, observa-se que nenhum mundo é aceito pela maioria dos agentes.

TABELA II  
ACEITABILIDADE DE INFORMAÇÕES NO INÍCIO DO DIÁLOGO

inf	<i>ag</i> <sub>1</sub>	args	<i>ag</i> <sub>2</sub>	args	<i>ag</i> <sub>3</sub>	args
<i>a</i>	T	{ <i>a</i> , <i>a</i> }	F	{ $\neg d, \neg d \rightarrow \neg x$ , $a \rightarrow x$ , $\neg a$ }	F	{ $\neg a$ , $\neg a$ }
<i>b</i>	?	{ $d, \neg b \rightarrow \neg d$ , <i>b</i> , { $\neg b$ , $\neg b$ }	T	{ <i>b</i> , <i>b</i> }	T	{ <i>b</i> , <i>b</i> , { $d$ , $\neg b \rightarrow \neg d$ , <i>b</i> }
<i>c</i>	?	-	T	{ <i>b</i> , $b \rightarrow c$ , <i>c</i> }	?	-
<i>d</i>	?	{ <i>d</i> , <i>d</i> , { $\neg b, \neg b \rightarrow \neg d$ , $\neg d$ }	F	{ $\neg d$ , $\neg d$ }	T	{ <i>d</i> , <i>d</i> }
<i>x</i>	T	{ <i>a</i> , $a \rightarrow x$ , <i>x</i> , { $\neg b, \neg b \rightarrow \neg d$ , $\neg d \rightarrow x$ }	F	{ $\neg d$ , $\neg d \rightarrow \neg x$ }	T	{ <i>d</i> , $d \rightarrow x$ , <i>x</i> }

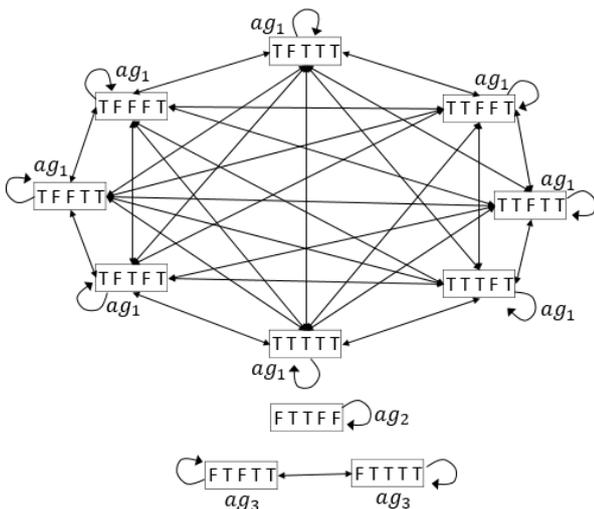


Fig. 4. Mundos possíveis aceitos pelos agentes no início do diálogo para o conjunto de informações *abcdx*.

A Tabela III mostra a posição dos agentes após o diálogo. Entre os fatos apresentados, apenas as fórmulas *b* e *x* foram consentidas. A Fig. 5 apresenta os mundos possíveis para o grupo de agentes após o diálogo, existindo consenso do grupo em quatro mundos. Observa-se que os mundos aonde *b* e *x* são aceitos, são apoiados pela maioria dos agentes. Por meio do consenso, o conjunto de mundos possíveis utiliza também *c*

como aceito, pois o agente *ag*<sub>2</sub> possui um argumento válido para *c*, enquanto que para os demais agentes o valor de *c* é indeterminado (podendo ser verdadeiro ou falso).

TABELA III  
ACEITABILIDADE DE INFORMAÇÕES NO FINAL DO DIÁLOGO

inf	<i>ag</i> <sub>1</sub>	args	<i>ag</i> <sub>2</sub>	args	<i>ag</i> <sub>3</sub>	args
<i>a</i>	?	-	?	-	?	-
<i>b</i>	T	{ <i>b</i> , <i>b</i> }	T	{ <i>b</i> , <i>b</i> }	T	{ <i>b</i> , <i>b</i> }
<i>c</i>	?	-	T	{ <i>b</i> , $b \rightarrow c$ , <i>c</i> }	?	-
<i>d</i>	?	-	?	-	?	-
<i>x</i>	T	{ <i>x</i> , <i>x</i> }	?	{ <i>x</i> , <i>x</i> }	T	{ <i>x</i> , <i>x</i> }

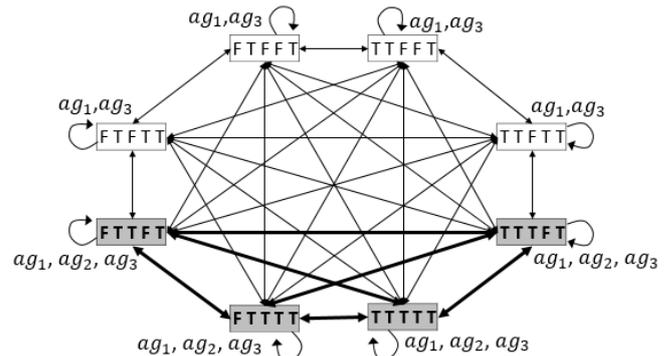


Fig. 5. Mundos possíveis aceitos pelos agentes no início do diálogo para o conjunto de informações *abcdx*. Nó escuro e arestas mais espessas indicam os mundos possíveis e transições em que existe consenso.

Podemos observar que o uso do nível de consenso para determinar a aceitação de uma fórmula e a formação do conhecimento comum em um grupo de agentes permite a aproximação das opiniões entre os agentes, em especial quando aplicadas a um assunto específico sendo dialogado. O modelo de diálogos proposto permite que os agentes mantenham fórmulas contraditórias em suas bases de conhecimento, podendo determinar quais informações são válidas em diferentes assuntos. Além disso, o modelo utiliza uma abordagem numérica baseada na *expertise* dos agentes (quem sabe mais, quem influencia mais o grupo) para o cálculo do nível de consenso das fórmulas dos argumentos. O conjunto de níveis de consenso das fórmulas de um argumento pode ser utilizado para o cálculo da força destes argumentos [2] e, consequentemente, a aplicação de alguma semântica para argumentação ponderada [12][16].

O modelo também permite que as fórmulas dos argumentos sejam revogadas quando não são aceitas pelo grupo. Como um argumento é formado por um conjunto de fórmulas, a revogação das fórmulas pode torná-lo inválido quando já que o suporte do argumento não é aceito como conhecimento comum.

## V. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou um modelo de diálogos argumentativos para o auxílio na formação do conhecimento comum entre um grupo de agentes. O modelo é genérico, podendo ser aplicado a qualquer assunto a ser discutido por um grupo de agentes. A lógica utilizada para a representação da base de conhecimentos, geração de argumentos e relações de ataques e votações é a proposicional, no entanto, outras linguagens lógicas podem ser usadas.

O modelo apresenta três características: Primeiro, permite que os agentes dialoguem trocando argumentos por meio de relações de ataque, enquanto que o suporte ocorre por meio da votação nas fórmulas dos argumentos ou ataques aos contra-argumentos. Segundo, por meio da *expertise* dos agentes, podemos avaliar os argumentos de forma numérica, representando o quanto cada fórmula do argumento (ou o argumento como um todo) é aceito pelo grupo de agentes. Terceiro, o resultado obtido após o diálogo permite uma aproximação de opiniões do grupo de agentes. Desta forma, o grupo pode aplicar o modelo em problemas de tomada de decisões consensual. Por fim, o modelo faz uma relação direta entre o conhecimento comum e o consenso. Quando uma informação é tomada como conhecimento comum, existe um consenso do grupo aceitando esta informação.

Existem diversas formas de estender este trabalho. Algumas das direções futuras envolvem (1) a elaboração de um mecanismo para a atribuição de uma força consensual aos argumentos avaliados pelo grupo e semânticas para tomada de decisão consensual, (2) aplicação do modelo na tomada de decisões em que seja possível o bloqueio da alternativa preferida pelo grupo quando não existe recurso necessário para a sua execução e (3) aplicação de um sistema de reputação para atribuir a *expertise* dos agentes de forma que cada valor esteja relacionado com o tipo de informação apresentada no argumento e a especialidade dos agentes.

#### REFERÊNCIAS

- [1] A. G. L. Romme. Unanimity rule and organizational decision making: A simulation model. *Journal of Organization Science*, Vol. 15, No. 6, pp 704-718, 2004.
- [2] C. Cayrol and M. C. Lagasque-Schiex. Graduality in Argumentation. *Journal of Artificial Intelligence Research*, Vol. 23, No. 1, pp 245-297, 2005.
- [3] D. Grossi and G. Pigozzi. Judgment aggregation: a primer. *Synthesis Lectures on Artificial Intelligence and Machine Learning*, pp 1-151, 2014.
- [4] G. Bodanza, F. Tohmé and M. Auday. Collective argumentation: a survey of aggregation issues around argumentation frameworks. *Journal of Argument & Computation*. Vol. 8, No. 1, pp 1-34, 2017.
- [5] I. Rahwan and G. R. Simari. *Argumentation in artificial intelligence*. Heidelberg: Springer, 2009.
- [6] J. Halpern. Reasoning about knowledge: an overview. *Proceedings of the Conference on Theoretical Aspects of Reasoning About Knowledge*, pp 1-17, 1986.
- [7] J. Y. Halpern and Y. Moses. Knowledge and common knowledge in a distributed environment. *Journal of the ACM*, Vol. 37, No. 3, pp 549-587, 1990.
- [8] L. Amgoud and H. Prade. Using arguments for making and explaining decisions. *Journal of Artificial Intelligence*, Vol. 173, No. 3, pp 413-436, 2009.
- [9] L. Amgoud, S. Belabbes and H. Prade. A formal general setting for dialogue protocols. *International Workshop on Argumentation in Multi-Agent Systems*, pp 264-278, 2006.
- [10] L. Ménager. Consensus and common knowledge of an aggregate of decisions. *Journal of Games and Economic Behaviour*, Vol. 62, No. 2, pp 722-731, 2008.
- [11] P. Besnard and A. Hunter. Constructing argument graphs with deductive arguments: a tutorial. *Journal of Argument & Computation*. Vol. 5, No. 1, pp 5-30, 2014.
- [12] P. E. Dunne, A. Hunter, P. McBurney, S. Parsons, M. Wooldridge. Weighted argument systems: basic definitions, algorithms, and complexity results. *Journal of Artificial Intelligence*, Vol. 175, No. 2, pp 457-486, 2011.
- [13] R. Fagin and J. Halpern. Reasoning about knowledge and probability. *Journal of the ACM*, Vol. 41, No. 2, pp 340-367, 1994.
- [14] R. Fagin, J. Y. Halpern, Y. Moses and M. Y. Vardi. Reasoning about knowledge. London, England: MIT Press, 2004.
- [15] R. Singh and L. Benyoucef, A consensus based group decision making methodology for strategic selection problems of supply chain coordination. *Journal of Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol. 26, No. 1, pp 122-134, 2013.
- [16] S. Coste-Marquis, S. Konieczny, P. Marquis and M. A. Ouali. Selecting Extensions in Weighted Argumentation Frameworks. *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, Vol. 245, No. 1, pp 342-349, 2012.
- [17] S. Parsons and P. McBurney. Argumentation-Based Dialogues for Agent Co-ordination. *Journal of Group Decision and Negotiation*, Vol. 12, No. 12, pp 415-439, 2003.
- [18] M. V. D. Silva and R. J. Rabelo. A Semi-Automated Distributed Decision Support System Virtual Enterprises. *Journal of IEEE Latin America Transactions*, Vol. 10, No. 1, pp 1235-1242, 2012.
- [19] F. J. Cabrerizo, F. Chiclana, R. Al-Hmouz, A. Morfeq, A. S. Balamash and E. Herrera-Viedma. Fuzzy decision making and consensus: challenges. *Journal of Intelligent & Fuzzy System*, Vol. 29, No. 3, pp. 1109-1118, 2015.
- [20] C. C. Pereira, A. G. B. Tettamanzi and S. Villata. Changing one's mind: Erase or rewind? Possibilistic belief revision with fuzzy argumentation based on trust. *Proceedings of IJCAI*, Vol. 1, pp. 164-171, 2011.
- [21] J. Leite and J. Martins. Social Abstract Argumentation. *Proceedings of IJCAI*, Vol. 22, pp. 2287-2292, 2011.



**Ayslan Trevizan Possebom** é Mestre em Ciência da Computação pela Universidade Estadual de Maringá (UEM) e Doutorando em Engenharia Elétrica e Informática Industrial pela UTFPR. Professor do ensino básico, técnico e tecnológico no Instituto Federal do Paraná (IFPR) câmpus Paranavaí. Áreas de interesse: sistemas multiagentes, argumentação e tomada de

decisão em grupo.



**Mariela Morveli-Espinoza** é Mestre em Engenharia de Sistemas e Computação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Foi pesquisadora no Instituto de Investigação em Inteligência Artificial (IIIA-CSIC). Atualmente é Doutoranda em Engenharia Elétrica e Informática Industrial pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Áreas de interesse: argumentação e sistemas multiagente.



**César Tacla** é Mestre em Engenharia Elétrica e Informática Industrial pela UTFPR e Doutor em Informática pela Universidade de Tecnologia de Compiègne. Atualmente é professor associado no Departamento Acadêmico de Informática da UTFPR. Áreas de interesse: sistemas multiagente, ontologias, argumentação e sistemas cooperativos.