



Paulo Henrique Cardoso Alves

**Agentes de Software com Traços de
Personalidade baseados na Arquitetura
BDI para Tomada de Decisões Normativas**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Informática da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Informática.

Orientador: Prof. Carlos José Pereira de Lucena

Rio de Janeiro
Agosto de 2017



Paulo Henrique Cardoso Alves

**Agentes de Software com Traços de
Personalidade baseados na arquitetura
BDI para Tomada de Decisões
Normativas**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Informática da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Carlos José Pereira de Lucena

Orientador

Departamento de Informática – PUC-Rio

Prof. Hélio Côrtes Vieira Lopes

Departamento de Informática – PUC-Rio

Prof. Simone Diniz Junqueira Barbosa

Departamento de Informática – PUC-Rio

Marx Leles Viana

Pesquisador Autônomo

Prof. Márcio da Silveira Carvalho

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 02 de Agosto de 2017

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Paulo Henrique Cardoso Alves

É bacharel em Sistemas de Informação (Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro) em 2014. Atualmente atua na área de Desenvolvimento de Software Orientado a Agentes no Laboratório de Engenharia de Software (LES), da PUC-Rio.

Ficha Catalográfica

Alves, Paulo Henrique Cardoso

Agentes de Software com Traços de Personalidade baseados na arquitetura BDI para Tomada de Decisões Normativas / Paulo Henrique Cardoso Alves; orientador: Carlos José Pereira de Lucena. Rio de Janeiro: PUC-Rio, Departamento de Informática, 2017.

v., 57 f.; il. ; 29,7 cm

1. Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática, 2017.

Incluí referências bibliográficas.

1. Informática – Teses. 2. Sistemas Multiagentes. 3 Resolução de Conflitos Normativos. 4 Sistemas Normativos. 5 Traços de Personalidade. I. Lucena, Carlos José Pereira de. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

À minha família por todo carinho, apoio e confiança.

Agradecimentos

Aos meus pais, Raul Alves e Cristina Cardoso, ao meu irmão Rafael Alves pelo estímulo, apoio e conselhos durante toda minha vida. Agradeço a eles em especial por sempre me mostrar que não existem barreiras quando buscamos nossos sonhos.

À minha esposa Elen Rocha Bravo e ao meu filho Miguel Bravo Alves, por toda parceria e compreensão, sempre me dando suporte para enfrentar todas as dificuldades nessa fase de nossa vida.

Ao meu orientador e amigo Professor Carlos José Pereira de Lucena, pela paciência e inestimável apoio prestado durante a realização deste trabalho e, principalmente, pela oportunidade de muito aprender com a experiência e conhecimento científico que lhe pertence.

Aos meus amigos que fizeram meus dias mais felizes e foram de grande ajuda para que este trabalho fosse realizado, muito obrigado a todos!

Ao pessoal do LES pela ajuda de todos os dias e dedicação ao nosso trabalho, em especial a Vera Menezes, pela paciência e por todos os conselhos.

À CAPES e à PUC-Rio, pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

Resumo

Alves, Paulo Henrique Cardoso; Lucena, Carlos José Pereira de (Orientador). **Agentes de Software com Traços de Personalidade baseados na Arquitetura BDI para Tomada de Decisões Normativas**. Rio de Janeiro, 2017. 57p. Dissertação de Mestrado — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Normas são aplicadas em sistemas multiagentes como mecanismos capazes de restringir o comportamento dos agentes de software com o objetivo de alcançar uma ordem social desejável. Entretanto, essas normas podem entrar em conflito, como por exemplo, uma norma que proíbe um agente de realizar uma determinada ação e outra norma que obriga o mesmo agente a realizar a mesma ação no mesmo intervalo de tempo. A decisão do agente sobre quais normas serão cumpridas pode ser definida com base nas recompensas e punições normativas e nos objetivos do agente. No entanto, em determinadas situações a avaliação desses atributos pode não ser o suficiente para permitir que o agente efetue uma tomada de decisão satisfatória. Nesse contexto, foi elaborada uma abordagem que considera traços de personalidade em agentes de software para aprimorar o processo de resolução de conflitos normativos e a escolha dos planos para tomada de decisões, além de realizar a comparação da abordagem proposta com diferentes abordagens encontradas na literatura.

Palavras-chave

Resolução de Conflitos Normativos; Sistemas Multiagentes; Agentes Normativos; Traços de Personalidade.

Abstract

Alves, Paulo Henrique Cardoso; Lucena, Carlos José Pereira de (Advisor). **Software Agents with Personality Traits based on BDI Architecture to Improve Normative Decision Making Process**. Rio de Janeiro, 2017. 57p. Dissertação de Mestrado — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Norms are applied in multiagent systems as mechanisms capable of restricting the behavior of software agents in order to achieve a desirable social order. However, norms eventually can be conflicting — for example, when there is a norm that prohibits an agent to perform a particular action and another norm that obligates the same agent to perform the same action in the same period of time. The agent's decision about which norms to fulfill can be defined based on rewards, punishments and agent goals. Sometimes, this balance will not be enough to allow the agent to make the best decision. In this context, this proposal introduces an approach that considers the agent's personality traits in order to improve the plan decision-making process and resolving normative conflicts. Our approach's applicability and validation is demonstrated by an experiment that reinforces the importance of considering the norms both in the agent's and society's points of view.

Keywords

Solving Normative Conflicts; Normative Agents; Multiagent Systems; Personality Traits.

Sumário

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | Introdução | 11 |
| 1.1 | Motivação | 13 |
| 1.2 | Problema | 14 |
| 1.3 | Limitações dos Abordagens Atuais | 14 |
| 1.4 | Solução Proposta | 15 |
| 1.5 | Contribuições Esperadas | 15 |
| 1.6 | Organização da Dissertação | 16 |
| 2 | Fundamentação Teórica | 17 |
| 2.1 | Sistemas Multiagentes | 17 |
| 2.2 | Agentes em iOS | 18 |
| 2.3 | Arquitetura BDI | 19 |
| 2.4 | Normas | 20 |
| 2.5 | Traços de Personalidade | 24 |
| 2.6 | Considerações Finais | 25 |
| 3 | Trabalhos Relacionados | 26 |
| 3.1 | Agentes Normativos | 26 |
| 3.2 | Utilização de Traços de Personalidade | 28 |
| 3.3 | Considerações Finais | 30 |
| 4 | Agentes Normativos com Traços de Personalidade | 31 |
| 4.1 | Arquitetura | 31 |
| 4.2 | O Framework | 35 |
| 4.3 | Hot-Spots e Frozen-Spots | 36 |
| 4.4 | Considerações Finais | 38 |
| 5 | Cenário de uso | 39 |
| 5.1 | Estudo Exploratório | 39 |

| | | |
|-----|---|----|
| 5.2 | Cenário de uso – Resgate de Civis em Áreas de Risco | 42 |
| 5.3 | Considerações Finais | 46 |
| 6 | Experimento | 47 |
| 6.1 | Análise Sobre Cada Abordagem | 47 |
| 6.2 | Comparação entre Abordagens | 50 |
| 6.3 | Considerações Finais | 52 |
| 7 | Conclusões e Trabalhos Futuros | 53 |
| 8 | Referências bibliográficas | 55 |

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1: Arquitetura BDI genérica (Wooldridge et al., 1999). | 19 |
| Figura 2: Conflito – Proibição e Permissão. | 23 |
| Figura 3: Conflito – Permissão e Obrigação. | 23 |
| Figura 4: Separação de normas por grupos..... | 24 |
| Figura 5: Arquitetura interna do agente BDI baseado em traços de personalidade..... | 32 |
| Figura 6: Cálculo da contribuição normativa com traços de personalidade..... | 33 |
| Figura 7: Exemplo de aplicação do modelo OCEAN. | 34 |
| Figura 8: Arquitetura do framework..... | 35 |
| Figura 9: Período conflitante do estudo inicial. | 40 |
| Figura 10: Período conflitante do cenário de uso sobre resgate de civis. | 45 |
| Figura 11: Análise do perfil Rebelde. | 48 |
| Figura 12: Análise do perfil Social. | 48 |
| Figura 13: Análise do perfil Pressionado..... | 49 |
| Figura 14: Análise do perfil NBDI. | 49 |
| Figura 15: Análise do perfil com Traços de Personalidade..... | 50 |
| Figura 16: Satisfação Individual. | 50 |
| Figura 17: Contribuição Social. | 51 |

Lista de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Propriedades de uma norma..... | 21 |
| Tabela 2: Exemplos de traços de personalidade. | 33 |
| Tabela 3: Descrição das normas..... | 39 |
| Tabela 4: Propriedades das normas do cenário. | 44 |

Sistemas Multiagentes (SMAs) são sociedades nas quais entidades (agentes) heterogêneas e individuais trabalham para realizar objetivos comuns ou próprios (Viana, Alencar & Lucena, 2016) (Wooldridge, 2002). Para lidar com a autonomia e a diversidade de interesses entre diferentes agentes, alguns sistemas provêm um conjunto de normas como mecanismos para restringir o comportamento dos agentes definindo o que o agente é obrigado, permitido, ou proibido de realizar para estimular o cumprimento de uma norma através de recompensas e desencorajar a violação de uma norma aplicando punições (Figueiredo, Silva & Braga, 2010).

As normas devem ser cumpridas por um determinado conjunto de agentes e incluem também objetivos normativos que devem ser satisfeitos pelos agentes endereçados pela norma. Uma norma indica um conjunto de sanções que serão aplicadas pelo sistema quando um agente cumpre ou viola o objetivo normativo. Além disso, normas não estão sempre ativas durante a execução do sistema; as ativações dependem do ambiente em que os agentes estão situados.

O processo de tomada de decisão, a respeito de quais normas serão cumpridas ou violadas, pode ser definido com base nos objetivos do agente e na análise de sua contribuição normativa, ou seja, entre recompensas e punições (Viana, Alencar & Lucena, 2016), (Santos Neto, 2011). Considerando que a satisfação dos objetivos do agente seja a prioridade, antes de cumprir as normas, o agente deve avaliar o impacto positivo e negativo sobre seus objetivos (López & Márquez, 2004). As normas não podem impactar a autonomia do agente: cumprir ou violar uma norma é uma decisão do próprio agente; é possível descumprir todas as normas do ambiente caso ele considere necessário. No entanto, eventualmente as normas podem entrar em conflito ou serem inconsistentes entre si (Vasconcelos, Kollingbaum & Norman, 2007). Por exemplo, diferentes normas podem, em um mesmo momento, proibir e obrigar um agente a cumprir um mesmo objetivo e a análise entre: (i) objetivos do agente, (ii) recompensas e (iii) punições pode não ser

suficiente para que o agente opte por tomar a decisão mais adequada em uma determinada ocasião.

A arquitetura abstrata de um agente normativo desenvolvida por (López & Márquez, 2004) possui quatro principais etapas: (i) *agent perception*, isto é, quando a crença do agente é atualizada; (ii) *norm adoption*, isto é, quando o agente verifica o papel a quem a norma é destinada; (iii) *norm deliberation*, isto é, quando o agente verifica quais normas estão em conflito e quais normas ele pretende cumprir ou violar, e (iv) *norm compliance*, isto é, quando o agente decide cumprir ou violar as normas. Em busca de aprimorar o processo de deliberação para lidar com normas conflitantes, foi realizada uma alteração no processo em questão para que o agente considere também seus traços de personalidade. A adição dessas características foi utilizada para auxiliar o processo de decisão do agente de software e para determinar, por exemplo, o autocontrole e o grau de adaptação em determinadas situações. Para demonstrar a diferença de comportamento dos agentes, quando considerados seus objetivos e traços de personalidade, foi elaborado um cenário de uso onde o agente deve decidir qual norma trará maiores benefícios entre duas normas conflitantes com a mesma contribuição normativa. Esse cenário será explicado em detalhes no capítulo 5.

Nesse contexto, foi elaborada uma abordagem para criação de agentes BDI (*Belief-Desire-Intention*) (Bratman, 1987) considerando traços de personalidade (Barbosa, Silva, Furtado & Casanova, 2007) e fatores emocionais (Padgham & Taylor, 1996) através do modelo *big-5* ou também conhecido como *OCEAN Model* (McCrae & John, 1992) para auxiliar o processo de tomada de decisão e resolução de conflitos normativos. Essa abordagem fornece novos recursos para o agente lidar com as normas conflitantes, designando ao agente características humanas para realizar simulações mais próximas à realidade. Portanto, baseado nessa abordagem, foi desenvolvido um framework que provê um conjunto de *hot-spots* e *frozen-spots* que permitam a sua implementação. Através do uso destas novas funções, que consideram estados emocionais e traços de personalidade, é possível construir agentes: (i) que utilizam traços de personalidade associados aos objetivos do agente para auxiliar o processo de tomada de decisão referente a resolução de conflitos normativos e seleção de planos; (ii) cujos comportamentos sejam mais próximos ao comportamento humano, e (iii) que avaliam os efeitos em seus desejos (*desires*) de cumprir ou violar as normas.

1.1

Motivação

Há alguns anos, alunos de mestrado e doutorado do Laboratório de Engenharia de Software (LES) da PUC-Rio realizaram o desenvolvimento de sistemas de software para predição de deslizamento de terra (Cerqueira, 2009) e simulação de evacuação de pessoas em áreas de risco (Santos Neto, 2012b) nas regiões de encosta do Estado do Rio de Janeiro. No entanto, esses sistemas eram compostos por agentes de softwares normativos, capazes de raciocinar sobre normas com o uso de diferentes tipos de estratégias pré-fixadas.

Então percebeu-se a oportunidade de desenvolver um modelo de raciocínio interno ao agente para criar agentes normativos com traços de personalidade, ou seja, criar agentes capazes de lidar com restrições (normas) de ambiente e utilizar as informações a respeito de seus traços de personalidade para contribuir com a sua tomada de decisão.

Com o objetivo de exemplificar diferentes tomadas de decisão, serão elaborados dois cenários de uso. No primeiro cenário o agente deve decidir o meio de transporte a ser utilizado para voltar à sua residência, através de uma bicicleta ou através da utilização de um ônibus, tendo como base seu objetivo de melhorar seu condicionamento físico e tendo o espírito aventureiro como traço de personalidade. Então duas normas serão criadas no ambiente e o agente deverá decidir com qual norma ele irá cumprir com base no seu objetivo e traço de personalidade.

O segundo cenário se situa no domínio de evacuação de pessoas em áreas de risco. O resultado ideal para os bombeiros seria resgatar e prestar o maior número de atendimentos possível aos feridos. Entretanto, os bombeiros têm um grupo limitado de recursos, que são regulados pelo comandante dos bombeiros. Esta regulação é feita através de normas, que restringem o comportamento dos bombeiros para que o resgate ocorra de forma coordenada e com o melhor aproveitamento destes recursos. Por exemplo, estes recursos podem ser veículos aéreos, veículos terrestres e equipamentos de escavação. Dado que os recursos são escassos, o comandante dos bombeiros é responsável por gerenciar a assistência de recursos aos grupos de salvamento. Para gerenciar os recursos, o comandante

precisa adaptar o seu comportamento com relação as normas do sistema, com o objetivo de assistir a todos os salvamentos, priorizando a forma como os recursos devem ser distribuídos.

1.2 Problema

Diversos trabalhos abordam a resolução de conflitos normativos (Viana, Alencar & Lucena, 2016), (Neto, Silva & Lucena, 2011), (Criado, Argente, Noriega & Botti, 2010), (Lopez, 2003), entretanto estas abordagens utilizam apenas a análise da contribuição normativa e não aplicam traços de personalidade para auxiliar o processo de deliberação de normas de um agente de software.

Embora tenham sido elaborados trabalhos envolvendo agentes com traços de personalidade (Doce, Dias, Prada & Paiva, 2010) e também trabalhos envolvendo o conceito da arquitetura BDI e traços de personalidade, conforme é apresentado em (Jones, Saunier & Lourdeaux, 2009) e (Pereira, Oliveira, Moreira & Sarmento, 2005), nenhum desses trabalhos mostrou ser possível desenvolver agentes capazes de lidar com questões normativas que utilizassem traços de personalidade no seu processo de decisão.

Diante disso, notou-se a necessidade de construir mecanismos que permitam a utilização dos traços de personalidade de um agente no seu processo de deliberação, mais precisamente na etapa de resolução de conflitos normativos e na escolha de planos para deliberação de normas.

1.3 Limitações dos Abordagens Atuais

Embora seja possível encontrar soluções na literatura que possibilitam o projeto e/ou implementação de agentes capazes de lidar com normas ou utilizar de alguma forma traços de personalidade (Viana, Alencar & Lucena, 2016; Lopez, 2003; Criado, Argente, Noriega & Botti, 2010; Neto, Silva & Lucena, 2011; Criado, Argente, Noriega & Botti, 2010; Pereira, Oliveira, Moreira & Sarmento, 2005; Barbosa, Silva, Furtado & Casanova, 2007; Padgham & Taylor, 1997; Jones, Saunier & Lourdeaux, 2009), nenhuma delas apresenta o uso de traços de personalidade na resolução de conflitos normativos e na escolha de planos para o agente cumprir com um determinado objetivo.

1.4 Solução Proposta

Este trabalho apresenta uma abordagem para o desenvolvimento de agentes BDI normativos com traços de personalidade com o objetivo de auxiliar o processo de tomada de decisão do agente na seleção de planos e em situações onde haja a ocorrência de conflitos normativos. Um artigo elaborado sobre a solução proposta foi aceito e apresentado na conferência SEKE 2017¹, o qual trata da criação de uma ferramenta para construção de agentes normativos com traços de personalidade capazes de lidar com normas, onde o foco está na detecção e resolução de conflitos entre normas. Posteriormente a aplicação de traços de personalidade na seleção de planos especificamente foi elaborada e ao final do trabalho foi realizado um experimento para comparar a abordagem proposta com as abordagens encontradas na literatura. Em resumo, a partir da abordagem proposta será possível criar agentes capazes de:

- Perceber normas endereçadas a eles;
- Selecionar quais normas devem ser cumpridas ou violadas de acordo com o seu traço de personalidade;
- Detectar e solucionar conflitos entre normas utilizando os traços de personalidade para auxiliar o processo de solução;
- Selecionar planos para alcançar seus objetivos considerando também seus traços de personalidade e as restrições do ambiente.

1.5 Contribuições Esperadas

Esta seção descreve as principais contribuições esperadas:

- Desenvolver uma arquitetura de agente de software para tratar conflitos normativos utilizando o modelo BDI levando em consideração seus traços de personalidade;

¹ <https://ksiresearchorg.ipage.com/seke/seke17.html>

- Utilizar os traços de personalidade para auxiliar o processo de escolha de planos;
- Desenvolver um *framework* com base na arquitetura proposta;
- Aplicar o *framework* no cenário de resgate de civis em áreas de risco para demonstrar sua validade;
- Comparar o comportamento dos agentes de software em casos de conflitos entre normas quando considerados os traços de personalidade e quando essas características não são consideradas;
- Comparar a abordagem proposta com diferentes perfis sociais. Para isso pretende-se levar em consideração os objetivos individuais do agente e seus traços de personalidade em relação ao quanto ele pode contribuir socialmente.

1.6

Organização da Dissertação

Esta dissertação está estruturada como segue:

- No Capítulo 2 são apresentados alguns conceitos e tecnologias utilizadas na abordagem;
- No Capítulo 3 são descritos alguns dos trabalhos relacionados;
- No Capítulo 4 é desenvolvida a abordagem para utilização de traços de personalidade em agentes de software normativos com base na arquitetura BDI;
- No Capítulo 5 estão descritos os cenários de uso;
- No Capítulo 6 é apresentado o experimento realizado para comparação de diferentes abordagens;
- No Capítulo 7 são apresentadas as conclusões e trabalhos futuros;
- No Capítulo 8 são apresentadas as referências bibliográficas.

2

Fundamentação Teórica

Esta seção descreve as principais características dos conceitos de sistemas multiagentes, modelo BDI, normas, conflito entre normas e aplicação de traços de personalidade.

Em primeiro lugar será abordado o conceito de SMAs, depois será discutida a estrutura do modelo BDI e seu funcionamento. Além disso, será apresentado o que são normas e como elas são entendidas pelos agentes. Em seguida será apresentado como e quando acontecem os conflitos normativos

2.1

Sistemas Multiagentes

Sistemas multiagentes são compostos por múltiplos elementos computacionais interativos chamados agentes (Wooldridge, 2009). Eles são considerados software que simulam uma interação humana, fazendo algo que outra pessoa poderia fazer por você. Janca (1995) define um agente como uma entidade de software onde tarefas podem ser delegadas. Para capturar essa variedade, uma definição relativamente fraca de um agente pode ser feita como um programa autossuficiente, capaz de controlar suas próprias tomada de decisão e agir com base em sua percepção do ambiente em busca de um ou mais objetivos.

Um SMA pode ser definido por um sistema computacional em que dois ou mais agentes autônomos interagem ou trabalham em conjunto de forma a desempenhar determinadas tarefas ou satisfazer um conjunto de objetivos (Wooldridge, 2002). Existem duas principais características distintivas para agentes. Em primeiro lugar, tarefas relativamente de alto nível podem ser delegadas aos agentes, que as realizarão de forma autônoma. Em segundo lugar, os agentes estão situados em um ambiente que pode dinamicamente afetar seu comportamento e estratégia na resolução do problema (Jennings & Wooldridge, 1996). Para permitir a construção de sociedades de agentes é preciso gerir as interações e as dependências das atividades dos diferentes agentes no contexto do SMA, isto é,

coordenar esses agentes. Desta forma, a coordenação desempenha um papel essencial nos SMA, pois são sistemas inerentemente distribuídos.

Além disso, existem outras motivações para utilizar a abordagem de SMA na resolução de problemas e desenvolvimento de sistemas, entre elas estão: (i) a dimensão do problema pode ser extensa e complexa, o uso da abordagem de SMA pode auxiliar a modelagem do problema; (ii) o uso de SMAs permite a interconexão e interoperação de sistemas legados; (iii) essa abordagem pode prover uma solução mais natural para problemas que, se definidos da forma tradicional, podem se tornar extremamente complexos; (iv) com o paralelismo, atribuindo diferentes tarefas a diferentes agentes a execução pode se tornar mais eficiente; e (v) a escalabilidade permite o aumento da quantidade de agentes num determinado sistema.

As propriedades fundamentais que caracterizam um agente segundo (Jennings & Wooldridge, 2000) e (Wooldridge, 2002) são: (i) Autonomia, agentes devem ser capazes de realizar a maior parte de suas atividades sem a interferência direta de um humano e devem ter certo nível de controle sobre suas ações e estados; (ii) Habilidade Social, compreende a capacidade de interagir com outros agentes e seres humanos a fim de atingir seus objetivos ou ajudar outros com suas atividades; (iii) Reatividade, que considera a capacidade de perceber e responder a estímulos do ambiente e a qualquer mudança que nele ocorra; (iv) Proatividade, agentes devem ser capazes de visualizar oportunidades e devem ser capazes de responder aos estímulos do ambiente de forma oportuna, orientando-se por seus objetivos e tomando a iniciativa quando apropriado.

2.2

Agentes em iOS

Em relação a sistemas multiagentes aplicados ao ambiente *iOS*, até o presente momento não há um *framework* consolidado no âmbito acadêmico, entretanto recentemente foi desenvolvido o *framework* iMOBILE (Miranda, Diniz & Lucena, 2015), que possibilita a criação de sistemas multiagentes no ambiente iOS. Nesse ambiente é oferecida uma solução para comunicação entre dispositivos chamada de *Bonjour* Networking, desenvolvido por ZeroConf² 1999 e Apple³2005. Essa é uma

² <http://www.zeroconf.org>

³ <https://developer.apple.com/bonjour/>

implementação “Zero Configuração”, ou seja, é um grupo de tecnologias que incluem descoberta de serviços, atribuição de endereços e resolução de nomes do servidor. Com ele é possível localizar dispositivos tais como impressoras, *smartphones*, *tablets* e outros computadores, em geral outros dispositivos que ofereçam em uma rede local usando uma mDNS (multicast Domain Name System) (Manning & Woodcock, 2000).

O Bonjour é uma proposta da Apple para redes com zero configuração sobre IP. Ele foi criado pelo grupo de trabalho ZeroConf, componente do IETF⁴ (*Internet Engineering Task Force*) e as soluções propostas foram elaboradas para cobrir essencialmente três áreas: (i) endereçamento, atribuição de endereços IP para hosts; (ii) nomeação, usando nomes para se referir a hosts ao invés de utilizar endereços IP e (iii) descoberta de serviço, para encontrar serviços na rede automaticamente.

2.3

Arquitetura BDI

O modelo BDI (*Belief-Desire-Intention*) foi proposto por (Bratman, 1987) como uma teoria filosófica sobre raciocínio prático, representando, respectivamente, as informações dos agentes e estados motivacionais e deliberativos. Esse modelo é composto por duas principais etapas: (i) aplicação de um filtro para criar um conjunto de objetivos que o agente deve cumprir baseado em suas crenças (*beliefs*) e (ii) avaliação de quais desejos podem ser atingidos baseados nos recursos disponíveis para o agente (Wooldridge & Ciancarini, 2001).

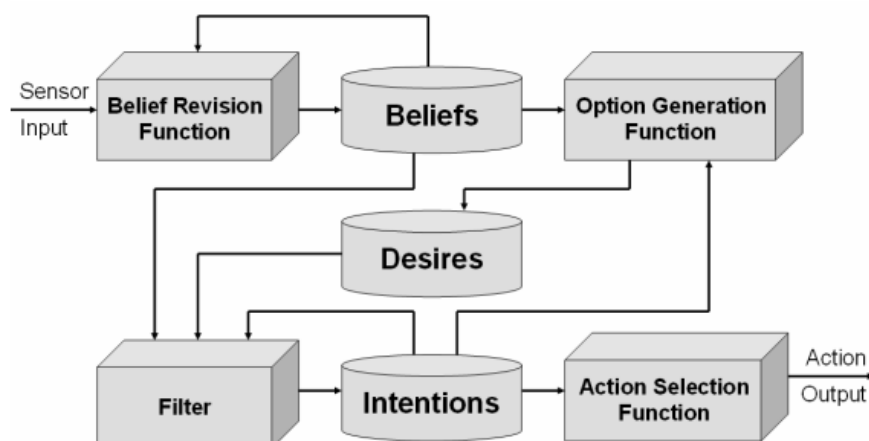


Figura 1: Arquitetura BDI genérica (Wooldridge et al., 1999).

⁴ <https://www.ietf.org>

O modelo BDI é composto por três estados mentais: (i) crenças (*beliefs*), que representam os fatores ambientais que são atualizados após cada mudança percebida pelo agente, representando o conhecimento sobre o mundo; (ii) desejos (*desires*), que possuem a informação sobre os objetivos que o agente deseja alcançar - representando o estado motivacional do agente e (iii) intenções (*intentions*), que representam a ação do plano escolhido. A Figura 1 mostra esses três estados mentais e suas interações.

A maioria dos sistemas que aplicam o modelo BDI são inspirados no modelo de (Rao & Georgeff, 1995). Eles apresentam um interpretador BDI abstrato, que trabalha com as crenças, objetivos e planos dos agentes. Portanto, os objetivos são um conjunto de desejos que podem ser avaliados juntos, evitando uma etapa complexa de deliberação de objetivos.

2.4

Normas

Normas são desenvolvidas para regular o comportamento dos agentes, portanto, uma definição de norma deve incluir o papel do agente em que a norma será aplicada (Bordini, Hübner & Wooldridge, 2007). Porém, o conceito de norma é diferente do conceito de lei, uma norma não pode forçar o agente a cumpri-la. Os agentes de software são entidades autônomas, portanto as normas podem somente sugerir e apresentar o comportamento esperado.

Em relação ao conceito de normas, os dicionários online Webster (Merriam-Webster, 2017) e WordReference (Wordreference, 2017) oferecem algumas definições: (i) um padrão de comportamento autoritário que é considerado normal em uma sociedade; (ii) um princípio de ação vinculada aos membros de um grupo e que serve para orientar, controlar ou regular o comportamento adequado e aceitável; (iii) um padrão de comportamento que é requerido, desejado ou indicado como normal, e (iv) uma ponderação. Uma norma é tratada como: (a) um conjunto padrão de desenvolvimento ou realização, geralmente derivado do desempenho médio ou a mediana de um grande grupo; (b) um padrão ou ser entendido como o comportamento típico de um grupo social; e (c) uma prática generalizada ou de costume.

Quando aplicada a sistemas multiagentes, normas são mecanismos que a sociedade tem a fim de influenciar o comportamento dos agentes (Bogdanovych, 2011). Normas podem ser utilizadas para alcançar finalidades distintas, que incluem desde a regulação do comportamento de um único agente até a construção de acordos entre diferentes agentes. As normas podem persistir durante diferentes períodos de tempo, por exemplo, enquanto o agente permanece na sociedade, ou apenas por um curto período de tempo até que o objetivo social tenha sido realizado (López et al., 2002). Com isso, diversos aspectos podem ser usados para caracterizar normas. Primeiramente, normas são sempre criadas para serem cumpridas por um determinado conjunto de agentes a fim de alcançar objetivos individuais ou sociais. Em segundo lugar, normas não são sempre aplicadas, e a sua ativação depende de condições do contexto em que os agentes estão situados. Além disso, é preciso saber qual o tipo de elemento que a norma regula, se é uma ação do agente, ou um estado do ambiente. Finalmente, em alguns casos, normas podem estabelecer um conjunto de sanções para serem impostas quando os agentes cumprirem ou violarem certas normas (López et al., 2002), (López, 2003), (Santos Neto, 2010a), (Viana et al., 2015), (Bordini, Hübner & Wooldridge, 2007), (Felicíssimo et al., 2011).

Neste trabalho, foi utilizada a representação descrita por (Viana et al., 2015), que contém diferentes propriedades. Essas propriedades são descritas na Tabela 1. Por exemplo, a propriedade *Papel* é usada para especificar os agentes ou papéis responsáveis pelo cumprimento da norma.

Tabela 1: Propriedades de uma norma.

| Propriedade | Descrição |
|--------------------|--|
| Papel | Conjunto de agentes que deverão cumprir com a norma. |
| Ativação | Condição para ativação da norma, ou seja, o que ocasiona a ativação da norma |
| Desativação | Condição para expiração da norma, ou seja, o que torna a norma inativa. |
| Recompensas | Conjunto de recompensas para ser dado ao agente caso ele cumpra com a norma. |
| Punições | Conjunto de punições para ser dado ao agente caso ele viole a norma. |
| Conceito Deontico | Especificação da norma como obrigação, permissão e proibição. |

Para compreender as definições da norma e sua representação, foi elaborado um cenário de uso onde um agente trabalhador tem que decidir sobre o tipo de transporte que deverá ser usado para voltar para casa e nesse cenário algumas normas podem ser aplicadas. Sendo o objetivo do agente melhorar sua condição física, o agente possui as seguintes opções: (i) utilizar uma bicicleta, satisfazendo assim o seu objetivo, ou (ii) utilizar o ônibus, não satisfazendo o seu objetivo. Além disso, o agente deve comportar-se de acordo com as normas do ambiente. Eventualmente, uma norma pode ser enviada aos agentes cujo o papel é “trabalhador” com o seguinte objetivo normativo: “está chovendo, utilize o ônibus como transporte”. Essa norma possui os seguintes atributos: (i) O *Papel* é destinado aos trabalhadores; (ii) o *Conceito Deontico* é de proibição, pois a norma proíbe que o agente utilize a bicicleta para voltar para casa e (iii) o agente receberá uma *Recompensa* caso ele cumpra com a norma, essa recompensa é não ficar doente, pois não terá enfrentado a chuva. Caso o agente trabalhador viole a norma, ele receberá uma *Punição* associada à norma. Por exemplo, caso esteja chovendo e o agente deseje realizar exercícios físicos a qualquer custo, então ele irá violar a norma de utilizar o ônibus como meio de transporte e receberá a punição que é diminuir sua saúde, pois ele provavelmente ficará resfriado. Nesse caso, uma punição associada à norma será aplicada ao agente, ou seja, o agente não poderá ir ao trabalho no dia seguinte, pois estará doente. A *Ativação* dessa norma é dada quando estiver chovendo e a norma é *Desativada* quando o clima estiver ensolarado.

2.4.1

Conflito entre Normas

Conforme vimos na seção 2.4, a utilização de normas é um recurso que oferece uma abstração útil e poderosa para especificar e regular sistemas multiagentes. Elas são projetadas para restringir os comportamentos dos agentes sem comprometer a autonomia que eles possuem (Dignum, 1999). As normas podem oferecer uma descrição genérica dos comportamentos dos agentes, porém mesmo se todos os agentes têm seus respectivos comportamentos regulados por normas, ainda assim não é possível oferecer garantias sobre o SMA, já que os agentes são autônomos por definição e podem optar por cumprir ou não as normas.

Através da influência de normas, um grupo de agentes precisa observá-las para cumprir as obrigações ou proibições estipuladas por elas. Ao mesmo tempo, as normas também podem interferir nas interações sociais, reforçando socialmente os comportamentos dos agentes para atingir um objetivo normativo (Ahmad et al., 2011).

Eventualmente, normas podem entrar em conflito, ou seja, uma ação pode ser simultaneamente proibida e obrigatória, ou ser inconsistente, ou seja, quando uma ação é simultaneamente proibida e permitida (Vasconcelos, Kollingbaum & Norman, 2007). Esses conflitos e inconsistências podem ser causados por uma norma que proíbe um agente de executar uma ação particular enquanto outra norma obriga que o mesmo agente execute a mesma ação ao mesmo tempo. O agente pode realizar qualquer ação no ambiente até que uma norma seja ativada e restrinja seu comportamento. Por exemplo, a Figura 2 apresenta um cenário de conflitos normativos, isto é, uma norma define que o cliente não pode devolver o produto comprado e, ao mesmo tempo, existe uma outra norma que define que o agente cliente pode devolver o produto comprado antes de abri-lo.

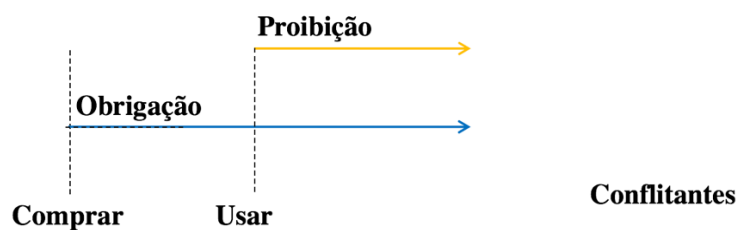


Figura 2: Conflito – Proibição e Permissão.

A Figura 3 apresenta outro cenário de conflitos normativos, onde é permitido que o agente vendedor modifique o preço dos produtos antes da loja abrir, e ao mesmo tempo, existe uma norma que obriga o agente vendedor a modificar o preço dos produtos quando houver uma promoção.

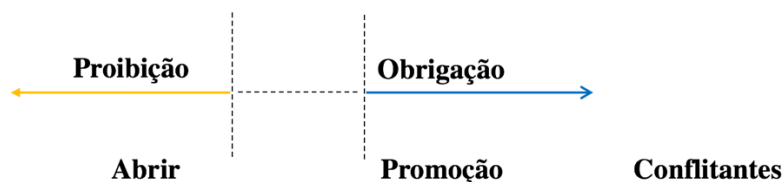


Figura 3: Conflito – Permissão e Obrigação.

O processo de deliberação de normas realiza a distinção de normas em grupos. Inicialmente, dentre as normas ativas adotadas, ou seja, as normas que são

direcionadas a um determinado conjunto de agentes, elas são divididas em dois grupos: (i) normas conflitantes e (ii) normas não conflitantes, então durante o processo de deliberação, o agente irá separar as normas em outros dois grupos: (i) normas que o agente pretende cumprir e (ii) normas que o agente pretende violar, conforme é demonstrado na Figura 4.

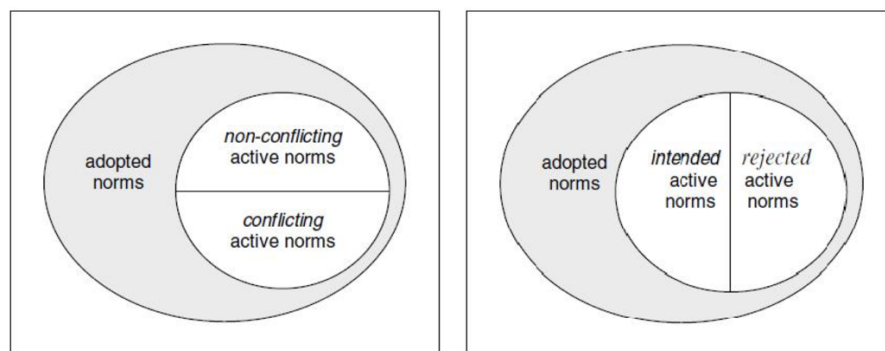


Figura 4: Separação de normas por grupos (López & Márquez, 2004).

Portanto, conflitos podem ocorrer em diferentes casos e situações, e lidar com esses conflitos é extremamente necessário para que o agente efetue a decisão mais adequada à sua finalidade.

2.5

Traços de Personalidade

A utilização de traços de personalidade aplicada neste trabalho foi baseada no modelo *big-5* (McCrae & John, 1992), ou também conhecido como *OCEAN model*. Esse modelo avalia cinco fatores:

- **Openness** (abertura): descreve uma dimensão da personalidade que retrata o aspecto imaginativo e criativo do caráter humano.
- **Conscientiousness** (conscienciosidade): determina o quanto um indivíduo é organizado e cuidadoso.
- **Extroversion** (extroversão): está relacionada com o quão extrovertida e sociável é uma pessoa.
- **Agreeableness** (amabilidade): está relacionada a amizade, a generosidade e a tendência a se relacionar com outras pessoas.
- **Neuroticism** (neuroticismo): refere-se à instabilidade emocional e à tendência a experimentar emoções negativas.

Cada fator é composto por diversos traços, que são essencialmente adjetivos que são utilizados para descrever pessoas (Goldberg, 1990) (McCrae & John, 1992). Os fatores apresentados acima serão utilizados para auxiliar o agente na tomada de decisão relacionada aos conflitos normativos e também na seleção de planos de acordo com os objetivos e normas que o agente pretende executar e cumprir.

2.6

Considerações Finais

Este Capítulo definiu na Seção 2.1 o conceito de sistemas multiagentes. A Seção 2.2 foi apresentado a utilização de agentes de software no ambiente iOS com o framework IMOBILE. A Seção 2.3 definiu a arquitetura BDI. Na Seção 2.4 foi apresentado o conceito de normas adotado neste trabalho e como ocorrem os conflitos entre normas. Na Seção 2.5 apresentou-se o conceito de traços de personalidade, tal conceito serviu como base para a elaboração do raciocínio do agente proposto neste trabalho.

Neste capítulo são descritos alguns trabalhos relacionados existentes na literatura que contribuíram para o desenvolvimento da arquitetura proposta.

A descrição dos trabalhos relacionados será dividida em diferentes grupos. No primeiro grupo serão apresentados trabalhos sobre agentes normativos, os quais propõem abordagens para projeto ou implementação de agentes capazes de lidar com normas e os eventuais conflitos que possam surgir. Já no segundo grupo serão apresentados trabalhos que utilizaram os traços de personalidade dos agentes para aprimorar seus respectivos comportamentos no ambiente em que residem.

3.1

Agentes Normativos

As abordagens realizadas nos trabalhos de (Viana et al., 2015), (Lopez, 2003), (Criado, Argente, Noriega & Botti, 2010) e (Neto, Silva & Lucena, 2011) apresentam meios para lidar com conflitos normativos. Por exemplo, a arquitetura n-BDI proposta por (Criado, Argente, Noriega & Botti, 2010) apresenta um modelo para projetar agentes capazes de operar em ambientes regidos por normas. A arquitetura n-BDI considera que a seleção de objetivos deve ser realizada tomando como base a prioridade associada a cada objetivo, onde a prioridade de um objetivo é determinada levando em consideração a prioridade das normas que o regulam. No entanto, é apresentado como os componentes de uma norma realmente podem ser avaliados a fim de determinar as propriedades da norma.

Os autores em (Neto, Silva & Lucena, 2011) apresentam uma arquitetura chamada NBDI, essa arquitetura foi elaborada com base no trabalho de (Criado, Argente, Noriega & Botti, 2010) para desenvolver agentes normativos orientados a objetivos, na qual o agente prioriza a realização de seus próprios objetivos e avalia os benefícios e os malefícios associados ao cumprimento ou violação das normas. Para tornar isso possível, a arquitetura BDI foi estendida para incluir funções relacionadas às normas para atualizar suas percepções e para selecionar normas com

base nos desejos e intenções dos agentes. A identificação de conflitos e um algoritmo para solucionar conflitos foram desenvolvidos com base nas contribuições normativas. No caso de conflitos entre normas, será selecionada a norma que irá contribuir de forma mais significativa com a realização dos desejos e intenções do agente. Porém, caso a contribuição normativa entre as normas conflitantes tenha valores iguais, então a norma que está ativa há mais tempo será selecionada. Portanto, como é possível observar, em alguns casos o cálculo da contribuição normativa pode não ser o suficiente para que o agente opte pela decisão mais adequada. Dessa forma, uma oportunidade de melhoria foi identificada e então realizamos uma alteração no processo de decisão do agente adicionando conceitos de traços de personalidade para aprimorar a escolha entre normas conflitantes.

Em (Lopez, 2003) é definido um conjunto de estratégias que podem ser adotadas por agentes para lidar com normas: onde caso o agente tenha o perfil Pressionado (*Pressured*), então ele irá cumprir as normas que têm como punição a restrição de pelo menos um objetivo do agente e se sentirá pressionado a cumprir com a norma em questão para que seja possível executar seu objetivo; caso o agente tenha o perfil Rebelde (*Rebellious*), então ele irá violar todas as normas, mesmo as que irão contribuir com seus objetivos de alguma forma e caso o agente tenha o perfil Social (*Social*), então ele irá priorizar o cumprimento das normas e irá executar somente os objetivos que não forem restritos por nenhuma das normas. Embora esse trabalho apresente mecanismos para o agente lidar com as normas, a questão sobre conflitos normativos não é abordada, portanto os agentes não podem detectar e superar os conflitos normativos que surgirem no ambiente.

No trabalho desenvolvido por Viana et al. (2015) é apresentada uma linguagem de modelagem e uma arquitetura para construir agentes adaptativos e normativos. Os autores propuseram uma abordagem para projetar e implementar agentes que são capazes de se adaptarem para lidarem com as normas, além de detectar e superar conflitos normativos. Nesse trabalho as contribuições normativas foram medidas com base: (i) nas recompensas e punições; (ii) nos momentos de ativação e desativação das normas; (iii) no conceito deontico e (iv) nos objetivos dos agentes. No entanto, os autores não abordaram o uso de traços de personalidade em sua arquitetura, que poderia contribuir para a resolução de conflitos normativos e no processo de escolha dos planos a serem realizados.

3.2

Utilização de Traços de Personalidade

Os trabalhos a seguir utilizam estados emocionais (Pereira, Oliveira, Moreira & Sarmento, 2005) e traços de personalidade (Barbosa, Silva, Furtado & Casanova, 2007), (Padgham & Taylor, 1997), (Jones, Saunier & Lourdeaux, 2009) em suas respectivas abordagens e foram utilizados como inspiração para aprimorar a resolução de conflitos normativos e tomada de decisões deliberativas.

O trabalho apresentado por Pereira, Oliveira, Moreira & Sarmento (2005) propõe uma arquitetura baseada no modelo BDI (*Belief-Desire-Intention*) para a aplicação de emoções artificiais e representação das capacidades internas dos agentes. Além disso, foi desenvolvida uma definição relacionada a novos estados mentais, tais como emoções, como recurso para influenciar a arquitetura BDI de maneira que seja possível analisar como o raciocínio pode ser alterado considerando essa abordagem. Os autores definiram um novo conceito: *Fear*, uma estrutura de dado informativa que indica situações que um agente deve evitar. Neste trabalho também é apresentada a arquitetura chamada de *Emotional-BDI architecture* como uma extensão da versão clássica do modelo BDI. Entretanto, os autores não implementaram um caso de estudo para validar a arquitetura e nesse trabalho não é abordada a questão de resolução de conflitos normativos.

Os autores em (Barbosa, Silva, Furtado & Casanova, 2007) elaboraram um processo de decisão para aplicação em sistemas que aplicam *storytelling* onde o enredo da história emerge do comportamento dos personagens atuantes e seus traços de personalidade. O processo avalia objetivos e planos para examinar o plano de ação. Os direcionamentos (*drives*), as atitudes (*attitudes*) e as emoções (*emotions*) desempenham um papel importante nesse processo; entretanto, os traços de personalidade não são aplicados em sistemas multiagentes, criando, portanto, uma oportunidade de aperfeiçoamento no processo de decisão dos agentes de software para lidar com conflitos normativos.

No trabalho desenvolvido por Padgham e Taylor (1997) é apresentada uma arquitetura composta pela análise de comportamentos humanos baseada em fatores emocionais. Os autores apresentam a maneira como as emoções e traços de personalidade interagem com o comportamento orientado a objetivos e descrevem

abstrações realizadas com a finalidade de construir um ambiente interativo para a experimentação com agentes simulando uma possível personalidade e emoções. De acordo com os autores, as emoções podem afetar os comportamentos, direta ou indiretamente. O agente pode adicionar um novo objetivo de acordo com suas emoções, afetando seu comportamento. Por exemplo, um agente que tenha experimentado o sentimento de gratidão pode excluir ou dar menos prioridade aos objetivos que conflitem com o sentimento de gratidão. Além disso, um agente feliz pode se mover mais rápido, enquanto um agente triste pode ser mais lento em sua movimentação. Os autores desenvolveram dois cenários, em ambos os agentes apresentaram sucesso no uso de diferentes personalidades baseados em seus perfis emocionais. Contudo, esse trabalho não lida com normas e relaciona o contexto emocional somente aos objetivos dos agentes. Parte de nossa pesquisa é baseada nesse trabalho, nos permitindo adicionar mais atributos humanos, portanto aprimorando nossa resolução de conflitos normativos.

No trabalho de Jones, Saunier & Lourdeaux (2009), é proposta uma extensão da arquitetura BDI que considera psicologia, emoções e personalidade e utiliza isso para modelar situações de crises, como atentados terroristas por exemplo. Foram aplicados aos agentes fatores relacionados às emoções, à fisiologia e à personalidade. As emoções dos agentes variam de acordo com o seu ambiente, ações, percepções, personalidade e fisiologia. Nesse trabalho as emoções são usadas em pares e, especialmente no domínio aplicado, foram considerados medo/ esperança, raiva/ gratidão, vergonha/ orgulho e censura/ confiança. A fisiologia pode ser diretamente afetada pelo ambiente de simulação e pode modificar a saúde do agente. Foram consideradas as características: stress, fome/ sede, cansaço temperatura, ferimentos e contaminação. Já a personalidade é abordada como um conjunto de características que determinam que um agente seja psicologicamente, mentalmente e eticamente diferente uns dos outros. Nesse trabalho a personalidade é formada pelos parâmetros apresentados no modelo *big-5*, também conhecido como *OCEAN model*. Entretanto essa abordagem não foi aplicada a sistemas multiagentes normativos para avaliar os diferentes comportamentos dos agentes frente a diferentes tipos de personalidades.

Portanto, como nenhum dos trabalhos relacionados lida com normas em sistemas multiagentes através da utilização de traços de personalidade, nós nos baseamos nesse fato para propor o trabalho que está sendo aqui descrito. Nosso

objetivo é proporcionar uma forma para aprimorar o equilíbrio entre objetivos do agente, objetivos normativos, recompensas, punições e traços de personalidade para solucionar conflitos normativos e auxiliar o agente na etapa de seleção de planos para cumprir um determinado objetivo. Para avaliar a contribuição normativa, primeiramente utilizamos os valores associados às recompensas e punições. Em seguida, continuamos considerando a contribuição normativa, porém adicionamos também o peso dos traços de personalidade nessa avaliação, tanto na etapa de resolução de conflitos quanto na etapa de seleção de planos.

3.3

Considerações Finais

Este capítulo apresentou os principais benefícios e lacunas dos trabalhos relacionados à abordagem proposta nesta dissertação, tomando como base questões que devem ser levadas em consideração na tomada de decisão do agente na resolução de conflitos normativos e na escolha de planos.

A fim de discutir os tipos de agentes normativos e abordagens que utilizam traços de personalidade na literatura, foram organizados os trabalhos relacionados em diferentes grupos: Agentes Normativos e Utilização de Traços de Personalidade.

Por fim, notou-se que embora exista uma variedade de abordagens para o design e/ou implementação de agentes normativos e agentes com traços de personalidade, nenhuma delas fornece uma solução para desenvolver agentes com ambas as características com a finalidade de auxiliar o processo de tomada de decisão do agente em casos de conflitos entre normas e auxiliar também na seleção de planos.

4

Agentes Normativos com Traços de Personalidade

Neste capítulo serão apresentadas a arquitetura proposta e uma versão inicial do *framework* que foi construído com base nesta arquitetura. Juntamente à definição do *framework* serão demonstradas: (i) a estrutura dos seus *hot-spots* e *frozen-spots*, e (ii) sua aplicação.

4.1

Arquitetura

A arquitetura aqui proposta sobre o uso de traços de personalidade para auxiliar o processo de decisão dos agentes BDI em situações de conflitos normativos foi inspirada nos conceitos apresentados na seção de Fundamentos Teóricos e na seção de Trabalhos Relacionados. A arquitetura foi baseada principalmente nas arquiteturas de agentes normativos desenvolvidas por López & Márquez (2004) e Santos Neto (2011). A Figura 5 apresenta nossa arquitetura de um agente BDI considerando traços de personalidade para auxiliar a resolução de conflitos normativos e a seleção de planos.

A alteração mais significativa na arquitetura foi a adição de uma etapa de raciocínio que envolve o modelo BDI e a abordagem de traços de personalidade no processo de deliberação de normas. Ambas as estratégias são complementares para tornar o comportamento do agente mais próximo ao comportamento humano, considerando fatores que não foram utilizados no processo de deliberação dos trabalhos relacionados. As mudanças foram realizadas somente no processo interno do agente, a arquitetura proposta representa exclusivamente o processo de raciocínio de um único agente. Esse processo é composto por quatro etapas principais, conforme é descrito abaixo.

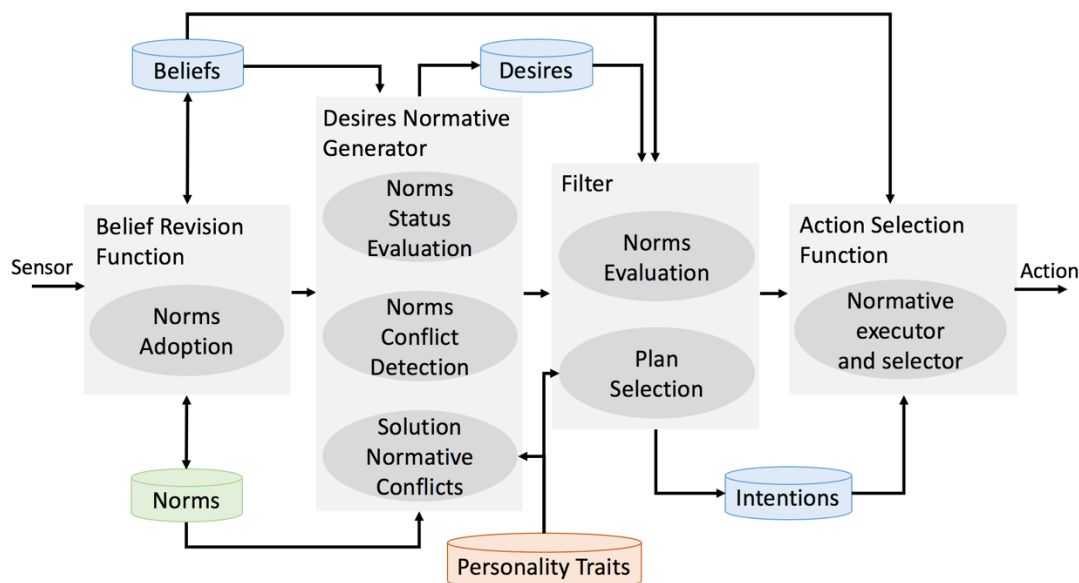


Figura 5: Arquitetura interna do agente BDI baseado em traços de personalidade.

A primeira etapa consiste na percepção do agente, que é representada na arquitetura como *Belief Revision Function*, onde o agente percebe as normas do ambiente que são destinadas a ele por meio de sensores e atualiza suas crenças. Então, através do uso da função *Norm Adoption*, o agente seleciona do conjunto de normas as que são direcionadas a ele.

A segunda etapa consiste na geração de desejos com base nas crenças e nas normas direcionadas ao agente, que é representada na arquitetura como *Desire Normative Generator*, que é composta por três processos: (i) *Norm Status Evaluation*, onde o agente verifica quais normas estão ativas, inativas e se já foram cumpridas ou violadas; (ii) *Norms Conflict Detection*, onde o agente verifica a existência de conflitos normativos; e (iii) *Solution Normative Conflicts*, onde o agente avalia a contribuição normativa e soluciona os conflitos normativos, considerando seus objetivos e traços de personalidade. A resolução de conflitos normativos é dada através da comparação da contribuição normativa de cada uma das normas conflitantes, e então os traços de personalidade são analisados e adicionados à contribuição normativa. A contribuição normativa é calculada conforme a fórmula indicada na Figura 6:

$$CN_i = N_{Recompensa} - \sum N_{Punição}$$

$$CN_i = CN_i + \sum (Agente_{Objetivo} + \sum (Agente_{TP}))$$

Figura 6: Cálculo da contribuição normativa com traços de personalidade.

Como resultado final desse processo, são formados três conjuntos de normas: (i) um conjunto de normas não conflitantes que serão analisadas posteriormente pelo agente e (ii) um conjunto com as normas conflitantes que o agente pretende cumprir e (iii) o restante das normas conflitantes que o agente irá violar. Através do uso do modelo *OCEAN* são geradas as personalidades e a Tabela 2 apresenta alguns fatores conforme é mostrado em (Barbosa, Silva, Furtado & Casanova, 2007).

Tabela 2: Exemplos de traços de personalidade.

| Drives | Attitudes | Emotions |
|--------------------|-----------------|----------|
| Sense of duty | Careful | Anger |
| Material gain | Adaptable | Fear |
| Spiritual endeavor | Self-controlled | Surprise |

O traço de personalidade é gerado conforme for a atribuição de pesos às características apresentadas no modelo *OCEAN*, através da atribuição de pesos a cada característica, de 0 a 5, como é mostrado na Figura 7, onde o agente 1 apresenta um traço de personalidade tendencioso a realizar atividades criativas e aventureiras (abertura com peso 4), além de tender a realizá-las em grupo (extroversão com peso 2 e amabilidade com peso 1). Já o agente 2 tende a ser mais cuidadoso (consciência com peso 4), porém menos criativo (abertura com peso 1).

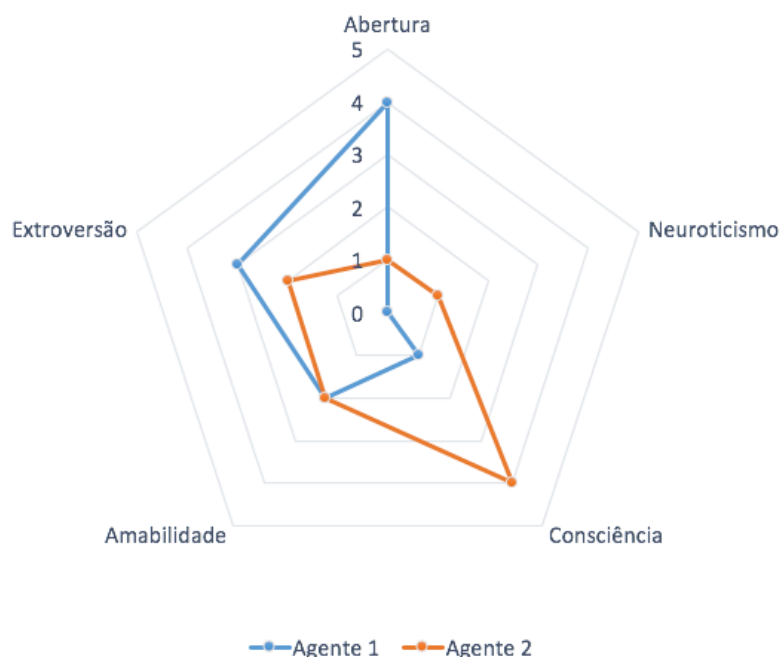


Figura 7: Exemplo de aplicação do modelo OCEAN.

A terceira etapa consiste na avaliação das normas e seleção de planos, que é representada na arquitetura como *Filter* e é composta por dois processos: (i) *Norms Evaluation*, onde o agente avalia o conjunto de desejos e decide quais normas serão cumpridas de acordo com seu perfil social e sua contribuição normativa, apresentados respectivamente por Lopez (2003) e Santos Neto (2011); e (ii) *Plan Selection*, onde o agente seleciona os planos com base no seu conjunto de intenções e considera também a influência dos traços de personalidade. A seleção dos planos é realizada com base nos objetivos gerados na etapa *Desires Normative Generator* e também com base nos seus traços de personalidade.

A contribuição do traço de personalidade é dada através da adição de um atributo relacionado aos traços de personalidade que indica quais características contribuem para que o agente escolha um determinado plano. Portanto, cada plano poderá ser composto por um conjunto de traços de personalidade que auxiliarão o agente a realizar a escolha, optando sempre para o plano que tiver mais traços de personalidade em comum com o agente.

A quarta e última etapa consiste na tomada de decisão do agente, que é representada na arquitetura como *Action Selection Function*, que é composta pelos processos *Normative executor* e *selector function*. Esses processos recebem o conjunto de normas filtrado pela terceira etapa, ou seja, as normas que o agente pretende cumprir, e então o agente executará suas ações de acordo com as normas

selecionadas. Portanto, o conjunto de etapas definido na arquitetura é utilizado para aprimorar o processo de resolução de conflitos e aprimorar a seleção de planos, inserindo traços de personalidade do agente no processo de raciocínio BDI do agente.

4.2

O Framework

O *framework* desenvolvido para a aplicação da arquitetura foi inspirado na arquitetura JSAN elaborada por Viana et al. (2015), que utiliza diferentes estratégias para lidar com as normas e considera agentes de níveis sociais diferentes, como é mostrado em (Lopez, 2003). A abordagem proposta nessa dissertação adiciona os traços de personalidade com o objetivo de aperfeiçoar a resolução de conflitos normativos e auxiliar o processo de decisão relacionado à escolha de planos para o agente alcançar um determinado objetivo. Nosso framework fornece o processo de decisão descrito na arquitetura e pode ser separado em camadas conforme é demonstrado na Figura 8.

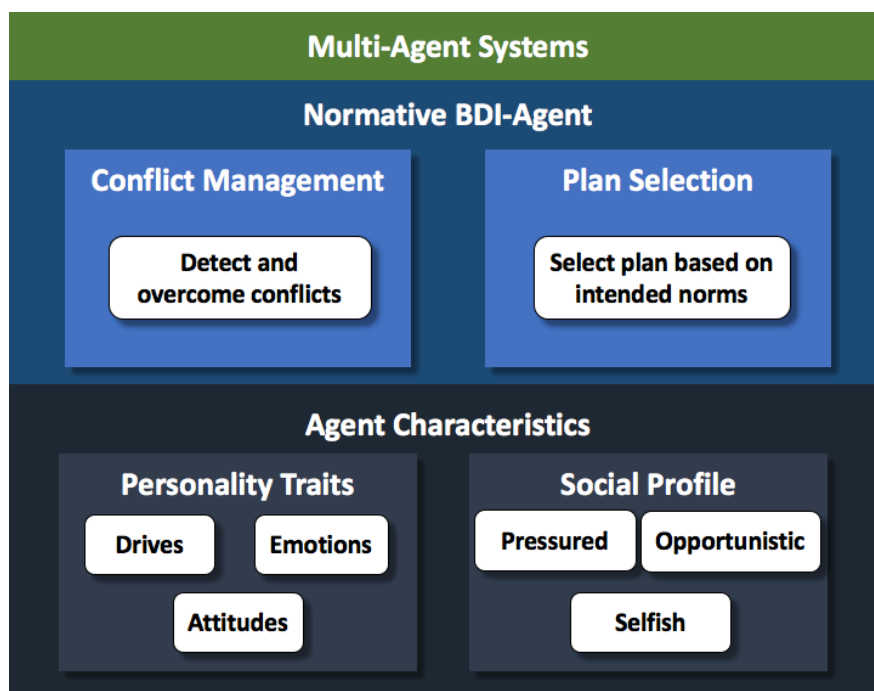


Figura 8: Arquitetura do framework.

A arquitetura apresentada foi modelada em camadas para tornar possível a separação das características relacionadas ao comportamento humano do agente BDI normativo desenvolvido pelos diferentes trabalhos apresentados na seção de trabalhos relacionados.

A camada *Normative BDI-Agent* é composta pelo gerenciamento de conflitos e seleção de planos, que pode ser utilizada independentemente do emprego de características humanas. A camada *Agent Characteristics* contém o diferencial entre as abordagens analisadas, ou seja, a utilização de traços de personalidade juntamente aos perfis sociais, que podem ser utilizados tanto para a resolução de conflitos quanto para a seleção de planos do agente.

No framework a classe *NormativeAgent* é composta por objetivos, regras, normas, crenças, desejos, intenções, perfil social e traços de personalidade. Através do uso desses atributos, o agente inicia o seu processo de decisão para resolver os conflitos normativos, e então o agente irá escolher as normas que serão adicionadas no conjunto de intenções. Em seguida o agente irá decidir quais normas serão cumpridas de acordo com o seu perfil social, conforme é feito em (Lopez, 2003) e (Neto, Silva & Lucena, 2011).

O processo de resolução de conflitos normativos começa com o cálculo da contribuição normativa (Figura 6) de cada norma endereçada ao agente, onde são analisadas as recompensas e punições. Além disso nós adicionamos uma nova etapa para considerar os objetivos dos agentes e seus traços de personalidade. Essa nova etapa envolve a avaliação de quais objetivos normativos podem ser cumpridos de acordo com os objetivos dos agentes e seus traços de personalidade, e então o agente utiliza esse conjunto de objetivos e analisa cada norma conflitante. Como resultado, as normas conflitantes podem ter suas respectivas contribuições normativas alteradas. Por exemplo, caso uma norma obrigue o agente a atravessar uma ponte danificada e o agente seja cuidadoso (traço de personalidade), a contribuição normativa referente a essa norma será diminuída, pois o agente não tem a intenção de atravessar uma ponte danificada; ele estaria correndo risco de vida.

4.3

Hot-Spots e Frozen-Spots

Nesta seção será apresentada a estrutura de *hot-spots* e *frozen-spots* do framework desenvolvido, descrevendo como as classes podem ser estendidas para construir aplicações para diferentes domínios.

Environment (*Environment class*): Esta classe provê o ambiente com os métodos para execução das ações e é utilizada pelos agentes para atualizarem suas

crenças em seu ciclo de raciocínio. A tomada de decisão do agente pode ser alterada de acordo com as mudanças encontradas no ambiente.

Generate Norms (*GenerateNormsStrategy class*): Com esta classe é possível definir novas estratégias para criar normas no ambiente.

Normative BDI Agent (*NormativeAgent class*): Através da extensão dessa classe e da implementação do seu método *execute* é possível definir os objetivos, crenças, desejos, intenções, perfil social e traços de personalidade do agente, bem como é possível desenvolver diferentes algoritmos para executar os planos dos agentes.

Norm Strategies (*NormStrategy class*): Com esta classe é possível definir novas estratégias para o agente lidar com as normas, e prosseguir para as atividades de aplicação das normas, considerando também os traços de personalidade. Este *framework* também fornece o uso de estratégias de perfis sociais para lidar com as normas.

Agent Goals (*Goal class*): Com esta classe é possível definir novos objetivos para os agentes e atribuir pesos para medir a importância dos objetivos comparados as normas e para então o agente decidir quais normas serão cumpridas ou violadas.

Personality traits (*PersonalityTraits class*): Com esta classe é possível definir novos traços de personalidade para os agentes e atribuir pesos para então utilizá-los para aprimorar o processo de resolução de conflitos normativos e seleção de normas e de planos, tornando as simulações das decisões dos agentes mais semelhantes às decisões humanas.

Norm Conflict Management (*NormConflictManagement class*): Com esta classe é possível avaliar os seguintes aspectos: (i) contribuições normativas; (ii) os pesos dos objetivos, ou seja, a importância atrelada a cada um dos objetivos; (iii) os pesos dos traços de personalidade, ou seja, a capacidade atrelada aos traços de personalidade de poder alterar um objetivo, ou um comportamento. Esses aspectos são utilizados para decidir qual conjunto de normas será enviado para o processo *Norms Evaluation*.

Para demonstrar o uso do framework desenvolvido, um estudo de caso foi realizado, conforme é descrito no capítulo 5, Cenários de uso.

4.4

Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentados os modelos conceituais responsáveis por ilustrar como um agente entende uma norma e como seu raciocínio interno irá solucionar conflitos normativos e irá realizar a escolha de planos para cumprir com seus objetivos através do uso dos seus traços de personalidade.

No próximo capítulo é apresentado um estudo de caso para demonstrar o funcionamento da arquitetura e do *framework* propostos.

5

Cenários de uso

Neste capítulo será apresentado o estudo exploratório realizado e o cenário de uso relacionado ao resgate de civis em áreas de risco para demonstrar o funcionamento da arquitetura e a aplicação do framework proposto.

Este capítulo está organizado da seguinte maneira. Na seção 5.1 é apresentado um estudo exploratório. Na seção 5.2 é apresentada a aplicação da arquitetura e framework no cenário de uso relacionado ao resgate de civis em áreas de risco. Por último, na seção 5.3 são apresentadas algumas considerações finais.

5.1

Estudo Exploratório

No cenário de uso “*Go Home*” o agente trabalhador deve escolher entre voltar para sua residência utilizando uma bicicleta ou um ônibus como meio de transporte. O agente tem um plano associado a cada uma dessas atividades para poder alcançar seus objetivos e cumprir, ou violar, as normas do ambiente. Para isso, foram elaboradas duas normas: (i) Norma 1, que proíbe o agente de utilizar a bicicleta caso esteja chovendo; e (ii) Norma 2, que obriga o agente a utilizar a bicicleta após o expediente para retornar à sua residência. A Tabela 3 contém os detalhes de cada uma das normas aplicadas ao ambiente.

Tabela 3: Descrição das normas.

| Atributo | Norma 1 | Norma 2 |
|-------------------|-----------------------|--|
| Nome | Voltar de Ônibus | Voltar de Bicicleta |
| Papel | Trabalhador | Trabalhador |
| Conceito Deontico | Proibição | Obrigaçao |
| Recompensa | Não se cansar | Melhorar o condicionamento físico |
| Punição | Danificar a bicicleta | Gastar dinheiro com transporte público |

| | | |
|-------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Ativação | Quando estiver chovendo | Após o expediente de trabalho |
| Desativação | Quando estiver sol | Quando não for um dia de trabalho |

Para voltar à sua residência após o expediente de trabalho o agente verifica a condição climática atual e, caso esteja chovendo, o agente deverá utilizar o ônibus como meio de transporte, e como consequência, ele violará a Norma 2. Entretanto, caso esteja chovendo e o agente tiver algum traço de personalidade que induza o comportamento de utilizar a bicicleta como meio de transporte, mesmo que esteja chovendo, então o agente violará a Norma 1. Portanto um conflito é gerado e o processo interno do agente detectará e apresentará uma solução dado as suas características internas para solucionar o conflito normativo referente a essas normas.

A Figura 9 mostra o conflito gerado entre a Norma 1 e a Norma 2. O objetivo deste trabalho é apresentar uma alteração no processo de deliberação do agente para que a escolha da norma envolva: (i) a contribuição normativa através da consideração das recompensas e punições; (ii) a importância dos objetivos do agente; e (iv) traços de personalidade – por exemplo, caso o objetivo do agente seja melhorar o seu condicionamento físico, e o agente tiver o espírito aventureiro como um traço de personalidade, que pode ser composto através dos pesos: (i) 4 para abertura e (ii) 4 para extroversão, então o agente terá mais chances de realizar seu objetivo, pois o agente tende a cumprir com as normas que contribuirão com seu próprio objetivo.

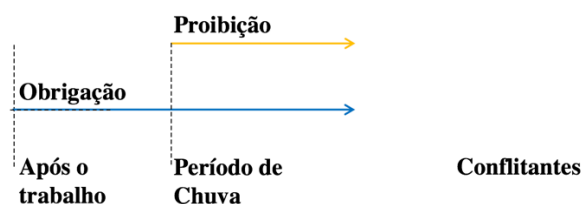


Figura 9: Período conflitante do estudo inicial.

Os atributos de recompensa e punição da norma, objetivos e traços de personalidade do agente foram mapeados como números inteiros em nossa arquitetura para tornar possível a comparação entre eles no processo de decisão do agente. Para efeito de comparação, três cenários foram desenvolvidos alterando somente os traços de personalidade do agente trabalhador: (i) espírito aventureiro –

maior peso; (ii) espírito aventureiro – menor peso; e (iii) não foi feito o uso de traços de personalidade.

A arquitetura desenvolvida (ver Figura 5) foi utilizada nos dois primeiros cenários. Para os três cenários apresentados, foram considerados que o agente trabalhador inicia o processo *Norm Adoption* para: (i) verificar quais normas são endereçadas a ele; e (ii) atualizar a crença relativa à condição climática. Para efeito de simulação, foi considerado que estará chovendo quando o agente terminar o seu expediente de trabalho e ele tem como objetivo melhorar seu condicionamento físico. Como resultado, o agente receberá as duas normas, Norma 1 e Norma 2 e perceberá que está chovendo, portanto será identificado um conflito normativo (ver Figura 9), pois: (i) ambas as normas estão ativas; (ii) seus respectivos conceitos deônticos são opostos – proibição e obrigação; e (iii) as normas atuam sobre um mesmo contexto, impossibilitando que ambas sejam cumpridas ao mesmo tempo.

No primeiro cenário, foi considerado o agente trabalhador mais aventureiro, i.e., com alto peso no traço de personalidade de espírito aventureiro, para decidir qual norma será cumprida no processo de resolução de conflitos, além de considerar também as recompensas e as punições das normas. O processo de resolução de conflitos avalia primeiramente o que o agente irá ganhar e perder caso cumpra ou viole cada norma e, em seguida, verifica quais objetivos poderão ser cumpridos. Então, o agente irá selecionar quais normas serão cumpridas com base na estratégia Pressionado (*Pressured*). Como resultado, o agente trabalhador irá utilizar a bicicleta como meio de transporte, portanto cumprirá com a Norma 2 e violará a Norma 1 pelos seguintes motivos: (i) a Norma 2 contribuirá para a execução do objetivo do agente; (ii) o traço de personalidade do agente contribuirá para que o agente cumpra o objetivo normativo da Norma 2 e cumpra também seu próprio objetivo; e (iii) segundo a avaliação de recompensas e punições, a Norma 2 trará mais benefícios ao agente, mesmo recebendo a punição por violar a Norma 1. Com base nos seus traços de personalidade e no seu objetivo, o agente seleciona o plano mais adequado para voltar para a sua residência, que nesse caso envolve (i) pegar o capacete, (ii) pegar a bicicleta e (iii) selecionar uma rota. O agente pode escolher entre uma rota asfaltada e uma rota *off road*. Para realizar tal escolha o agente leva em consideração seus traços de personalidade e, portanto, irá selecionar a rota *off road* para alcançar seu objetivo.

No segundo cenário, foi considerado o agente trabalhador menos aventureiro, ou seja, com baixo peso no traço de personalidade de espírito aventureiro, para decidir qual norma será cumprida no processo de resolução de conflitos, além de considerar também as recompensas e as punições das normas. Como resultado, o agente trabalhador irá utilizar o ônibus como meio de transporte, portanto cumprirá com a Norma 1 e violará a Norma 2, pois o traço de personalidade do agente contribuirá de forma menos significativa para que o agente cumpra o objetivo normativo da Norma 2 e seu próprio objetivo. Portanto compensará receber a recompensa por cumprir a Norma 1 e receber a punição por violar a Norma 2. Com base nos seus traços de personalidade e no seu objetivo, o agente seleciona o plano mais adequado para voltar para a sua residência. O agente pode escolher entre pear um ônibus que ofereça uma rota mais longa, porém mais segura ou uma rota mais curta, porém mais perigosa. Para realizar tal escolha o agente leva em consideração seus traços de personalidade e, portanto, irá selecionar a rota mais curta para alcançar seu objetivo.

No último cenário, foi considerado o agente trabalhador sem traços de personalidade, e conforme o esperado, o agente sempre terá o mesmo comportamento considerando somente seus próprios objetivos e as contribuições normativas. Portanto, concluímos que a utilização de traços de personalidade na arquitetura BDI pode alterar o comportamento do agente, aprimorando a resolução de conflitos normativos.

5.2

Cenário de uso – Resgate de civis em áreas de risco

O cenário de uso relacionado ao resgate de civis em áreas de risco foi utilizado também em outros dois trabalhos (Viana et al., 2015), e (Neto, Silva & Lucena, 2011), pois é um cenário onde sistemas multiagentes podem ser aplicados devido: (i) aos agentes estarem dinamicamente espalhados; (ii) à dinamicidade relacionada à mudança dos comportamentos dos agentes e (iii) à necessidade de realizar o processamento distribuído e concorrente. A aplicação de traços de personalidade no ambiente em questão poderá (i) auxiliar o processo de decisão do agente referente à resolução de conflitos normativos; (ii) definir uma mudança no comportamento do agente e (iii) auxiliar o processo de escolha de planos, pois o agente irá selecionar os planos que mais se adequarem aos seus objetivos e traços de personalidade.

Conforme apresentado no cenário anterior, o comportamento dos agentes pode ser alterado de acordo com o raciocínio prático e o traço de personalidade do agente. No cenário de resgate de civis em áreas de risco foram instanciados dois tipos de agentes, um agente bombeiro e um agente civil, onde apenas o agente bombeiro foi modelado como agente BDI normativo com traços de personalidade. Portanto, o foco desse cenário será a análise do comportamento do agente em diferentes situações onde ele deverá analisar como resolver os conflitos normativos e quais planos selecionar para cumprir seus objetivos. O agente BDI normativo com traços de personalidade tem as seguintes propriedades:

- BeliefSet: Conjunto de crenças
- PersonalityTraits: Conjunto de traços de personalidade
- GoalSet: Conjunto de objetivos
- PlanSet: Conjunto de planos

O agente bombeiro foi modelado com os seguintes atributos:

- BeliefSet [(Nome, Valor)]
 - IndiciePluviometrico, 21
 - RiscoDeDesabamento, 2
 - EquipamentosDisponiveis, 2
 - CivilSolicitandoResgate, True
 - Quantidade de Feridos, 13
- PersonalityTraits [(Nome, Valor)]
 - Espírito Aventureiro, 3
 - Perfil Cuidadoso, 2
- GoalSet [(Nome, Valor, NormaAssociada, TraçoDePersonalidade, [BeliefRequerido])]
 - IsolarAreaDeRisco, 1, ChamarReforço, Espírito Aventureiro, (Indice Pluviometrico, 2)
 - RetirarEscombros, 1, ChamarReforço, Espírito Aventureiro, (EquipamentosDisponíveis, 2)
 - IniciarSalvamento, 1, ChamarReforço, Perfil Cuidadoso, [(Equipamentos Disponíveis, 2), (IndicePluviometrico, 21)]
- PlanSet [(Nome, [TraçoDePersonalidade], [GoalsRequeridos])]

- IsolarAreaPlan, [(Perfil Cuidadoso, 2), (Espírito Aventureiro, 3)], [IsolarAreaDeRisco, 1]
- RetirarEscombrosPlan, [(Perfil Cuidadoso, 2)], [RetirarEscombros, 1]
- IniciarSalvamentoPlan, [(Espírito Aventureiro, 3)], [IniciarSalvamento, 1]

O cenário é iniciado quando o agente civil envia uma mensagem de socorro para o agente bombeiro. Em seguida o agente bombeiro recebe essa mensagem e inicia a etapa de atualização de crenças e adoção de normas, chamada de *Belief Revision Function*, onde também são identificadas as normas ativas no ambiente direcionadas ao agente bombeiro. Nesse cenário duas normas foram elaboradas: (i) Chamar Reforço e (ii) Abortar Missão. Essas normas estão detalhadas na tabela a seguir, onde o objetivo principal da norma Chamar Reforço é aumentar o número de recursos disponíveis e o objetivo principal da norma Abortar Missão é impedir que a missão seja executada caso o risco de desabamento seja alto o bastante a ponto de comprometer ainda mais a integridade dos envolvidos.

Tabela 4: Propriedades das normas do cenário.

| Nome | ChamarReforço | AbortarMissão |
|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Papel | Bombeiro | Bombeiro |
| Conceito Deontico | Obrigaçao | Proibiçao |
| Recompensa | Ganhar tropas e 12 pontos | Ganhar 13 pontos |
| Punição | Perder 5 pontos | Perder 10 pontos |
| Ativação | Quantidade de feridos > 5 | Risco de Desabamento >=2 |
| Desativação | Quantidade de feridos <= 5 | Risco de Desabamento = 0 |

A etapa seguinte consiste em verificar quais normas já foram cumpridas, violadas ou ainda não foram avaliadas, dando-se início à etapa *Desires Normative Generator*. Em seguida o agente verifica a existência de conflitos entre as normas ativas direcionadas a ele. Conforme é possível observar na figura abaixo, existe um período onde as duas normas entram em conflito.

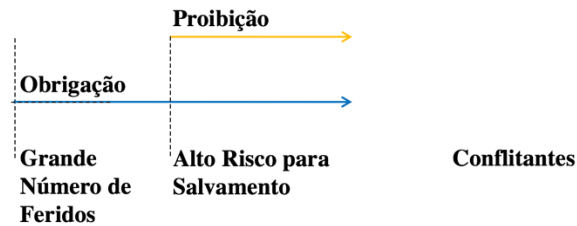


Figura 10: Período conflitante do cenário de uso sobre resgate de civis.

Para solucionar esse conflito o agente calcula a contribuição normativa considerando as recompensas e as punições de cada norma. Em seguida os traços de personalidade são acrescentados aos objetivos nos quais eles são requeridos e esse valor é adicionado à contribuição normativa. A norma com a contribuição normativa de maior valor será adicionada ao conjunto de normas pretendidas do agente, para futuramente ser avaliada juntamente às demais normas não conflitantes.

- **Chamar Reforço** – Contribuição normativa

$$CN = \text{RecompensaChamarReforço} + \text{PuniçãoAbortarMissão} + [(G1^5 + PT1 + PT2^6) + (G2 + PT1) + (G3 + PT2)]$$

$$CN = 12 + (-10) + ((1+3+2) + (1+3) + (1+2)) = 15$$

- **Abortar Missão** – Contribuição normativa

$$CN = \text{RecompensaAbortarMissão} + \text{PuniçãoChamarReforço} + (G1 + PT1 + PT2)$$

$$CN = 13 + (-5) + [(1+3+2)] = 14$$

Conforme é possível observar, o valor da contribuição normativa associado à norma Chamar Reforço é maior que o valor associado à norma Abortar Missão, portanto o agente optará por cumprir a norma Chamar Reforço e violar a norma Abortar Missão.

Porém, caso os valores associados aos traços de personalidade sejam alterados, o agente poderá apresentar um comportamento diferente. Por exemplo, caso o valor do traço de personalidade espírito aventureiro seja diminuído para o valor 1, então o valor da contribuição normativa associada à norma Chamar Reforço será decrementada e, portanto, será menor que o valor da contribuição normativa

5 GN: Goal N

6 PTN: Traço de Personalidade N

apresentada pela norma Abortar Missão. Dessa forma, o agente irá optar por cumprir a norma Abortar Missão e violar a norma Chamar Reforço, ou seja, diferentes traços de personalidade podem alterar o comportamento de um agente em diferentes situações.

Por outro lado, caso o agente não tenha mais a característica de ser cuidadoso, então a contribuição normativa da norma Chamar Reforço será diminuída, porém quando comparada a norma Abortar Missão, a norma Chamar Reforço ainda terá o valor de sua contribuição maior. Porém o agente não terá os requisitos mínimos para executar o objetivo e o plano relacionado à remoção de escombros.

Para efeito de comparação de resultados, foi aplicada a abordagem NBDI produzida no trabalho de Santos Neto (2011), ao invés da abordagem aplicando os traços de personalidade. Dessa forma o resultado obtido mostrou que o agente bombeiro selecionaria sempre a norma Abortar Missão ao invés da norma Chamar Reforço desde que as crenças não tenham sido alteradas. Porém, com o uso dos traços de personalidade um agente pode tomar diferentes decisões com um mesmo conjunto de crenças.

5.3

Considerações Finais

Em ambos os cenários apresentados, a aplicação dos traços de personalidade contribuiu de forma que o agente decidisse por tomar diferentes decisões. Dessa forma a alteração do traço de personalidade de um agente normativo pode alterar a tomada de decisão do agente referente tanto à escolha de normas conflitantes quanto à escolha de planos.

6 Experimento

A proposta deste capítulo é apresentar o experimento realizado com o objetivo de comparar as diferentes abordagens apresentadas neste trabalho com a abordagem proposta a respeito da contribuição social, ou seja, quantidade de normas cumpridas, e a respeito da satisfação individual, que está relacionada à execução do objetivo do agente. Em todos os gráficos apresentados o eixo horizontal se refere à porcentagem de normas conflitantes, onde zero significa nenhuma norma conflitante e cem significa que todas as normas estão em conflito. O eixo vertical indica a quantidade de normas cumpridas e objetivos selecionados para execução.

Este capítulo está organizado da seguinte forma. Na seção 6.1 são reproduzidos os resultados das abordagens de forma individual. Na seção 6.2 são realizadas comparações entre as abordagens a respeito da satisfação individual e contribuição social.

6.1

Análise Sobre Cada Abordagem

Com o intuito de analisar individualmente o comportamento apresentado pelas abordagens Pressionado, Rebelde e Social (Lopez, 2003) e NBDI (Neto, Silva & Lucena, 2011), foi realizado um experimento através da geração de objetivos e normas aleatoriamente seguindo o modelo do experimento elaborado por (Lopez, 2003), para tornar possível a comparação de resultados dessas abordagens com a abordagem aqui descrita.

O experimento foi executado com as seguintes propriedades: (i) um agente, (ii) dez objetivos e (iii) dez normas e para avaliar a tomada de decisão do agente ao se deparar com conflitos normativos. Inicialmente não há conflitos normativos e gradativamente essa quantidade foi aumentada em 25% a cada 100 execuções até que todas as normas estivessem em conflito.

A análise de cada perfil foi inicialmente realizada com base em duas perspectivas: (i) Satisfação Individual, representando a quantidade de objetivos do

agente que foram cumpridos e (ii) Contribuição Social, representando a quantidade de normas cumpridas pelo agente.

A primeira abordagem analisada se refere ao perfil Rebelde. Conforme é possível observar na Figura 11, para esse perfil é indiferente a quantidade de normas conflitantes, pois o agente sempre irá violar todas as normas ativas do ambiente direcionadas a ele, mesmo que alguma delas possa eventualmente levar algum tipo de benefício ao agente.

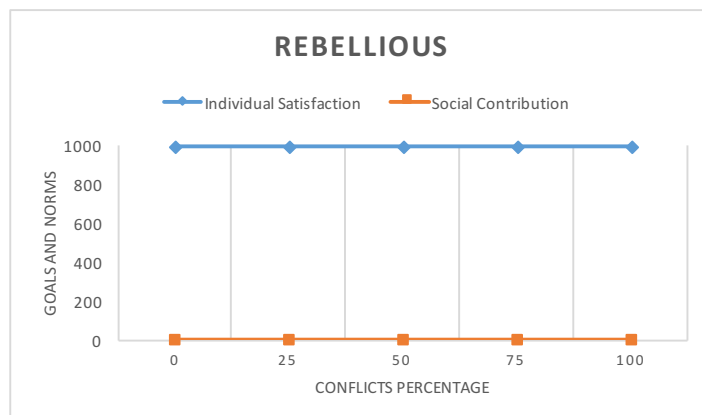


Figura 11: Análise do perfil Rebelde.

A segunda abordagem analisada se refere ao perfil Social. Conforme é possível observar na Figura 12, o agente inicia o experimento cumprindo com todas as normas ativas do ambiente direcionadas a ele, pois não há conflitos normativos, mesmo que alguma norma impeça a execução de um objetivo. A quantidade de objetivos executados é elevada de acordo com o aumento da quantidade de conflitos normativos.

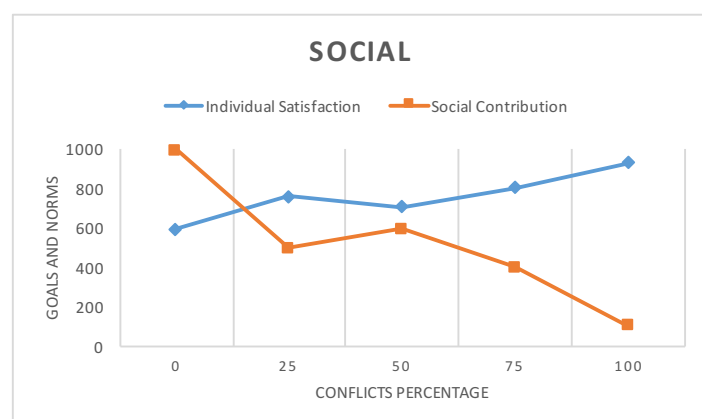


Figura 12: Análise do perfil Social.

A terceira abordagem apresentada por Lopez (2003) analisada se refere ao perfil Pressionado. Conforme é possível observar na Figura 13, após 25% de

normas conflitantes, o comportamento do gráfico é semelhante ao perfil Social, porém o agente cumpre com menos normas, portanto menos objetivos são restritos.

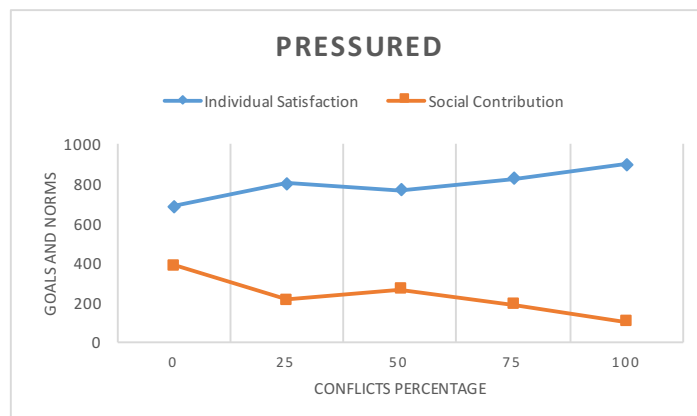


Figura 13: Análise do perfil Pressionado.

Conforme é possível observar na Figura 14, a abordagem apresentada por Santos Neto (2011) chamada *NBDI* inicia o experimento com a contribuição social e satisfação individual de forma mais equilibrada.

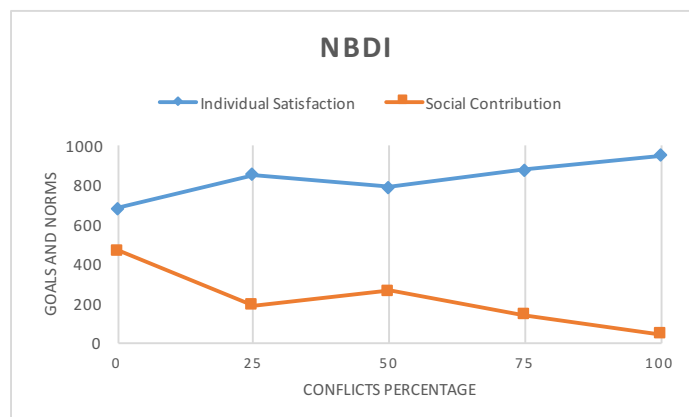


Figura 14: Análise do perfil NBDI.

Já na Figura 15, a abordagem desenvolvida utilizando os traços de personalidade aparece com a satisfação individual e contribuição social mais estável de acordo com o aumento dos conflitos normativos.

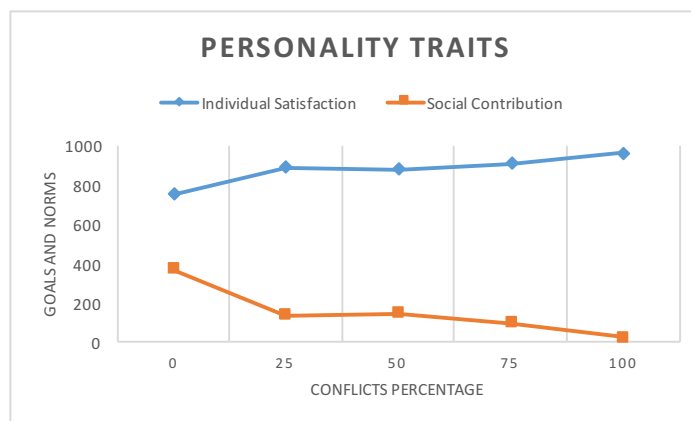


Figura 15: Análise do perfil com Traços de Personalidade.

Portanto, diferentes abordagens resultam em diferentes comportamentos em relação à quantidade de normas cumpridas e quantidade de objetivos selecionados.

6.2

Comparação entre abordagens

Com o intuito de analisar o desempenho apresentado por cada uma das abordagens a respeito da satisfação individual e contribuição social, foram elaborados gráficos separados com essas duas vertentes. Primeiramente, a Figura 16 demonstra o resultado sobre a análise da satisfação individual, onde é possível observar que o perfil relacionado à utilização de traços de personalidade apresenta a segunda maior quantidade de objetivos individuais executados, mostrando desempenho inferior somente a abordagem Rebelde, onde não há restrição sobre os objetivos do agente.



Figura 16: Satisfação Individual.

Em seguida, a respeito sobre a contribuição social, ou seja, a quantidade de normas que o agente decide cumprir, é possível observar que de acordo com a

Figura 17 que o perfil relacionado à utilização de traços de personalidade apresenta desempenho semelhante ao perfil elaborado por Santos Neto (2011), porém com menos normas cumpridas, pois neste experimento foram adicionados aos pesos dos objetivos do agente os pesos referentes aos traços de personalidade, portanto o agente é incentivado a cumprir com seus objetivos.

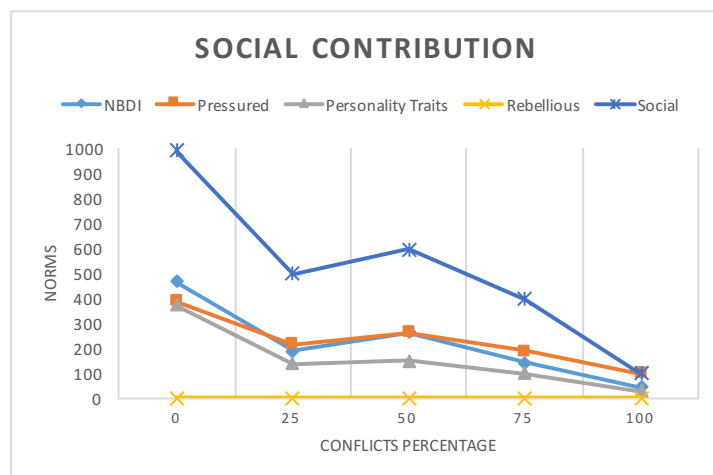


Figura 17: Contribuição Social.

Portanto, é possível observar que o desempenho apresentado pela abordagem que realiza a aplicação de traços de personalidade demonstra desempenho semelhante à abordagem *NBDI*, porém o agente é estimulado a cumprir com os objetivos em que seus traços de personalidade contribuem para sua realização.

6.3

Considerações Finais

Com base no estudo apresentado neste capítulo, é possível observar que diferentes perfis de análise normativa geram diferentes comportamentos de um agente, porém não é possível afirmar que um perfil seja melhor que outro de forma geral. Diferentes situações requerem diferentes comportamentos, portanto cada perfil pode apresentar melhor desempenho que os demais em certas ocasiões.

Este estudo serviu para mostrar que em geral cada perfil possui sua própria característica para lidar com normas e objetivos do agente. Dessa forma, a abordagem a ser utilizada deve ser analisada previamente para que seja possível estimar qual perfil é o mais indicado para cada situação.

Conclusões e Trabalhos Futuros

A aplicação dos traços de personalidade deve ser utilizada de forma cautelosa, pois a utilização dessa abordagem pode acarretar resultados não esperados em domínios diferentes. Portanto, a utilização dessa abordagem pode tornar a decisão do agente mais adequada em uma determinada ocasião, o que não significa que em outras ocasiões o resultado seja o mais apropriado.

Ademais, conforme demonstrado no estudo exploratório e na aplicação da solução proposta no cenário de uso relacionado ao resgate de civis em áreas de risco, a inserção de traços de personalidade em agentes BDI normativos modificou o comportamento padrão dos agentes, como por exemplo, em um cenário com parâmetros iguais um agente pode agir de forma diferente, tanto na escolha de normas a serem cumpridas quanto na escolha de planos.

Em relação ao experimento realizado para avaliar as abordagens discutidas na literatura com a abordagem aqui proposta, foi identificado que em geral a contribuição social e a satisfação individual do agente com traços de personalidade apresentou desempenho semelhante à abordagem NBDI. O resultado apresentado está de acordo com esperado, visto que essa abordagem foi utilizada como base para a abordagem desenvolvida nesse trabalho.

Portanto, foram desenvolvidos nessa dissertação de mestrado: (i) um framework para utilização de normas em sistemas multiagentes aplicados em dispositivos iOS e (ii) uma arquitetura para utilização de traços de personalidade em agentes BDI normativos em dispositivos iOS para auxiliar o processo de tomada de decisão do agente em casos de conflitos normativos e também para auxiliar a escolha de planos para cumprir com seus objetivos.

Além disso, alguns trabalhos futuros foram identificados: (i) avaliar o comportamento dos agentes e as consequências no ambiente quando um agente com traços de personalidade é inserido no ambiente e como isso pode influenciar as decisões dos demais agentes, (ii) aplicar a lógica *fuzzy*, relacionado as recompensas e punições com o objetivo de fazer uma análise mais próxima do quanto isso é

benéfico ou prejudicial ao agente, (iii) aprofundar o estudo sobre o conceito deôntico de permissão com o objetivo de definir de forma mais mais aproximada o que é permitido, mas não é recomendado, ou o contrário onde existe uma permissão, porém não é recomendado realizar uma determinada ação, (iv) realizar experimentos com agentes com traços de personalidade com a finalidade de prever o comportamento de um grupo específico em determinadas situações e (v) desenvolver uma estrutura para avaliar a proveniência dos dados para justificar uma tomada de decisão do agente.

Por outro lado, em relação especificamente aos traços de personalidade, um trabalho futuro identificado está relacionado ao detalhamento do modelo *OCEAN* em cada etapa do processo de raciocínio prático BDI. Dessa forma, cada uma das características analisadas nesse modelo pode ser individualmente considerada em diferentes momentos na arquitetura. Além disso, outro trabalho futuro está relacionado ao estudo e aplicação de outras abordagens na área de psicologia, com a finalidade de comparar e identificar as abordagens mais adequadas a cada cenário de uso.

- BARBOSA, S. D., GUILHERME DA SILVA, F. A., FURTADO, A. L., CASANOVA, M. A. **Plot Generation with Character-Based Decisions**. Computers in Entertainment (CIE), 2014.
- BORDINI, R. H.; HÜBNER, J. F.; WOOLDRIDGE, M. **Programming Multi-Agent Systems in AgentSpeak using Jason**. [S.l.]: [s.n.], 2007.
- BRATMAN, MICHAEL. **Intention, plans, and practical reason**. 1987.
- CERQUEIRA, S. L. R. et al. **Plataforma GeoRisc Engenharia da Computação Aplicada à Análise de Riscos Geo-ambientais**. PUC-RIO. Rio de Janeiro, 2009.
- CRIADO, N., ARGENTE, E., NORIEGA, P., & BOTTI, V. **Towards a normative BDI architecture for norm compliance**. COIN@ MALLOW2010, 65-81, 2010.
- DA, KELING, MARC DALMAU, AND PHILIPPE ROOSE. **"A Survey of adaptation systems."** International Journal on Internet and Distributed Computing Systems 2.1, 2011.
- DA SILVA FIGUEIREDO, KAREN, VIVIANE TORRES DA SILVA, AND D'INVERNO, M.; LUCK, M. **Understanding Agent Systems**. New York: Springer. 2001.
- FELICÍSSIMO, CAROLINA HOWARD; DE LUCENA, CARLOS JOSÉ PEREIRA; BRIOT, JEAN-PIERRE. **An approach to operationalize regulative norms in multiagent systems**. INTECH Open Access Publisher, 2011.
- FIGUEIREDO, KAREN, AND VIVIANE TORRES DA SILVA. **Norm-ML: A Modeling Language to Model Norms**. ICAART (2), edited by J. Filipe and ALN Fred (2011): 232-237.
- JENNINGS, NICHOLAS R.; WOOLDRIDGE, MICHAEL J. **Software agents**. IEE review, p. 17-20, 1996.
- JENNINGS, N. R.; WOOLDRIDGE, M. **Applications of Intelligent Agents**. Em: Jennings, N. R.; Wooldridge, M (eds), Agent Technology: Foundations, Applications, and Markets, volume 3, n.28. 1999.
- JENNINGS, N. R.; WOOLDRIDGE, M. **Agent-Oriented Software Engineering**, Handbook of Agent Technology, AAAI/MIT Press, 2000.

LÓPEZ, FABIOLA LÓPEZ; LUCK, MICHAEL; D'INVERNO, MARK. **Constraining Autonomy through Norms**, 2002.

LÓPEZ, FABIOLA LÓPEZ. **Social Power and Norms**. Diss. University of Southampton, 2003.

LOPEZ, F. and MARQUEZ, A. **An architecture for autonomous normative agents**. In: Proc. of the 5th Int. Conf. in Computer Science. 2004.

LUCENA, C. J. P. D. **Inteligência Artificial e Engenharia de Software**. Rio de Janeiro: Zahar, 1987.

MANNING, B.; WOODCOCK, B., **Multicast Domain Name Service**, The Internet Standards Process, Section 10 of RFC2026, 2000.

MERRIAM-WEBSTER. Merriam-Webster Online Dictionary. <http://www.merriam-webster.com/dictionary/norm>, 2015.

MIRANDA, P., DINIZ, A., LUCENA, C., **iMOBILE**, Monografia do departamento de Informática PUC-Rio, 2015.

RAO, ANAND S., AND MICHAEL P. GEORGEFF. **"BDI agents: From theory to practice."** ICMAS. Vol. 95. 1995.

SANTOS NETO, B. F., Viviane Torres Da Silva, and Carlos Jose Pereira de Lucena. **"Using jason to develop normative agents."** Advances in Artificial Intelligence—SBIA 2010. Springer Berlin Heidelberg, p. 143-152, 2010a.

SANTOS NETO, B. F., SILVA, V. T. da, LUCENA, C. J. P de, **Developing Goal-Oriented Normative Agents: The NBDI Architecture**, International Conference on Agents and Artificial Intelligence. Springer Berlin Heidelberg, 2011.

SANTOS NETO, B. F. **Uma abordagem deontica para o desenvolvimento de agentes normativos autônomos**. Diss. Tese de doutorado. Rio de Janeiro: PUC, Departamento de Informática, 2012b.

VASCONCELOS, WAMBERTO; KOLLINGBAUM, MARTIN J.; NORMAN, TIMOTHY J. **Resolving conflict and inconsistency in norm-regulated virtual organizations**. In: Proceedings of the 6th international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems. ACM, 2007. p. 91.

VIANA, M. L.; CUNHA, F. J. P. ; BALDOINO F. SANTOS NETO ; PAULO ALENCAR; LUCENA, C. . **A Framework for Supporting Simulation with Normative Agents**. In: WESAAC, 2015, Niterói. 9 Workshop-Escola de Sistemas de Agentes, seus Ambientes e Aplicações. Niterói: Niterói: UFF, v. 9. p. 167-172, 2015a.

VIANA, M. L.; PAULO ALENCAR; EVERTON GUIMARÃES; CUNHA, F. J. P.; DONALD COWAN; LUCENA, C. **JSAN: A Framework to Implement Normative**

Agents. In: SEKE, 2015, Pittsburgh. The 27th International Conference on Software Engineering & Knowledge Engineering, p. 660-665, 2015.

WEISS, Gerhard. **Multiagent systems: a modern approach to distributed artificial intelligence.** MIT press, 1999.

WOOLDRIDGE, MICHAEL; JENNINGS, NICHOLAS R.; KINNY, DAVID. **A methodology for agent-oriented analysis and design.** In: In Proceedings of the Third International Conference on Autonomous Agents Agents 99. 1999.

WOOLDRIDGE, M.; CIANCARINI, P. **Agent-Oriented Software Engineering: the State of the Art.** Em: CIANCARINI, P.; WOOLDRIDGE, M. (Eds.) Agent-Oriented Software Engineering, LNCS 1957, Berlin: Springer, p. 1-28. 2001.

WOOLDRIDGE, MICHAEL. **An introduction to multiagent systems.** John Wiley & Sons, 2011.