

**CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI - FUNDAÇÃO EDUCACIONAL INACIANA PE.
SABOIA DE MEDEIROS**

ANDREY ARAUJO MASIERO

**ALGORITMO DE APRENDIZADO DO COMPORTAMENTO SOCIAL DO ROBÔ
NA APROXIMAÇÃO FÍSICA DO SER HUMANO**

São Bernardo do Campo

2017

RESUMO

A evolução da tecnologia torna-se cada vez mais evidente com o passar dos anos. As pessoas possuem computadores portáteis menores e com melhor configuração, *tablets*, aparelhos de telefonia móvel inteligentes interligados com relógios e também robôs que possuem tarefas específicas como aspirar o pó da casa ou monitorar o ambiente a partir de um determinado ponto. Contudo, o robô inserido no ambiente doméstico ou pessoal atual, é apenas mais um dispositivo tecnológico que a pessoa possui. Caso um robô autônomo capaz de realizar diversas tarefas domésticas e de cuidados pessoais médicos seja inserido nesse ambiente e ainda ele realize interações através de voz, gestos e toque com o ser humano, o sentimento a partir desse momento não seria mais de um dispositivo tecnológico no ambiente. Existe uma possibilidade do ser humano ficar de uma certa maneira desconfortável com a presença do robô. Considerando a situação de desconforto do ser humano com o robô, essa tese propõe uma metodologia que mapeia o conjunto de ações que o robô é capaz de executar visando a maximização da probabilidade de uma interação humano-robô com maior qualidade, baseando-se no comportamento e características do indivíduo. A partir do mapeamento de comportamento da pessoa é possível determinar o comportamento que o robô deve ter para proporcionar uma situação confortável para a interação com o ser humano. Como resultado espera-se um *framework* que possa aprender e analisar o comportamento do ser humano e que também seja capaz de transferir esse conhecimento com o robô inserido no ambiente, aumentando a eficácia da interação entre humanos e robôs.

Palavras-chave: Robótica Social. Proxemics. Aprendizado de Máquina. Interação Humano-Robô.

SUMÁRIO

1	Introdução	4
2	Objetivos	7
3	Hipóteses	8
4	Benefícios	9
5	Metodologia	10
5.1	Perfis dos Sujeitos de Teste	10
5.1.1	Amostra	11
5.2	Procedimentos experimentais	11
5.3	Dados experimentais coletados	13
5.4	Processamento e análise de dados coletados	13
6	Riscos	14
7	Desfecho primário	15
8	Cronograma de Execução	16
9	Financiamento	17
10	Equipe Executora	18
	REFERÊNCIAS	19

1 INTRODUÇÃO

Durante o passar dos anos foi possível acompanhar a contínua evolução dos sistemas computacionais, como por exemplo os telefones móveis, os computadores pessoais e portáteis, as televisões, e também os robôs pessoais, como o iRobot Roomba¹ e o JIBO². Pode-se perceber a evolução ao comparar a quantidade de tarefas que um telefone móvel é capaz de realizar e a diferença entre os tamanhos de seus componentes, os computadores e televisões cada vez com uma espessura menor e a inserção frequente de robôs móveis em ambientes sociais, como as casas e hospitais. Entretanto, os robôs Roomba e JIBO possuem tarefas específicas e o nível de interação com as pessoas não é diferente de alguns dos dispositivos existentes no mercado (HEENAN et al., 2014).

Contudo, existe uma popularização da robótica nos dias atuais principalmente devido ao relativo baixo custo e também devido aos dispositivos tecnológicos cada vez menores. Esse fenômeno faz com que pesquisadores e fabricantes sintam a necessidade de robôs inteligentes que possuam a habilidade de interagir com as pessoas onde este contato não gere desconforto de nenhum indivíduo. Visto que, com a popularização do contato na interação humano-robô aumentará de diversas maneiras, sendo o robô apenas uma ferramenta ou ele sendo um agente no mundo ao qual ele se encontra (LOOI; SEE, 2012). A interação entre robôs e seres humanos é importante não simplesmente pela questão social, mas também porque uma boa interação passa a ser uma questão essencial para a convivência entre todos, ao considerar que robôs já encontram-se em ambientes inteligentes como casas, hospitais e escolas (ALBO-CANALS et al., 2013; BROWN; KERWIN; HOWARD, 2013).

Um ambiente inteligente possui vários meios de interação, além de ser capaz de identificar alguns padrões e ainda ter um certo nível de autonomia em tomadas de decisão. O ambiente realiza as tarefas de interação através de sensores e atuadores espalhados em todos os seus espaços. Alguns sensores que considera-se são câmeras, infravermelhos, térmicos, entre outros. E os atuadores são todos os dispositivos que possam gerar interação, externando algo para o indivíduo, seja através de um movimento, uma imagem ou até mesmo algum sinal sonoro. Alguns exemplos de atuadores são: aparelho de televisão, cafeteira, lâmpadas, tomadas, geladeiras, painéis, aparelhos eletrônicos, entre outros. Dentro do ambiente inteligente também pode existir a presença de um robô móvel, que é um sensor interativo. O robô é capaz de realizar não somente

¹<http://www.irobot.com/For-the-Home/Vacuum-Cleaning/Roomba.aspx>

²<https://www.jibo.com/>

a leitura de padrões do indivíduo de maneira próxima e seguindo a pessoa a qualquer parte do ambiente, mas o robô também pode servir como um atuador durante a interação (LOOI; SEE, 2012; CHOI; KIM; KWAK, 2014; DOBRA, 2014).

Para aproveitar o robô sem que atrapalhe a rotina existente no ambiente, é necessário que o robô tenha um comportamento social esperado de qualquer agente humano que conviva neste mesmo ambiente. Entre pessoas é esperado um comportamento social onde exista respeito do seu espaço social e até mesmo cuidado durante a execução dos movimentos para que não seja agressivo ou invasivo. Quando existe um cenário de interação humano-robô, onde o ser humano deve realizar tarefas em conjunto com o robô ou até mesmo esperar que o robô realize uma tarefa, o comportamento social por parte do robô tem sido pouco explorado. Sem a preocupação com o comportamento social, o robô acaba gerando um desconforto para as pessoas que estão presentes no mesmo ambiente. O comportamento social pode ir além da execução de movimentos, pois é possível transmitir os sentimentos através de expressões corporais e faciais, além da maneira que se fala com o outro indivíduo. Em seu trabalho Hall (1969) define o termo *Proxemics* como a ciência que estuda esse comportamento social através de uma métrica de distância entre os indivíduos.

Em um trabalho posterior, Argyle (1988) define quatro níveis de distância social para complementar o trabalho de Hall (1969). Os quatro níveis de distância social são: (I) Íntima; (II) Pessoal; (III) Social; e (IV) Pública, sendo declaradas da mais próxima para a mais distante. O raio que determina cada um desses níveis dependerá da experiência de vida que cada indivíduo possui, podendo ainda ser influenciado pelo local de origem ou nascimento. Seres humanos conseguem tratar essa questão comportamental de maneira natural e intuitiva. Todavia, as pessoas possuem diferentes perfis e podem reagir ainda de maneira diferente de acordo com a tarefa que estão executando ou o ambiente em que estão inseridos (JUNG, 1991). Dessa forma, há a necessidade de, em muitos casos, adaptar a forma de interação para conseguir ganhar a confiança do indivíduo e conseguir se aproximar dele a uma distância de nível pessoal, pelo menos.

Considerando essas informações, pode-se perceber que o primeiro passo para uma boa interação é estabelecer um nível de confiança com um indivíduo onde a aproximação dele chegue a um nível pessoal. E a partir desse ponto é possível realizar novas tarefas em colaboração ou até em benefício para o próprio indivíduo, como no caso de cuidados pessoais (HALL, 1969; ARGYLE, 1988).

Tendo em vista que para conseguir interagir com o ser humano, o robô deve saber como se aproximar fisicamente da pessoa. Dessa maneira, essa pesquisa tem como objetivo estabe-

lecer um mecanismo que ao ser inserido no robô, ele seja capaz de perceber algumas sinais corporais da pessoa, como expressão facial e corporal, e mudar seu comportamento para diminuir o medo e ansiedade dela, durante sua aproximação. A partir da aproximação realizada, será possível incluir novos estudos para realizar tarefas em colaboração com o ser humano.

A pesquisa acontecerá nas dependências do Laboratório de Engenharia de Usabilidade da FUNDAÇÃO EDUCACIONAL INACIANA PE. SABOIA DE MEDEIROS em São Bernardo do Campo - SP e, envolverá 100 participantes. Estes participantes serão divididos em 2 grupos: 70 jovens e 30 idosos pertencentes a comunidade acadêmica. Os dois grupos responderão à dois questionários: pré-teste e pós teste. Sendo que o teste é a exposição ao robô propriamente dito. A duração total do experimento será de 40 minutos.

2 OBJETIVOS

Como objetivo principal, este estudo propõem um processo que mapeia o conjunto de ações que o robô é capaz de executar para aumentar a probabilidade de uma aproximação física com o intuito de iniciar uma interação humano-robô que atenda a um determinado padrão social.

Os objetivos secundários almejados nessa pesquisa são: (I) Construção de um *framework* para aprendizado da aproximação física para interação entre humanos e robôs; (II) Conseguir encapsular o conhecimento sobre o aprendizado de interação para que seja fácil aplicá-lo em diversos robôs.

3 HIPÓTESES

Como hipóteses de comprovação essa pesquisa apresenta:

- a) O comportamento do robô tem maior influência na interação social do que sua aparência;
- b) É necessário pelo menos uma mídia de saída para que o robô possa interagir dentro das normas sociais;
- c) Padrões de comportamento de interação social são definidos com base na cultura, porém a experiência de vida do indivíduo aumenta as possibilidades de interação humano-robô.

4 BENEFÍCIOS

Com o aumento de dispositivos inteligentes em casas, hospitais e ambientes de trabalho, pode haver um certo desconforto por parte do ser humano. Dispositivos focado em internet das coisas tem a atuação transparente para o indivíduo que frequenta àquele ambiente. Contudo, quando falamos de robôs o cenário é diferente, pois um robô atua no ambiente como qualquer outro agente, seja ele outro ser humano ou até mesmo animais de estimação. Os benefícios previstos por essa pesquisa são robôs de serviço e sociais, que apresentem comportamentos mais próximos ao natural para o ser humano. Dessa maneira, será possível que o ser humano não fique com desconforto com a presença do robô em ambientes sociais. Ao final dessa pesquisa, deve-se apresentar um componente de software para aplicar no mecanismo de inteligência, onde o robô será capaz de perceber as reações do usuário, de acordo com seu comportamento e alterá-lo quando necessário. O foco é apenas na aproximação do robô, visto que esse é o primeiro passo para o início de uma interação social.

5 METODOLOGIA

A pesquisa desenvolvida neste trabalho mantém como base os problemas de interação que são apresentados ao longo da introdução desta tese buscando sempre a qualidade na interação entre o indivíduo e o robô. A fundamentação do trabalho foi realizada em pesquisas de cada uma das áreas abrangentes, Interação Humano-Robô utilizando o conceito de *Proxemics* e Raciocínio Baseado em Casos, onde identificou-se a possibilidade da criação de um processo automático de aprendizagem e também de aplicação do aprendizado durante toda a fase de interação entre os agentes, humano e robô.

Com o objetivo definido, realizou-se um estudo referente às técnicas que podem ser utilizadas em cada fase da metodologia de Raciocínio Baseado em Casos, para um melhor armazenamento de situações e também a melhor tomada de decisão para cada situação atual. Além disso, também é realizado a definição do conjunto de variáveis que são considerados mais adequados, tanto referente ao indivíduo quanto ao robô, que possam apoiar todo o processo de interação humano-robô.

Definidos os conjuntos de variáveis e também a implementação das técnicas de cada uma das etapas do Raciocínio Baseado em Casos, são realizados alguns testes preliminares de interação do robô para coletar a base de dados inicial e análise prévia dessas informações. Na sequência dos testes aplicados com indivíduos de diversos perfis comportamentais e demográficos são realizados. O primeiro teste é relacionado a primeira abordagem de interação e o segundo teste está relacionado com alguma tarefa das regras atuais da Robocup@Home (BEEK et al., 2015).

Realizados os testes, os resultados serão analisados e discutidos realizando a validação do processo de aprendizagem do robô para interação com pessoas.

5.1 PERFIS DOS SUJEITOS DE TESTE

Serão selecionados, dentro da comunidade acadêmica, 100 sujeitos de teste não portadores de deficiência física ou motora. Os sujeitos de teste serão brevemente entrevistados sobre o conforto em permanecer com um robô de um metro e meio de altura, dentro de uma sala, junto com o especialista que acompanhará o teste e iniciará o robô no início do teste. Não havendo nenhum empecilho por parte do sujeito de teste, após a leitura do termo de consentimento e

esclarecido, os experimentos poderão ocorrer logo após a assinatura que estão de acordo em participar do teste.

É importante ressaltar que nenhum sujeito de teste deverá pagar ou será remunerado pela participação na equipe. Qualquer custo, que ele tenha para se deslocar será fornecido pela instituição ou pelo próprio pesquisador.

5.1.1 Amostra

Os sujeitos de teste serão divididos da seguinte maneira:

Tabela 1 – Divisão das amostras entre os sujeitos de teste

Identificação do Grupo	Número de indivíduos
Jovens	70
Idosos	30

5.2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

O procedimento experimental será realizado em 4 fases, que devem durar no máximo 40 minutos em seu total.

Na primeira fase é introduzida uma breve explicação sobre a execução do experimento. É informado ao sujeito de teste que todo procedimento experimental do teste é filmado e não haverá exposição da imagem comercialmente. O vídeo será utilizado apenas para fins científicos e com total preservação da identidade do sujeito de teste. É realizado a leitura do termo de consentimento e feita as devidas assinaturas para oficializar o de acordo sobre a participação do experimento. No início do experimento é realizado um questionário pré teste que deve ser preenchido com informações sobre o sujeito de teste, dados etnográficos sem identificação pessoal, e perguntas sobre a expectativa dele para com o comportamento do robô.

A segunda fase é o procedimento experimental com o robô. Nessa fase, o robô é posicionado em frente ao sujeito de teste, com uma distância de aproximadamente 3 (três) metros e meio, que representa o limite entre a zona pública e social do espaço pessoal para interação em sociedade (HALL, 1969; ARGYLE, 1988). O robô irá se aproximar do sujeito de teste até atingir uma distância máxima de 40 (quarenta) centímetros, que representa o limite entre

a zona pessoal e íntima de uma pessoa. A aproximação do robô poderá ocorrer com algumas configurações, são elas:

- a) O robô, sem nenhuma mídia de saída (face, voz, manipulador), deverá se aproximar do sujeito de teste apenas com a característica de sua velocidade de aproximação. Será apenas uma por experimento, sorteada de maneira aleatória. O domínio da velocidade é composto por dois valores: rápido e devagar.
- b) O robô apenas com a mídia de saída visual do tipo face, deverá se aproximar do sujeito de teste. As condições de velocidade são as mesmas descritas na primeira configuração de teste. A face apresentada é única durante todo o experimento. Sorteada de maneira aleatória, pode ser classificada como: Feliz, Neutro e Nervoso.
- c) O robô apenas com a mídia de saída auditiva do tipo voz, deverá se aproximar do sujeito de teste. As condições de velocidade são as mesmas descritas na primeira configuração de teste. A voz apresentada terá volume único durante todo o experimento. Sorteada de maneira aleatória, pode ser classificada como: Volume alto e volume baixo.
- d) O robô apenas com a mídia de saída visual do tipo manipulador, deverá se aproximar do sujeito de teste. As condições de velocidade são as mesmas descritas na primeira configuração de teste. O manipulador apresentará uma amplitude de gestos durante toda a aproximação. Sorteada de maneira aleatória, pode ser classificado como: Amplitude alta e amplitude baixa.
- e) O robô irá se aproximar do sujeito de teste mesclando as configurações do experimento anteriores.
- f) O robô usará informações sobre o sujeito de teste, para inferir a melhor maneira de se aproximar, de acordo com as mídias sociais disponíveis. As informações do sujeito de teste que o robô irá utilizar são: expressão facial e corporal, gênero, se a pessoa se afastou ou não, entre outras.

A qualquer momento, o sujeito de teste poderá desistir do teste. Caso sinta-se ameaçado pelo robô, existe um botão de emergência vermelho que desabilita o robô inteiro. Quando o robô atingir a distância final, será informado pelo especialista que acompanha o teste, que o mesmo terminou.

Seguindo, a terceira fase o sujeito de teste preencherá um questionário pós teste para auxiliar a avaliação do comportamento do robô no seu ponto de vista. Por fim, a quarta fase é

uma entrevista com o pesquisador. É realizado um bate papo informal para coletar a do sujeito de teste opinião sobre a interação entre ele e o robô.

5.3 DADOS EXPERIMENTAIS COLETADOS

Em todos os ensaios, serão coletados dados de imagens capturadas pelas câmeras do robô e dispostas no ambiente. Informações sobre a expressão corporal do sujeito de teste também será capturada a partir de um sensor de movimento. O sensor de movimento é o Microsoft Kinect. Toda a coleta de informações é através de métodos não invasivos ao sujeito de teste e será realizado de maneira transparente a ele.

5.4 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE DADOS COLETADOS

As informações serão analisadas a partir dos arquivos de logs. Algoritmos de agrupamento de dados e testes estatísticos serão realizados para tentar identificar alguns padrões entre os usuários e seus comportamentos durante o experimento. Para isso, programas escritos em linguagens JAVA e Python serão utilizados. A biblioteca Matplotlib em Python será utilizada para criar os gráficos das análises.

Ao final serão comparadas as diversas configurações de experimento para tentar identificar uma classificação da melhor para a pior configuração.

6 RISCOS

Os riscos são mínimos não havendo nenhuma evidência específica de que o participante irá sofrer algum dano como consequência imediata ou tardia do estudo. A interação realizada com o robô pode gerar um contato físico, porém o robô possui mecanismos de parada de emergência em si próprio e também de maneira remota. Um especialista estará ao lado do robô para manter o controle de qualquer comportamento inesperado. O robô possui pelo menos 5 (cinco) mecanismos para prevenir um contato físico inesperado com o sujeito de teste. A figura 1 apresenta os mecanismos, sendo 3 (três) sensores e 2 (dois) botões de contato. Além disso, remotamente, um operador poderá interromper as atividades do robô de maneira remota, via software. Os testes serão realizados durante o horário em que equipes médicas disponíveis na universidade, estiverem presentes para atender qualquer emergência. Se mesmo assim o sujeito de teste não se sentir confortável para realizar o teste, a qualquer instante, ele poderá interromper imediatamente todo o procedimento.

Figura 1 – Sensores e botões de emergência disponíveis no robô para evitar qualquer contato físico inesperado.



7 DESFECHO PRIMÁRIO

Identificar os pontos do comportamento do robô que geraram desconforto ao ser humano. Dessa maneira, será possível mitigar tais problemas em projetos futuros voltados para robótica social e de serviço, onde a interação com o ser humano e o robô é maior.

8 CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Tabela 2 – Cronograma de trabalho

Identificação da Etapa	Início (dd/mm/aaaa)	Fim (dd/mm/aaaa)
Submissão dos projetos	20/06/2017	20/06/2017
Pesquisa bibliográfica	21/06/2017	30/06/2017
Seleção dos grupos de Sujeitos de Teste *	07/07/2017	14/07/2017
Realização de coleta de dados	15/07/2017	01/08/2017
Avaliação de resultados	02/08/2017	31/08/2017
Publicação	01/08/2017	31/10/2017
Relatório	03/08/2017	24/08/2017
Participação em congressos	03/09/2017	20/12/2017

Duração: 6 meses.

(*) Essa fase só será iniciada, mediante a aprovação do comitê de ética.

9 FINANCIAMENTO

Este projeto é financiado pela própria instituição. Não há financiamento específico de modo que não estamos apresentando nenhuma planilha de custos. A presente pesquisa é desenvolvida segundo recursos de uso corrente na instituição, sem nenhuma alocação específica. Ou seja, para o desenvolvimento do estudo, hora submetido à apreciação do comitê de ética, não há alocação específica de recursos.

O pesquisador é bolsista de doutorado pelo programa da CAPES/PROSUP, sendo então já remunerado para realizar a pesquisa em tempo integral. O robô e equipamentos utilizados para realização da pesquisa, como computadores, cameras e afins, já são patrimônio da instituição de ensino superior, não havendo custo e o valor deles já está depreciado uma vez que foram adquiridos no ano de 2005. Os formulários utilizados para pre e pós teste serão digitais, evitando assim o uso de papel e auxiliando na preservação do meio ambiente.

A tabela 3 apresenta o valor de todos equipamentos, patrimoniados, disponibilizados pela instituição para a pesquisa, além do valor dos 48 meses de bolsa do pesquisador Andrey Araujo Masiero, competentes ao seu doutorado.

Tabela 3 – Valores dos equipamentos

Identificação do Grupo	Valor em R\$
1x Robô Peoplebot	92.582,66
1x Microfone Shotgun Yoga	180,00
2x Conversor RS232 - USB	120,00
5x Baterias 12v – 7,2Ah	350,00
2x Carregadores para as baterias	220,00
1x Placa conversor de tensão	30,00
1x Dynamixel RX-64 Robot Actuator	960,00
2x Dynamixel RX-28 Robot Actuator	1.440,00
3x Dynamixel RX-24F Robot Actuator	420,00
1x Scanning range finder - URG-04LX-UG01	3.800,00
1x Câmera Web cam Full HD – Logitech	439,00
1x Tablet iPad Apple 64Gb	6.965,00
1x Macbook Pro Apple 8Gb	9.899,10
Bolsa de estudos referente a 48 meses	105.600,00
Total	223.005,76

10 EQUIPE EXECUTORA

Nome:	Andrey Araujo Masiero
CPF:	215.870.658-94
Lattes:	< http://lattes.cnpq.br/1752106252255038 >
Nome:	Flavio Tonidandel
CPF:	972.810.426-04
Lattes:	< http://lattes.cnpq.br/5331230734386657 >
Nome:	Plinio Thomaz Aquino Junior
CPF:	162.153.428-66
Lattes:	< http://lattes.cnpq.br/6186413528999908 >

REFERÊNCIAS

ALBO-CANALS, J. et al. Comparing two lego robotics-based interventions for social skills training with children with asd. In: **RO-MAN, 2013 IEEE**. [S.l.: s.n.], 2013. p. 638–643. ISSN 1944-9445.

ARGYLE, M. **Bodily communication**. [S.l.]: Routledge, 1988.

BEEK, L. van et al. **RoboCup@Home 2015: Rule and Regulations**. 2015. <http://www.robocupathome.org/rules/2015_rulebook.pdf>.

BROWN, L.; KERWIN, R.; HOWARD, A. Applying behavioral strategies for student engagement using a robotic educational agent. In: **Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2013 IEEE International Conference on**. [S.l.: s.n.], 2013. p. 4360–4365.

CHOI, J. J.; KIM, Y.; KWAK, S. The autonomy levels and the human intervention levels of robots: The impact of robot types in human-robot interaction. In: **Robot and Human Interactive Communication, 2014 RO-MAN: The 23rd IEEE International Symposium on**. [S.l.: s.n.], 2014. p. 1069–1074.

DOBRA, A. General classification of robots. size criteria. In: **Robotics in Alpe-Adria-Danube Region (RAAD), 2014 23rd International Conference on**. [S.l.: s.n.], 2014. p. 1–6.

HALL, E. T. **The Hidden Dimension**. [S.l.]: Anchor Books New York, 1969.

HEENAN, B. et al. Designing social greetings in human robot interaction. In: **Proceedings of the 2014 Conference on Designing Interactive Systems**. New York, NY, USA: ACM, 2014. (DIS '14), p. 855–864. ISBN 978-1-4503-2902-6. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/2598510.2598513>>.

JUNG, C. The archetypes and the collective unconscious. Routledge, 1991.

LOOI, Q. E.; SEE, S. L. Applying politeness maxims in social robotics polite dialogue. In: **Proceedings of the Seventh Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction**. New York, NY, USA: ACM, 2012. (HRI '12), p. 189–190. ISBN 978-1-4503-1063-5. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/2157689.2157749>>.