

# Sistemas inteligentes empregados na análise e evolução do comportamento de robôs em ambientes dinâmicos.

Márcio Mendonça

- ✓ Departamento de Tecnologia em Automação Industrial da Universidade Federal do Paraná

## Resumo

Este trabalho objetiva conceituar a inteligência artificial, abordando alguns paradigmas e emprego de sistemas inteligentes em atividades de aquisição de dados sensoriais. Através de uma breve revisão bibliográfica de trabalhos correlatos da literatura. Entretanto a vertente do mesmo, e uma revisão da aplicação de Fuzzy Cognitive Maps (FCM), ferramenta empregada para modelagem de sistemas dinâmicos, em diversas áreas de conhecimento. Objetivando apresentar uma proposta de modelagem do comportamento de um robô em um ambiente real.

**Palavras chave:** Fuzzy Cognitive Maps, sistemas inteligentes, inteligência artificial, sistemas robóticos.

## Inteligência Artificial

Inteligência artificial começou como um campo da ciência, cuja meta era reproduzir ou agregar a inteligência humana dentro um máquina. Inicialmente, devido à dificuldade de implementação computacional as expectativas diminuíram como a magnitude e dificuldade. E assim, o progresso foi lento [3]. Entretanto, a partir da metade da década de 80, um grande movimento científico iria mudar de maneira radical as pesquisas envolvendo robótica e inteligência artificial. Esse movimento foi liderado pelo pesquisador Rodney Brooks do MIT AI Lab. Basicamente, Brooks pregava [3] que havia algo de fundamentalmente errado na inteligência artificial, e que para que uma inteligência comparável à do ser humano pudesse ser obtida em sistemas artificiais, seria necessária uma mudança paradigmática na maneira como as pesquisas em inteligência artificial eram conduzidas. À essa época, eram populares as pesquisas em IA com os chamados “toy problems”, ou seja, problemas simplificados normalmente desvinculados do mundo real, que eram resolvidos por meio de algoritmos de busca, lógica matemática [4] e os assim chamados sistemas especialistas [1]. Brooks pregava que a inteligência artificial somente poderia prosperar se os pesquisadores deixassem as pesquisas em ambientes artificiais, e apostassem na robótica como ambiente de desenvolvimento [6].

Nós já temos uma prova de existência da possibilidade de entidades inteligentes, os seres humanos. Adicionalmente, pode-se considerar que: muitos animais são inteligentes em algum grau. (Este é um assunto de intenso debate, muito de que realmente centra ao redor de uma definição de inteligência.) Eles evoluíram em cima dos 4.6 bilhões história de ano da terra.[1]

Isto sugere que problema que resolve comportamento, idioma, conhecimento especialista e aplicação, e argumento, é uma vez tudo bastante simples a essência de ser e reagir estão disponíveis. Aquela essência é a habilidade se mudar para um ambiente dinâmico ao redor, sentindo, o ambiente enormemente suficiente alcançar a manutenção necessária de vida e reprodução. Isto parte de inteligência é onde evolução tem concentrado seu time—it é muito mais duro. Isto é a parte fisicamente fundamentada de sistemas animais. [1].

A estratégia de solução das abordagens baseadas em IA consiste na elaboração de modelos cognitivos genéricos que permitam aos usuários entenderem os processos cognitivos humanos usados na iteração com os sistemas computacionais e, portanto realizar experimentos ou previsões com estes modelos [10]. Essas abordagens têm raízes em comum nas áreas de psicologia cognitiva, ciência cognitiva e inteligência artificial, já que todas estudam a cognição, isto é, o processo pelo qual se pode adquirir e produzir conhecimento. Estas abordagens aplicam teorias cognitivas à tarefa de compreender e caracterizar as capacidades e limitações dos usuários no que diz respeito a processos mentais de aquisição e produção de conhecimento [10].

A tentativa de modelagem do conhecimento, isto é de entender o comportamento da mente, em ciências cognitivas está dividida em três abordagens. A primeira abordagem trata do cognitivismo ou Teoria Computacional da Mente, a qual normalmente é representada através de uma Abordagem Simbólica. A Mente é definida como um dispositivo de estados discretos (por exemplo, computador digital) que armazena representações simbólicas e as manipula de acordo com regras sintáticas, um exemplo dessa abordagem é o argumento do quarto chinês (Searle, 1986). A figura 1 mostra a concepção da cognição nesta abordagem.

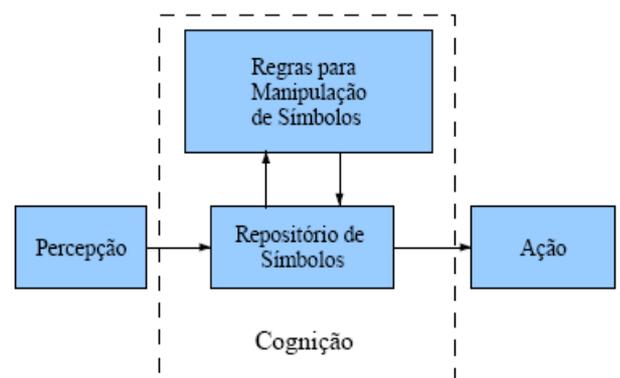


Figura 1 – Arquitetura do Cognitivismo

A segunda abordagem é denominada de conexionismo, na qual o fenômeno Mental é descrito por meio de redes interconectadas de unidades simples e as formas das conexões e das unidades variam de modelo para modelo. Como exemplo, as unidades são neurônios e conexões são sinapses como em uma rede neural, ou ainda as unidades são palavras e as conexões representam a similaridade semântica [11]. Nessa abordagem a

representação é subsimbólica e subconceitual. Como exemplo da abordagem pode-se citar as redes neurais artificiais com representação distribuída, com características de aprendizagem, generalização, robustez a ruído e a degeneração, memória associativa, classificação, restrições conflitantes e em paralelo.

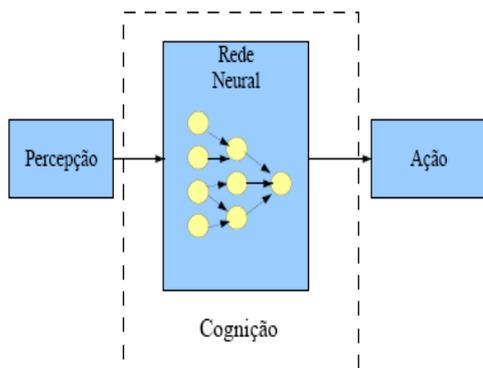


Figura 2 – Arquitetura do Conexionismo

A terceira abordagem, o dinamicismo, tem como diferencial a inclusão da variável tempo. Deste modo, entende-se que os processos cognitivos e seus ambientes se desenvolvem continuamente e simultaneamente em tempo real, semelhante ao comportamento de sistemas dinâmicos na engenharia clássica. Essa abordagem sugere a hipótese de que os Sistemas Cognitivos são sistemas dinâmicos. E que, os sistemas cognitivos são processos cerebrais em interação dinâmica e contínua com o corpo e seu ambiente imediato. Assim existe um estreito relacionamento entre cognição e comportamento, qual pode ser definido como: uma cadeia causal que envolve o cérebro, o corpo e o ambiente resultado de uma interação complexa e dinâmica entre cérebro, corpo e ambiente [11].

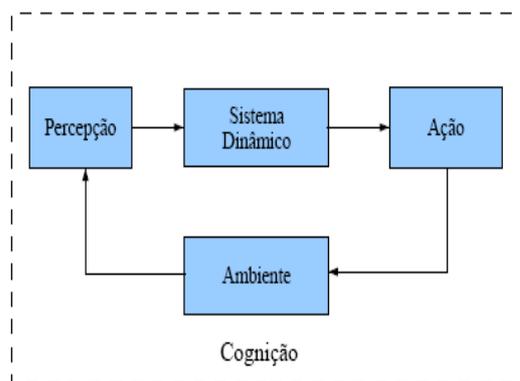


Figura 3 – Arquitetura do Dinamicismo

A proposta de modelagem deste trabalho a qual utiliza Fuzzy Cognitive Map, tem características mistas, podendo ser considerada uma abordagem híbrida, possuindo características de conexionismo e do dinamicismo.

### Princípio de modelagem em Fuzzy Cognitive Maps

Os Mapas Cognitivos Difusos (Fuzzy Cognitive Maps – FCM) foram propostos por Kosko [29] baseado nos trabalhos de Axelrod [6], o qual desenvolveu um tratamento matemático, por meio de operações com matrizes, para seus mapas cognitivos. Um mapa cognitivo é uma maneira de uma pessoa ou grupo representar seus pensamentos ou crenças a respeito de um domínio de conhecimento limitado. Tais pensamentos são expressos por meio de palavras ou expressões lingüísticas, interligadas por relações simples de causa e efeito (causa/não-causa). Este mapa pode ser considerado como um sistema complexo que modela matematicamente a “estrutura de crenças” de uma pessoa ou grupo, permitindo inferir ou prever as conseqüências que esta organização de idéias causa no universo representado. Kosko [29] adaptou o tratamento matemático dos mapas de Axelrod, incluindo as incertezas e imprecisões do mundo real utilizando Lógica Difusa. Os Mapas Cognitivos Fuzzy, à semelhança dos mapas cognitivos de Axelrod, são grafos bidirecionais (dígrafos), em que as variáveis representadas números fuzzy. Os FCMs são uma boa maneira de representar sistemas complexos que não estão bem definidos.

Sistemas complexos não devem ser confundidos com sistemas inteligentes. Assim um robô manipulador que aplica pontos de solda na carroçaria de veículos, apesar de realizar uma seqüência complexa de movimentos, terem requisitos de operação em tempo real e segurança aguçado não é considerado inteligente. Este robô apenas repete uma seqüência de movimentos previamente armazenada. Falta a este sistema a capacidade de se adaptar a situações completamente novas. Uma das características de sistemas inteligentes é justamente a capacidade de aprender, de se adaptar a um ambiente desconhecido ou a uma situação nova. Inteligência: aprendizado, adaptação, compreensão. [2]

As definições são usualmente recursivas, ou seja, um ser inteligente é aquele que possui inteligência, e a inteligência é a característica dos seres inteligentes; - As definições possuem contradições, onde aparece que a inteligência distingue o homem do animal, pois só o homem é capaz de aprender, conhecer, compreender. Isto não é muito preciso/correto, pois os animais também podem aprender (a reconhecer o dono), conhecer (o caminho de volta para casa) e compreender (um comando de seu mestre). E podemos mesmo dizer que estas tarefas realizadas por animais são tipicamente tarefas consideradas na atualidade como “tarefas inteligentes” que os computadores ainda não realizam com um desempenho satisfatório [2].

Alguns paradigmas de IA simbolista conexionista, como por exemplo, as linguagens Lisp e Prolog. Sistemas Especialistas Simbólicos – Fuzzy Sub-Simbólico – RNA A abordagem conexionista considera ser virtualmente impossível **transformar em algoritmos, ou seja**, reduzir a uma seqüência de passos lógicos e aritméticos diversos, tarefas que a mente humana executa com facilidade e rapidez, como por exemplo: Reconhecimento de faces, compreender e traduzir línguas, evocação de memória pela associação. O grande

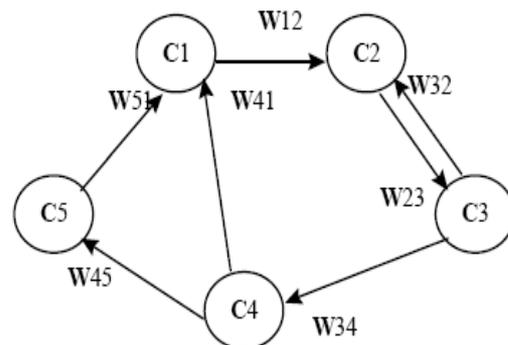
paradigma dos sistemas inteligentes, e através de um processo computacional deve reproduzir a capacidade do cérebro de se auto-organizar e deste modo aprender. Dentro deste contexto, robôs de última geração, ou robôs humanóides, como por exemplo, o Qrio da Sony, agregam características de alto grau de desenvolvimento, os quais são capazes de andar e subir escadas (e.g. O robô Asimo da Honda, ou o QRIO da Sony), robôs dotados de emoções artificiais e habilidades proprioceptivas, capazes de inferir o estado emocional de seres humanos e imitar-lhes o comportamento (Kismet e COG, do MIT), robôs de entretenimento capazes de interagir com seres humanos e alterar seu comportamento, aprendendo os hábitos de seus donos e reagindo a eles (e.g. O cão robô Aibo, da Sony), ou emergir uma linguagem artificial, por meio da interação entre robôs (e.g. os Talking Heads de Luc Steels) [2]. Na literatura, vários trabalhos, empregando sistemas inteligentes, na solução de tarefas necessárias a um sistema de navegação móvel. Alguns desses trabalhos são de Lynch [7], o qual emprega redes neurais artificiais (RNA) em um sistema de calibração acoplado a um braço de robô, o trabalho de Mendonça, emprega redes neurais e algoritmos adaptativos no rastreamento de objetos móveis. O trabalho de Moumem emprega RNA em um sistema de calibração dotado de lentes ativas, lentes com poder de adaptação ao ambiente mudando o foco, empregando neurocalibração em navegação autônoma [8], semelhante ao trabalho de Wells [9]. O trabalho de dissertação de Mendonça [30] utiliza redes neurais em uma simulação de posições diferentes do robô em um ambiente. O trabalho de Zhang emprega algoritmos genéticos em solução de tarefas de calibração e detecção de objetos em visão computacional, trabalhos empregando lógica Fuzzy também são abordados na literatura para navegação autônoma, entre outros usando conceitos de inteligência computacional. Entretanto, apesar dos trabalhos citados, apresentarem capacidades cognitivas, ou seja, de aprendizado através de exemplos, a relação de duas e três dimensões, problema clássico de calibração, os mesmos necessitam de conhecimento prévio. Tal conhecimento se deve a aquisição de pontos conhecidos e definidos de um grid de calibração. Deste modo, a proposta de desse trabalho é conceituar e propor um sistema de tomada de decisão e iteração de calibração para a adaptação de um robô ao seu ambiente, visando uma abordagem híbrida de dinamicismo, característica de Fuzzy Cognitive Maps. A última seção exemplifica uma aplicação de FCM na automação de uma planta de um escritório, em que FCM é empregada em um contexto de um ambiente dinâmico, em que um sistema robótico atua como um companheiro, visando à criação de um ambiente adaptativo às necessidades dos seus usuários.

Em sistemas de apoio à tomada de decisão, os Fuzzy Cognitive Maps (FCM) podem ser utilizados para fornecer um modelo qualitativo da interação entre os diversos componentes do sistema. Um FCM pode ser matematicamente interpretado como um grafo bidirecional que modela os relacionamentos causais entre os diversos conceitos (nós) que compõem um sistema

dinâmico. Cada conceito representa uma característica do sistema; do tipo eventos, ações, metas, valores, tendências do sistema modelado e outras. Os links (arestas) do mapa ou grafo representam as relações de causa e efeito entre os conceitos definidos pelos nós (Figura 4). Como são mapas fuzzy tanto as arestas como os nós neste grafo são variáveis fuzzy. Assim as arestas ou arcos do grafo assumem valores no intervalo entre  $[-1, 1]$  representando a incerteza na relação causal que leva de um nó a outro, e também os nós assumem valores no intervalo entre  $[0, 1]$  representando a incerteza do estado atual do grafo.

Outra interpretação existente na literatura é considerar os FCMs como uma combinação de Sistemas Fuzzy e Redes Neurais. Assim um nó corresponde a um neurônio cuja ativação pode ser binária (on – off) ou contínua (0% a 100%) e as relações causais são regras fuzzy ponderadas como as sinapses que interligam os neurônios na teoria de redes neurais artificiais (Figura 4). Neste contexto, as arestas podem ser obtidas via treinamento da rede neural utilizando dados históricos do sistema e ainda mais os grafos podem ser adaptativos, a fim de incorporar a dinâmica temporal dos relacionamentos, com a utilização dos conceitos de ajuste on-line das sinapses da rede, isto é, de constante atualização das interconexões do grafo, somando, diminuindo, acrescentando ou apagando alguns conceitos e / ou relações.

Se um FCM é capaz de representar naturalmente a forma de pensar de um humano, em que os estados podem ser associados em diversas arquiteturas, outra vantagem da utilização de grafos para construir os FCMs é também a possibilidade de representar o sistema modelado, através de uma matriz de adjacências ou matriz de causalidade de ordem  $n \times n$ , onde  $n$  é o número de conceitos, e os estados dos conceitos são representados por um vetor de estado.



**Figura 4 – Exemplo de modelo FCM.**

A partir disto, todos os métodos utilizados para cálculo em grafos podem ser facilmente aplicados. Considerando então, os mapas cognitivos como máquinas de estado dirigidas por um grafo, em que cada estado recebe uma entrada única de outros estados, realizam cálculos mudando ou não o seu próprio estado e, possivelmente afetando um ou todos os outros estados, um componente dinâmico (a variável tempo) é inserida no modelo.

Para se construir um FCM é necessário coletar informações sobre o assunto a ser abordado. Isto pode ser feito por meio de entrevistas ou questionários aplicados a especialistas no assunto, através de informações escritas na bibliografia especializada, através de um desenho de um FCM por um especialista ou mesmo através de uma reunião para discussão entre especialistas. Após a coleta de informações, um engenheiro de conhecimento deverá gerenciar o conteúdo obtido e definir o mais apropriado FCM para aquele assunto. Quando diferentes especialistas são consultados, eles podem diferir em suas opiniões acerca do peso numérico dos “elos” ou quais conceitos são realmente relevantes. Eles podem concordar ou não com uma particular organização ou mesmo como equilíbrio global do FCM completo [16]. A superposição dos FCMs de cada especialista tende a fazer com que opiniões conflitantes se anulem e o consenso venha à tona [apud 4]. Uma dos métodos de aquisição de conhecimento que tem sido utilizado para a construção de FCMs é o CTA (*Cognitive Task Analysis*) [20].

Outra forma de se construir um FCM é baseada no paradigma de aprendizado das redes neurais. A partir de dados históricos e utilizando algoritmos automáticos ou semi-automáticos de treinamento/aprendizado tais que o aprendizado hebbiano, algoritmos genéticos, *particle swarm optimization* [21], os valores das arestas do grafo (pesos da rede neural) FCM são calculados.

Os FCMs têm sido usados em muitas áreas porque eles permitem uma representação rápida mas detalhada de sistemas complexos. Também permitem associar entre si, mapas sobre o mesmo assunto, ampliando assim a representação do conhecimento. Suas principais vantagens são as flexibilidades e para o design, modelagens a uma operação compreensiva e a uma representação abstrata simples do sistema a ser modelado.

Na literatura encontram-se aplicações de FCM, em áreas industriais, como por exemplo, em controle de processos em que uma modelo é gerada para fins de controle de nível e temperatura de tanques em um processo químico [17]. E também aplicado na construção de um sistema supervisor em que o FCM emprega uma combinação de conhecimento representativo e modelos causais [17]. Na área de robótica, os mapas fuzzy têm sido usados para modelar o comportamento não linear de robôs móveis [28]. Em tarefas de diagnóstico e análise, os FCMs tem sido usados para detecção de falhas em redes distribuídas [22], análise de circuitos elétricos [14], análise de modos de falhas [18]. Ou ainda em sistemas inteligentes de transporte, para a tomada de decisão em pistas de acesso rápido modelando e simulando decisões, baseadas no comportamento de congestionamentos, frequência de patrulha, entre outros [19]. Existem também, trabalhos empregando FCM em processos cognitivos, modelando o comportamento motivacional e emocional humano [16] em modelos psicológicos e sociais [23] em análise política [19], em planejamento estratégico de corporações [26] análise de cenários urbanos diante de ataques terroristas [19]. Em gestão de negócios para estabelecimento de métricas econômicas [28] e análise estratégica [28].

Dentre os exemplos abordados na literatura, a proposta desse trabalho e apresentar o emprego de FCM na criação de um modelo híbrido (conexionismo – dinamicismo) para um sistema de modificação do layout de uma planta de escritório, levando em consideração aspectos comportamentais.

### ***Robôs móveis que executam Operações empregadas na ambientação de uma Planta de trabalho de um escritório.***

O Programa de Robótica Avançada Internacional (IARP) em Roma [17] relatou como segue: "FCMs são aplicáveis para modelar a operação de robôs móveis que executam operações de desvio. FCMs representam uma aproximação para modelar o comportamento e operação de sistemas não-lineares complexos [14]. A implementação de FCMs por modelar o movimento de robô móvel e processo de desvio é apresentado e os modelos correspondentes desenvolveram." [15], assim FCMs provam ser uma ferramenta muito útil em robôs móveis. O Bohlen M. e Mateas M. fazem uso de FCMs em uma Planta de trabalho em um escritório. Planta #1 (OP#1) é uma exploração de um artefato tecnológico, adaptada ao ambiente de escritório que enche a mesma reunião social e nicho emocional como uma planta de escritório. OP#1 monitora o ambiente, e, empregando técnicas de classificação de texto, também monitora a atividade de e-mail de seu dono. Seu corpo de robô, responde com movimentos lentos, rítmicos para fazer um comentário sobre a atividade monitorada. OP#1 é uma instanciação nova de uma concepção de tecnologia íntima, quer dizer, tecnologias que endereçam necessidades humanas e desejos ao invés de tecnologias que conhecem especificações de tarefa exclusivamente funcionais, as quais, podem fazer isto, através de interpretação, conhecimento prévio, adaptação a variáveis do ambiente, entre outras. Características de sistemas com capacidade de cognição, sejam eles baseados na evolução da inteligência humana ou animal [1],[3]. OP#1 vive em um nicho tecnológico e interage com usuários pelo uso deles/delas de correio eletrônico. Age como um companheiro e comentarista nestas atividades. Nesta seção nós descrevemos a especialização conceitos artísticos e técnicos que estão por baixo de o design de OP#1. Estes conceitos são: Espaço de e-mail, Classificação de Texto, Arquitetura de Comportamento de Planta, e Presença Escultural. Em nossa prática nós exploramos ambos os espaços simultaneamente; constrangimentos artísticos e técnicos e oportunidades informam um ao outro mutuamente. Uma mensagem de e-mail é privada (se dirigida a uma única pessoa) ou público (endereço múltiplo). O tom pode ser formal ou informal. E-mail privado, informal pode ser íntimo, ou seja, e-mail direcionado para amigos seletos. Depois de atravessar esta árvore de categoria inicial, toda mensagem pode ser nomeada um ou mais das categorias na caixa final da figura. Neste esquema de categorização, toda mensagem é nomeada um jogo de rótulos. Deste modo, uma mensagem pode ser do tipo:

público, anúncio informal, ou um pedido privado, informal, ou até humorístico.

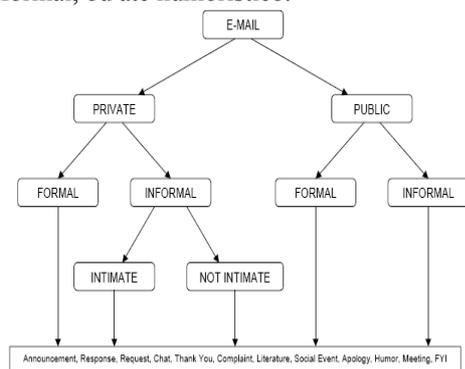


Figure 5 descreve a árvore de categoria empregada por OP#1

O estado da planta é modelado dinamicamente com um Fuzzy Cognitive Maps (FCM). Em um FCM, nós que representam ações e variáveis (estados do mundo) está conectado em uma estrutura semelhante à de uma rede neural, anteriormente apresentado. FCMs são grafos duplos, Fuzzy para a avaliação. Os nós representam os eventos que acontecem até certo ponto. No devido instante, qualquer ponto do estado total do sistema está definido pelo vetor de valores dos nós. Neste exemplo de aplicação, os nós representam ações. A ação associada com o nó da ação com o valor mais alto é executada. Os valores de mudança dos nós mostram influência positiva e negativa com o passar do tempo. A aproximação de FCM é atraente porque pode solucionar contribuições contraditórias e pode manter estado suficiente para exibir efeitos com incremento.

OP #1 (Office Plant), planta de escritório, é uma espécie de escultura de mesa, uma máquina de escritório que atua como um companheiro. OP#1 cria seu próprio tipo de presença variável no espaço de e-mail de um usuário, assume várias atitudes, inclusive a decisão de ficar em silêncio. Em suas reações é um comentarista nos eventos que analisa. Vai além de refletir estes eventos e entrega reações como se entendesse o significado de troca. Mas efetivamente, OP#1 é principalmente inativo. Tem um senso bem definido de ficar em modo de espera. Seu comportamento e sua capacidade de arranjo são tão importantes quanto sua capacidade de classificação de texto. O ciclo de atividade de OP#1 é determinado por um período definido de 24 horas. Durante as horas de expediente ativas é receptiva a presença de usuário. Depois de horas se desconecta das trivialidades diárias e passa a um espaço pensativo para regeneração. Três posturas físicas primárias da planta são definidas, as quais são originalmente denominadas de descanso, broto e flor. A postura de descanso, por exemplo, o bolbo está fechado e completamente abaixado. As folhagens movem ocasionalmente e de acordo com a iteração no ambiente. Por exemplo, em broto, o bolbo está fechado e completamente estendido. Em flor, o bolbo está aberto e completamente estendido. Quando o no associa com uma postura tem o a maioria energia de ativação, a planta executa a ação de mover a esta postura de sua folhagem

de postura atual é a ação de fazer pequenas alterações em uma ou mais folhagens. A combinação de características de estados primários de comportamento assume uma postura intermediária, entretanto, essa postura intermediária pode, por exemplo, assumir uma postura de folhagens mais próximo da posição de descanso, a qual, no caso tende a florescer e esparramar as folhagens, tendendo a uma nova postura intermediária. A combinação as três posturas básicas, determinara varias posturas intermediárias. Finalmente, as variações tendem a fazer valores no sistema se deteriorar; na ausência de contribuição, a planta não ficará sempre em uma postura. Quando todos os nós forem zero, a planta moverá para a postura de descanso. Iniciando o processo de competição e cooperação assim entre os nós.

## Conclusão

Neste trabalho, objetivou-se a apresentação do emprego de técnicas de sistemas inteligentes computacionais na área de robótica, vislumbrando mostrar as fronteiras atuais de pesquisa envolvendo robótica e inteligência computacional. Exemplos de aplicações de redes neurais, lógica fuzzy, algoritmos genéticos em solução de problemas da área de robótica. Alguns dos robôs de ultima geração são citados como exemplos de desenvolvimento das duas áreas abordadas. Não foi intenção fazer uma abordagem detalhada dos tópicos relacionados, entretanto buscou uma discussão e conceituação de inteligência artificial, citando exemplos de aplicações existentes na literatura. Porem, o enfoque do trabalho foi dado na conceituação de Fuzzy Cognitive Maps, com uma breve discussão da ferramenta, alguns exemplos encontrados na literatura, os quais credenciam a ferramenta para a aplicação da mesma em soluções de problemas e uma proposta para tomada de decisão baseada em conhecimento existente e iteração com o meio ambiente. Características fundamentais para desenvolvimento e entendimento de tecnologias na área de robótica. Desta forma, a extensa lista de referências que buscamos trazer, pode complementar um estudo mais aprofundado dos diversos temas aqui abordados. Para instanciar a aplicação de FCM em robótica, um exemplo recente da literatura, o qual emprega a ferramenta em uma planta de um escritório, em que a paisagem da mesma se altera conforme um contexto do ambiente [4].

## Futuros trabalhos

- Aplicar em ambientes reais e simulados um sistema navegação autônoma, o qual empregando FCM terá capacidade de decisão trajetória, empregando estimativas futuras [25], e ou possíveis mudanças e iterações com meio ambiente, características de navegação semelhantes a seres com capacidade cognitiva.
- Uma revisão bibliográfica da aplicação de sistemas inteligentes em tarefas de navegação autônoma de veículos.

## Referências bibliográficas

- [1] Rodney A. Brooks Elephants Don't Play Chess. MIT Artificial Intelligence Laboratory, Cambridge, MA 02139, USA Robotics and Autonomous Systems 6 (1990) 3-15
- [2] Gudwin, Ricardo Ribeiro. Novas Fronteiras na Inteligência Artificial e na Robótica. DCA-FEEC-UNICAMP. 4o Congresso Temático de Dinâmica, Controle e Aplicações 6-10 de junho de 2005 UNESP – Campus de Bauru.
- [3] Rodney A. Brooks. Intelligence without representation. MIT Artificial Intelligence Laboratory, 545 Technology Square, Rm. 836, Cambridge, MA 02139, USA
- [4] VASANTHA, W. B. KANDASAMY, FLORENTIN SMARANDACHE. FUZZY COGNITIVE MAPS AND NEUTROSOPHIC COGNITIVE MAPS. Books on Demand ProQuest Information & Learning (University of Microfilm International), 2003 USA.
- [5] Notas de aulas – introdução ciencias cognitivas. <http://www.dca.fee.unicamp.br/%7Egudwin/ftp/ia718>
- [6] R. Axelrod, Structure of Decision: the Cognitive Maps of Political Elites. Princeton University Press, New Jersey, 1976.
- [7] Lynch, Mark B., Cihan H. Dagli, Mahesh Vallenki. The use OF FEDFORWARD neural networks for machine vision calibration. Int. Journal of Production Economics, 60-61, pp. 479-489, 1999
- [8] Moumem T. Ahmed, Elsayed E. Hemayed and Aly A. Farag. Neurocalibration: A Neural Network That Can Tell Camera Calibration Parameters. CVIP Lab. University of Louisville. U.S.A.
- [9] Wells, Gordon, Christophe Venaille, Carme Torras. Promising Research, Vision-based robot positioning using neural networks. Image and Vision Computing, vol. 14, pp. 715-732, 1996.
- [10] De Souza, C. S. (2001). Bases Teóricas – Engenharia Cognitiva. UFMG, disponível em [http://homepages.dcc.ufmg.br/~rprates/ge\\_vis/cap2\\_bases\\_teoricas.pdf](http://homepages.dcc.ufmg.br/~rprates/ge_vis/cap2_bases_teoricas.pdf), acessado em maio 2006.
- [11] Gudwin, R. R. (2006). Introdução às Ciências Cognitivas. Notas de aulas IA718, FEEC, Universidade Estadual de Campinas.
- [12] Searle, J. (1989). Minds, Brains and Programs, Behavioral and Brain Sciences, vol. 3.
- [13] Zhang, Qiang Ji and Yongmian. Camera Calibration with Genetic Algorithms. IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS—PART A: SYSTEMS AND HUMANS, VOL. 31, NO. 2, MARCH 2001
- [14] Styblinski, M.A. and Meyer, B.D. (1991). Signal flow graphs versus fuzzy cognitive maps in application to qualitative circuit analysis, International Journal of Man-Machine Studies, vol. 35, pp.175-186,
- [15] Russian Status Report, The 21st Joint Coordinating Forum IARP, Nov. 6- 9, 2002, Moscow.
- [16] Pacheco, L. H. M. (2002). A Modelling Cognitive, Emotional and Motivational Process Through FCM, Tese de Doutorado. UFSC.
- [17] Stylios, C. D. and Groumpos, P.P. (1998). The Challenge of Modeling Supervisory Systems using Fuzzy Cognitive Maps, Journal of Intelligent Manufacturing, vol 9, 339-345.
- [18] Pelaez C.E., Bowles J.B. (1996). Using Cognitive Maps as a System Model for Failure Modes and Effects Analysis, Information Science, vol. 88, pp. 177-199
- [19] Perusich K. and McNeese, M. D. (2005). Using Fuzzy Cognitive Maps as an Intelligent Analyst, IEEE Int. Conference on Computational Intelligence for Homeland Security and Personal Safety, Orlando, FL, USA.
- [20] Casey S., Giebenrath, J., Burns, J. and Shearouse, S. (2001). Fuzzy Cognitive Maps: Bridging The Gap Between Cognitive Task Analysis and System Design. Unpublished.
- [21] Fletcher, D., Nguyen, D. and Cios, K. (2005) Autonomous Synthesis of Fuzzy Cognitive Maps From Observational Data: Preliminaries. IEEEAC paper #1451, Version 1.2.2, Updated February 4th, 2005.
- [22] Ndousse, T.D. and Okuda, T. (1996). Computational intelligence for distributed fault management in networks using fuzzy cognitive maps,” Proceedings of the IEEE International Conference on Communications Converging Technologies for Tomorrow's Application, pp. 1558-1562.
- [23] Craiger, P. and Coover, M.D. (1994). Modeling dynamic social and psychological processes with fuzzy cognitive maps. IEEE World Congress on Computational Intelligence, Proceedings of the Third IEEE Conference on Fuzzy Systems, p. 1873-1877.
- [24] M. Mendonca, “Applying Neural Networks in Camera Calibration”, The 6th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics, vol. XVII, Orlando USA, 2002, p. 184-188.
- [25] M. Mendonca, “Prediction of Future State using Adaptive Filters”, The 6th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics, vol. II, Orlando USA, 2004, p. 5-10.
- [26] Carlsson, C. and Fuller, R. (1996). Adaptive Fuzzy Cognitive Maps for Hyperknowledge Representation in Strategic Formation Process. Proceedings of the International Panel Conference on Soft and Intelligent Computing, Budapest, , pp. 43-53
- [27] Pipe, A.G. Jin, Y. Fogarty, T.C. Winfield, A. (1995) Abstracting non-situated behaviours from situated experiences: an experiment in mobile robotics, [Proceedings of the 1995 IEEE International Symposium on Intelligent Control](#)
- [28] Kardaras, D., and G. Mentzas. (1997) Using fuzzy cognitive maps to model and analyze business performance assessment, In Prof. of Int. Conf. On Advances in Industrial Engineering – Applications and Practice II, Jacob Chen and Anil Milal (eds.), pp 63-68.
- [29] Kosko, B. (1986). Fuzzy Cognitive Maps. Int. Journal of Man-Machine Studies, vol. 24, p.65-75.
- [30] Mendonça, Marcio. Redes Neurais Aplicadas a Visão Computacional. Dissertação Mestrado. Unesp, 2003.