Modelagem de um mecanismo para formação e evocação de memórias episódicas em criaturas artificiais

Suelen Mapa[1], Henrique Elias Borges[2]

[1] CEFET-MG, Belo Horizonte-MG, Brasil, suelen@lsi.cefetmg.br
[2] CEFET-MG, Belo Horizonte-MG, Brasil, henrique@lsi.cefetmg.br

Abstract— This paper aims to describe the modeling of the mechanism of formation of episodic memories proposed to Artífice cognitive architecture. It is understood, that episodic memory is one of the important factors for an adaptive organism. Without it, other cognitive abilities such as learning, action selection, awareness and others, will not be possible. An application of artificial life in 2D was developed to validate the proposed model. The results showed that the memories formed favor the mechanism of decision making agent, contributing significantly to its adaptability to the environment.

Index Terms—*Agent, decision making, episodic memory, learning, and survival.*

I. INTRODUÇÃO

MEMÓRIA é um processo central que somente os seres vivos, principalmente os mais evoluídos, são capazes de executar.

Em uma perspectiva situacionista e interacionista da cognição, a memória dos seres vivos, em geral, é compreendida, como um processo de construção contínua de experiências emocionalmente valoradas pelo organismo-em-seu-ambiente, que são reforçadas/inibidas levando-se em consideração sua dinâmica interna e externa [1]. Ela está intimamente associada à aprendizagem, e ambos são fundamentais para a experiência humana.

Uma vez que aprendemos, é possível manter o conhecimento adquirido na memória por um tempo bastante longo [2], assim podemos utilizar conhecimentos passados para prever o resultado de nossas ações no presente e no futuro.

Um dos grandes desafios da IA é o desenvolvimento de agentes artificiais que sejam capazes de desempenhar suas atividades com o mais elevado grau de autonomia. Para tanto, esses agentes devem ser capazes de aprender com suas próprias experiências. É a partir de tais experiências que um organismo biológico constrói sua memória episódica, e esta contribui para sua adaptabilidade ao ambiente.

Assim, este artigo tem como objetivo principal descrever a modelagem e a implementação de um mecanismo de formação de memórias episódicas proposto para a arquitetura Artífice.

O projeto Artífice foi concebido por [3] e tem como objetivo criar uma arquitetura flexível para a criação de agentes de softwares cognitivos e situados. Este projeto se assenta sobre uma filosofia não-objetivista do mundo e, por esse motivo, integra conceitos da cognição situada, da psicologia e da biologia para modelar o processo cognitivo de seus agentes. Neste sentido, o projeto Artífice busca contribuir para o estabelecimento de novas abordagens para o desenvolvimento de sistemas inteligentes, que tenham maior plausibilidade biológica.

Para a modelagem deste trabalho, foi necessário entender os aspectos teóricos do processo de formação de memórias e as principais características da memória episódica. Além disso, entender também como o módulo de memória episódica foi implementado em outras arquiteturas. Para em seguida, estruturar o modelo de memória episódica da arquitetura Artífice.

II. ASPECTOS TEÓRICOS SOBRE FORMAÇÃO DA MEMÓRIA

Nos anos recentes, grande avanço já foi feito pelos pesquisadores da área da neurociência na compreensão do processo de formação das memórias. A primeira grande descoberta veio com a concepção de que a memória não é uma faculdade unitária da mente, mas sim uma composição de múltiplos sistemas independentes, porém interativos [2].

Segundo [4], a memória pode ser vista como um processo que envolve vários estágios, que inclui consolidação, evocação e a reconsolidação de experiências:

- A consolidação é o processo pelo qual a memória de curto prazo é transformada, com o passar do tempo, em memória de longo prazo.
- A evocação é um processo onde um ou mais estímulos específicos, e previamente associados a certos comportamentos, são

capazes de reviver um episódio da sua vida de maneira adaptada às circunstâncias atuais.

- A reconsolidação pode ser entendida como uma conseqüência da fase de evocação, onde, ao final dessa fase, as experiências recordadas são reconsolidadas, tornando assim mais vívidas ou desvanecidas.

Com relação a sua duração, existem dois tipos de memória: uma temporária e outra mais duradoura, que são conhecidas como memória de curta e longa duração. Os psicólogos cognitivos subdividem a memória de curta duração em dois componentes principais: memória imediata e memória de trabalho.

A memória imediata refere-se àquilo que pode ser mantido na mente por menos de 30 segundos. Já a memória de trabalho pode persistir por muito mais minutos, talvez uma hora ou mais. Ela serve para que possamos gerenciar a realidade e determinar em qual contexto os fatos e coisas ocorreram.

A memória de longa duração ainda pode ser classificada com relação à possibilidade do acesso consciente ao seu conteúdo, distinguindo-se em: memória declarativa e memória não-declarativa.

A memória declarativa é a memória para fatos, idéias e eventos. Segundo [5], a memória declarativa pode ser subdividida em memória episódica ou autobiográfica, que se refere a fatos/eventos que uma pessoa vivenciou ou se lembra, e memória semântica, que se refere a conhecimentos que adquirimos durante nossa vida ou porque alguém nos contou.

Por sua vez, a memória não-declarativa é revelada quando a experiência prévia facilita o desempenho de tarefas que não requerem lembranças intencionais das experiências. Esse tipo de memória abrange várias formas de conhecimento que se pode observar no dia-a-dia e que pode também ser observada em testes experimentais adequados, tais como: memória procedural (refere-se ao aprendizado de nossas habilidades motoras), memória perceptual e memória associativa.

Para facilitar a compreensão, [5] apresentam um possível esquema de classificação das memórias:

- Memória de curta duração:
  - Memória Imediata
  - Memória de Trabalho
- Memória de longa duração:
  - Memória declarativa
    - Memória Episódica
    - Memória Semântica
  - Memória não declarativa
    - Memória de Procedimento
    - Memória Perceptiva
    - Memória Associativa

Para uma discussão mais detalhada sobre essas e outras descobertas da área de ciência cognitiva que também trouxeram grande avanço nas pesquisas sobre memória, veja em [6].

Nesse trabalho o interesse maior é a memória episódica, sendo assim suas principais características devem ser destacadas.

III. ASPECTOS TEÓRICOS DA MEMÓRIA EPISÓDICA

Tulving [7] definiu a memória episódica como uma memória pessoal, autobiográfica, que confere a capacidade de resgatar experiências passadas de forma consciente.

A partir da memória episódica uma pessoa consegue acessar e recuperar os episódios passados de sua vida. Assim, ao deparar com determinada situação, ela precisa decidir o que fazer. Sua memória episódica entra em ação e episódios passados, que tem relação com a situação atual, são recordados para auxiliá-la nessa tarefa.

Existe também um tipo específico de memória episódica, que são aquelas que se formam mediante alto impacto emocional – as chamadas memórias cintilantes, do inglês *Flashbulb Memories* [8]. Este trabalho também trata desse tipo de memória episódica. Porém, como ela possui um modelo específico para sua formação, este assunto não será visto aqui. Para maiores detalhes dessa correlação veja em [9].

Parece ser consenso na literatura que a unidade formadora da memória episódica é o chamado episódio. Um episódio pode ser entendido como um evento definido no tempo e formado a partir de informações sobre a tarefa executada. Ele também contém informações de quão relevante aquela informação foi para a realização da tarefa. Portanto, à medida que uma pessoa experiência o mundo, ela constrói seu repertório básico de episódios, que formarão sua memória episódica.

Segundo [10], o fato da memória episódica fornecer a um indivíduo a capacidade de voltar no tempo e no espaço para recuperar episódios relacionados a uma situação presente, faz com que essa habilidade possa ser usada para melhorar outras habilidades cognitivas, tais como, aprendizagem, planejamento e tomada de decisão. Portanto, trata-se de uma importante característica a ser implementada em uma arquitetura cognitiva.

Por exemplo, na aprendizagem, a memória episódica permitirá ao agente rever suas experiências passadas e aprender com elas. Comparando vários episódios simultaneamente, ele será capaz de generalizar o conhecimento.

Já no planejamento e tomada de decisão, a memória episódica ajudará o agente a predizer o resultado de suas ações, permitindo que ele recorde previamente situações de fracasso ou sucesso.

Por fim, é através da memória episódica que desenvolvemos o senso de identidade. Izquierdo, afirma que somos aquilo que literalmente recordamos. O acervo de nossas memórias faz com que cada um de

nós seja o que é. Um ser para o qual não exista outro igual.

Na literatura é possível observar alguns trabalhos que, inspirados nos aspectos teóricos da memória episódica, modelaram e implementaram computacionalmente esse processo. Alguns deles poderão ser vistos aqui, tal como:

- O módulo de memória episódica de Deutsch *et. al* para a arquitetura ARS[1];
- O módulo de memória episódica de Dodd para a arquitetura ISAC[2];
- O módulo de memória episódica de Nuxoll e Laird para a arquitetura Soar[3].

IV. TRABALHOS CORRELATOS

Ainda que a criação de um mecanismo de formação de memória episódica não seja algo trivial de se desenvolver, algumas arquiteturas tais como: ARS, ISAC e Soar, voltadas para o desenvolvimento de aplicações de engenharia, vêem obtendo bons resultados com relação a esse objetivo. Cabe, discutir o modelo de memória episódica implementado em nas 3 arquiteturas.

A. ARS

O modelo da memória episódica proposta por [11] faz uso dos conceitos advindos da neuropsicanálise e psicologia. Para o processo de formação das memórias foram consideradas as fases de codificação, consolidação, evocação e esquecimento. O estado emocional do agente exerce influência na fase de consolidação da memória episódica. Uma limitação seria o fato de em nenhum momento ser mencionado que esse processo é intermediado por outros tipos de memórias. Sendo assim, não é possível verificar, por exemplo, o papel desempenhado pela memória de trabalho.

O modelo proposto foi avaliado sobre um ambiente de simulação é o resultado mostrou que os agentes dotados de memória episódica foram capazes de antecipar 83% das situações corretamente e também de prever o impacto de certos comportamentos em relação aos agentes sem memória.

B. ISAC

O trabalho desenvolvido por [12] trata-se de um sistema de memória, com emoções, para a arquitetura cognitiva ISAC. Todos os episódios da memória de trabalho serão consolidados na memória episódica, principalmente aqueles com saliência. A duração do episódio na memória é diretamente proporcional à sua saliência e sua taxa de decaimento. Os episódios evocados são utilizados para gerar ações futuras através do sistema de planejamento. Os episódios podem ser unidos para escolher as ações, permitindo ao sistema gerar planos quando novos problemas forem encontrados.

Um aspecto interessante deste modelo é com relação aos episódios recuperados. Não apenas os episódios com alta relevância emocional são recordados, mas também aqueles que foram formados recentemente. Entende-se que esta é uma característica importante, pois o agente pode utilizar esse episódio para mudar de meta quando uma situação de problema/perigo for detectada.

C. Soar

O modelo da memória episódica idealizado por [12] é baseado nos estágios de formação da memória propostos pelo psicólogo Tulving. Os episódios são consolidados como elementos instantâneos da memória de trabalho (em formato de regras), unidos por um nível de ativação. Na evocação, o episódio que melhor combina com certa sugestão é selecionado. Além da memória episódica, outros tipos de memória são utilizados pela arquitetura Soar, tais como a memória de trabalho e a memória procedural e semântica.

Para validar a modelagem proposta, experimentos computacionais foram executados e os resultados demonstraram que o agente utiliza a memória episódica para prever a conseqüência de uma ação e definir um planejamento a seguir quando se pretende alcançar determinado objetivo. Assim pode-se concluir que sua memória episódica contribui para adaptação do agente ao ambiente.

V. O MODELO DE MEMÓRIA EPISÓDICA PROPOSTO PARA ARQUITETURA ARTÍFICE

O sistema de memória desse trabalho é composto pela memória de curto prazo (ou memória imediata), memória de trabalho (doravante, MT) e memória de longo prazo (doravante, MLP). É ao longo desses três tipos de memória que a formação das memórias episódicas irá ocorrer.

O modelo inicia-se quando um evento desencadeante, seja ele interno ou externo à criatura, desregula seu sistema emocional. Como forma de

[1] do inglês, Artificial Recognition System

[2] do inglês, Intelligent Soft Arm Control

[3] do ingles, states, operates and reasoning

restaurá-lo, a criatura deverá interagir com os objetos do seu ambiente. Este episódio passará a compor sua memória episódica e poderá servir como guia de como ele deverá agir (ou não agir) caso venha a vivenciar situações similares no futuro.

Para manter a plausibilidade biológica, o modelo foi dividido em três fases: consolidação, evocação e reconsolidação.

A fase de consolidação inicia-se quando a ação recém executada pelo agente é valorada. Uma ação executada refere-se a uma micro-experiência emocional (doravante, MEE) que contribui para regulação homeostática de uma emoção básica (como por exemplo, fome, dor, sono, tédio). Por sua vez, uma seqüência de MEE irá compor uma experiência completa com qualia (doravante, ECQ), que neste caso é responsável por restaurar o equilíbrio de uma emoção complexa (como por exemplo, estresse e apatia).

A todo momento o *arousal* das emoções complexas é verificado antes e depois da ação realizada pelo agente[4]. Se nível do *arousal* estiver acima do limite estabelecido, isso quer dizer que o agente estava fora do seu equilíbrio, e aquela MEE influenciou positivamente ou negativamente para esse estado[5]. Portanto, ela será armazenada em sua MT. Caso contrário, ela não será armazenada.

Na maioria das vezes várias MEE devem ser executadas e armazenadas na MT até que o estado de homeostase seja alcançado. Logo em seguida uma ECQ.

O início e fim de cada ECQ, e também de uma MEE, é marcado por um estímulo simpático e parassimpático, consecutivamente, como mostra a Figura 1.

Figura 1 – Composição de uma ECQ a partir de várias MEE.

[4]Um agente da arquitetura ARTÍFICE é denominado de ASCS, que significa Agente de Software Cognitivo Situado.

[5]Para caracterizar a experiência hedônica do agente, foi considerado que experiências que aumentam o nível de *arousal* das emoções terão conseqüência desprazerosa. Enquanto as interações que contribuem por diminuir o nível de *arousal* das emoções como prazerosa.

Antes que uma ECQ seja consolidada na MLP, é realizado o cálculo de sua intensidade emocional. Esse número está relacionado com o grau de vivacidade desse episódio na memória. Maiores detalhes sobre este cálculo podem ser encontrados em [7]. Portanto, as ECQ's formadas constituirão a unidade básica da memória episódica de longo prazo do agente.

A fase de evocação da memória ocorre toda vez que o agente recebe um estímulo que o retira do seu estado de equilíbrio homeostático. Nesse momento, o componente de avaliação emocional verifica quais emoções básicas e complexas necessitam de atendimento prioritário. De posse dessas informações, o agente traz para sua MT aqueles episódios passados que ocorreram sob condições emocionais semelhantes. O melhor episódio é eleito para que seja realizado o cálculo da expectativa de interação com o objeto emissor do estímulo percebido. Se não houver na MLP nenhum episódio para ser evocado, o cálculo da expectativa é feito com base nas possíveis MEE que estejam armazenadas temporariamente na MT. Caso na MT não exista nenhuma MEE que possa ajudar nesse processo, a expectativa de iteração será zero.

A expectativa de interação é informada para o componente cognitivo[6], que também auxiliado pelo mecanismo de condicionamento operante, irá eleger a ação a ser executada. Para maiores detalhes sobre o funcionamento dos mecanismos de aprendizagem da arquitetura veja em [14].

Assim que a ação é eleita e executada pelo agente, entra em atividade o mecanismo de reconsolidação. Neste momento o episódio eleito para cálculo da expectativa de iteração, será reconsolidado na MLP e sua intensidade emocional será recalculada. Isso quer dizer que aquele episódio terá sua taxa de vivacidade na memória reforçada. Entretanto, aqueles episódios, que não foram evocados e que também não contribuíram para o cálculo da expectativa de iteração, terão sua intensidade emocional enfraquecida. Esse processo é semelhante ao fenômeno de esquecimento das memórias.

VI. Experimentos Computacionais, Análise e Discussão dos Resultados do Modelo Proposto

Uma aplicação de vida artificial foi criada para validar o desempenho do modelo proposto de formação de memórias episódicas. Ela pode ser resumida como uma aplicação em duas dimensões (2D), onde o agente e o ambiente co-evoluem por meio de interações mútuas. O agente busca interagir com o mundo a fim

[6] Este componente é responsável pela tomada de decisão na arquitetura. Ele é quem selecionará a ação que o agente executará naquele momento.

de manter seu equilíbrio homeostático. No mundo artificial podem existir nutrientes, pedras, brinquedos e abelhas. A variação do nível de *arousal* das emoções do agente é exibida na interface através de cinco barras de progressão laterais, como mostram a Figura 2. Já a dinâmica interna do agente, assim como as memórias consolidadas, evocadas e reconsolidadas, serão exibidas pelas mensagens na console, cujos "*logs*" em arquivos textos poderão ser acessadas após a execução da aplicação.

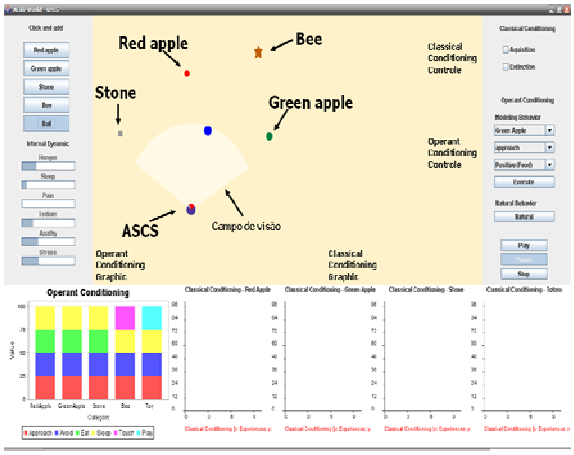

Figura 2: A interface da aplicação de vida artificial e seus elementos.

Nos quatros gráficos do canto inferior direito da interface gráfica pode ser visto a curva da intensidade do condicionamento clássico para alguns componentes (nutrientes pedras e abelhas). Já o gráfico do canto inferior esquerdo exibe a distribuição de freqüência das *affordances* (ações) a serem executadas para cada componente de software do ambiente. A freqüência das ações executadas é alterada pela valoração emocional-cognitiva da interação do agente com cada componente. No lado direito da interface, é possível verificar os comandos de controle disponibilizados para automatizar o condicionamento clássico e para modelar o comportamento do agente via condicionamento operante. Os botões *Play*, *Pause* e *Stop* executam funções de continuar, pausar e terminar a execução da aplicação.

Uma vez que existam experiências valoradas em MLP, o agente apresenta um comportamento seletivo. Por exemplo, ao possuir experiências de comer maçãs e brincar com a bola, sob a emoção fome, o ASCS irá preterir os brinquedos, pois neste momento ele precisa de estímulos energéticos para diminuir o *arousal* da fome. Já na ausência de maçãs, os brinquedos são preferidos[7]. Tais critérios de seleção, ainda que simples do ponto de vista biológico constituem mecanismos de desambiguação das possibilidades de *affordances* e de seleção de ação, que atendem os requisitos de adaptação desta aplicação.

Também foram realizados alguns experimentos envolvendo o nível de condicionamento operante, seleção de ação e memória. Foram comparados dois tipos de agente, um dotado de memória episódica e outro não. No ambiente foram dispostos aleatoriamente 12 maçãs vermelhas, 18 maçãs verdes e 25 bolas. Em seguida, foi mensurado o tempo que os dois agentes gastavam para interagir com 10 dos 55 objetos dispostos no mundo artificial. O experimento foi realizado para três níveis distintos de condicionamento operante, que se traduzem nas probabilidades de seleção das ações descritas na Tabela 1.

Nível incial de condicionamento operante	Valor inicial das probabilidades de seleção das ações
Baixo	approach: 25% avoid: 25% eat: 25% sleep: 25% play: 25%
Média	approach: 40% avoid: 20% eat: 20% sleep: 20% play: 20%
Alto	approach: 70% avoid: 10% eat: 10% sleep: 10% play: 10%

Tabela 1: Nível do condicionamento operante para os experimentos.

Para cada nível inicial de condicionamento operante foram realizadas 20 sessões do experimento.

O resultado apurado permitiu concluir que enquanto o agente com memória não tiver formado certo número de memórias episódicas seu comportamento será similar ao do agente sem memória. Por outro lado, após formar um número considerável de memórias seu comportamento é cada vez mais eficiente em relação ao agente sem memória. Sob outra perspectiva, o nível de condicionamento operante exerce forte influência no experimento quando ele é alto. Isso nos leva a acreditar que sob essas condições ele funciona como um tipo de memória elementar (memória associativa).

A fim de comprovar a alteração das probabilidades das ações no decorrer do experimento, e ainda verificar que o agente com memória possui melhor desempenho do que o agente sem memória, foi extraído o intervalo do tempo médio gasto para que os agentes encontrassem um objeto no mundo e interagissem com ele. Através dos resultados percebe-se que o agente com memória gasta menos tempo para encontrar e

[7] Este comportamento pode ser comprovado no vídeo mostrando a execução do experimento, diponível em http://www.lsi.cefetmg.br/artifice/v095/preferenceObject.html.

interagir com os objetos. A memória auxilia na seleção da ação mais adequada numa dada situação. Novamente, sob alto nível de condicionamento operante, a ação da memória é anulada, fazendo com que os agentes tenham um comportamento bem próximo.

Outro experimento foi realizado para verificar o tempo médio de sobrevivência dos dois agentes, sobre as mesmas condições de condicionamento operante. O ambiente para foi composto por 15 maçãs vermelhas, 20 maçãs verdes, 10 pedras, 10 abelhas e 30 brinquedos. Os resultados obtidos permitem concluir que o agente com memória viveu mais tempo do que o agente sem memória. Em algumas situações ele viveu mais que o dobro de tempo do que o agente sem memória, como mostra a Tabela 2.

	ASCS sem memória	ASCS com memória
Condicionamento Baixo	9	25
Condicionamento Médio	17	36
Condicionamento Alto	32	40

Tabela 2: Número de interações estabelecido por cada tipo de agente.

VII. CONCLUSÃO

O mecanismo de formação de memórias episódicas proposto neste trabalho mostrou-se coerente com o fenômeno neurobiológico e, sobretudo, com o referencial teórico-conceitual que compreende a cognição como um fenômeno incorporado e indissociável da emoção e embebido em um ambiente.

Os resultados obtidos em todos os experimentos permitem concluir que o agente foi capaz de formar e evocar suas memórias episódicas e essas funcionaram como um mecanismo adaptativo, influenciando seu processo de tomada de decisão.

O agente dotado de memória episódica, sob o nível de condicionamento operante baixo e médio, sempre teve um comportamento superior ao do agente sem memória. Esse fato nos leva a comprovar que o modelo proposto atua de forma coerente com a literatura, permitindo com que os agentes conheçam a priori a expectativa de interação com cada objeto.

Entretanto, algumas revisões no modelo se fazem necessária. Nos experimentos realizados não foi possível observar a influência da memória episódica no mecanismo de navegação do agente. Espera-se que após esse ajuste, o mecanismo de memória não apenas influencie a adaptabilidade do agente ao ambiente com também permitirá que ele faça planos a partir de contatos anteriores com determinados objetos. Para que assim, seu sistema de navegação melhore cada vez mais.

REFERÊNCIAS

[1] CLANCEY, W. J. *Situated Cognition: on human knowledge and computer representations*. Cambridge, U.K.; New York, NY, USA: Cambridge University Press, 1997. 406p. (Learning in doing.).

[2] KANDEL, E. R.; SQUIRE, L. R. *Memória: Da mente às moléculas*. Rio de Janeiro: Artmed Editora, 2003.

[3] BORGES, H. E. *Arquitetura Flexível para a Criação de Agentes de Software Cognitivos e Situados*. Novembro 2000. Dissertação (Projeto de Pesquisa) — Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Novembro 2000. 37 f.

[4] IZQUIERDO, I. *Memória*. [S.l.]: Artmed, 2002.

[5] GAZZANIGA, M. S.; IVRY, R. B.; MANGNUN, G. R. *Neurosciência Cognitiva: a biologia da mente*. 2. ed. [S.l.]: Artmed, 2006. 768 p.

[6] MAPA, S. *Modelagem de Organismos Artificiais Cognitivos-Emocionais Dotados de Memória Experiencial de Longo Prazo*. Março 2009. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática e Computacional) — Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Março 2009. 172 f.

[7] TULVING, E. *Episodic memory: From mind to brain*. Annual Reviews of Psychology, v. 53, p. 1–25, 2002.

[8] BROWN, R. R.; KULIK, James. *Flashbulb memories. Cognition*, v. 5, p. 73–99, 1977.

[9] DIAMOND, D. M.; CAMPBELL, A. M.; PARK, C. R.; HALONEN, J.; ZOLADZ, P. R. *The temporal dynamics model of emotional memory processing: A synthesis on the neurobiological basis of stress-induced amnesia, flashbulb and traumatic memories, and the yerks-dodson law*. Neural Plasticy, v. 2007, p. 1–33, 2006.

[10] CASTRO, E.C.; GUDWIN, R. R. *An Episodic Memory For A Simulated Autonomous Robot*. 4o Workshop de Robótica Aplicada e de Automação, p. 1–7, 2010.

[11] DEUTSCH, T.; GRUBER, A.; LANG, R.; VELIK, R. *Episodic memory for autonomous agents*. IEEE, p. 1–6, May 2008.

[12] DODD, W.; GUTIERREZ, R. *The role of episodic memory and emotion in a cognitive robot*. IEEE International Workshop on Robots and Human Interactive Communication, p. 692–697, 2005.

[13] NUXOLL, A. M.; LAIRD, J. E. *Extending Cognitive Architecture with Episodic Memory*. [S.l.], 2007.

[14] SILVA, V. A. *Modelagem e Desenvolvimento de um Mecanismo de Condicionamento para a Arquitetura Artífice*. Outubro 2008. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática e Computacional) — Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Outubro 2008. 120 f.