

Análise de Processos Mentais Representados em Modelos de Consciência Artificial

Luana Folchini da Costa[†], Daniel Müller da Silva*, Lucas Fürstenau de Oliveira* e Guilherme Holsbach Costa^{††}

Resumo

O conceito de Consciência Artificial tem sido abordado em Engenharia como uma derivação da Inteligência Artificial. Entretanto, consciência é um termo complexo e muitas vezes empregado na área com pouco formalismo. Como principal contribuição, neste trabalho é apresentada uma análise de quatro modelos recentes de Consciência Artificial publicados na área da Engenharia. São destacados os processos mentais representados nesses modelos e relacionados com a perspectiva teórica da Psicologia Cognitiva. Ao final, são feitas considerações a respeito da consciência em tais projetos.

Palavras-chave

Consciência artificial, inteligência artificial, cognição artificial.

Analysis of Mental Processes Represented in Models of Artificial Consciousness

Abstract

The Artificial Consciousness concept has been used in the engineering area as being an evolution of the Artificial Intelligence. However, consciousness is a complex subject and often used without formalism. As a main contribution, in this work one proposes an analysis of four recent models of artificial consciousness published in the engineering area. The mental processes represented by these models are highlighted and correlations with the theoretical perspective of cognitive psychology are made. Finally, considerations about consciousness in such models are discussed.

Keywords

Artificial consciousness, artificial intelligence, artificial cognition

I. INTRODUÇÃO

Como uma derivação dos modelos de Inteligência Artificial (IA), diversos trabalhos nas áreas de Engenharia e Informática têm abordado a modelagem e implementação de processos mentais em arquiteturas cognitivas ao ponto de afirmarem a obtenção de consciência em máquinas. A área que parte dos estudos dessas máquinas, ditas conscientes, é chamada Modelagem de Máquinas Conscientes (MMC) e visa aproximar seus resultados com o entendimento sobre o que significa ser consciente [1]. Por outro lado, na área das Ciências Humanas, a Psicologia Cognitiva, enquanto ciência, preocupa-se com o estudo dos processos mentais e sua relação com o comportamento humano [2], [3].

Na Psicologia Cognitiva [4], [5], [6] a consciência é estudada de forma distinta dos tradicionais conceitos psicanalíticos de consciente e inconsciente; estados denominados consciência e não-consciência são tratados conforme estudos em Neurociência. Assim como os estudos sobre IA e Neu-

rociências, a partir da década de 1990, têm influenciado as teorias da Psicologia Cognitiva [4], [2], também a Psicologia Cognitiva, neste trabalho, é utilizada de forma a influenciar e contribuir com a área de Consciência Artificial (CA). Enquanto alguns autores assumem que os estudos sobre consciência em máquinas ou CA poderiam facilitar a compreensão da consciência em seres humanos [1], outros acreditam que os progressos em consciência em máquinas dependem do entendimento sobre consciência no contexto da cognição humana [7], ou seja, através de evidências psicobiológicas da cognição humana e as respectivas funções computacionais. Através dos estudos de cognição artificial é possível compreender melhor as vantagens trazidas pelos mecanismos de consciência, emoção e afeto, experiência, imaginação, e adicionar esses benefícios a robôs ou a agentes de software [8].

Uma vez que, os estudos referentes à Consciência humana estão em andamento e não apresentam resultados definitivos quanto às funções dessa propriedade, um conjunto de alternativas para estudar o funcionamento da Consciência humana pode ser pensado a partir dos estudos de CA, ou seja, os estudos em Psicologia Cognitiva e os estudos em CA podem acarretar contribuições mútuas para definições futuras a respeito da Consciência. Nesse caso, estudos da consciência sob a ótica da Psicologia Cognitiva podem viabilizar mecanismos de consciência a serem utilizados para que os sistemas (artificiais) ditos conscientes consigam lidar com situações cada vez

* Centro de Ciências Humanas - Universidade de Caxias do Sul; † Focco - Sistemas de Gestão; †† Centro de Ciências Exatas e Tecnologia - Universidade de Caxias do Sul

mais complexas, abrindo espaço para a criação de máquinas mais eficazes [8], [9], [10]. Além disso, o embasamento das hipóteses advindas das Ciências Cognitivas pode suprir sua necessidade de comprovação a partir de modelos que envolvam a simulação artificial, bem como facilitar a padronização de termos e projetos como fontes de pesquisa para ambas as ciências.

Em [11], uma máquina é considerada consciente quando, além dos componentes necessários para viabilizar processos mentais, ela tem uma central executiva dirigida pela motivação — seleção de objetivos, mudança da atenção e mecanismos de aprendizagem — que controla todos os processos da máquina. Por relacionar experiência cognitiva com motivações internas e planejamento, a central executiva cria uma autoconsciência e um estado de consciência da mente. Esses autores propõem que consciência é um fenômeno físico e que, portanto, pode ocorrer em máquinas. Uma das mais tradicionais áreas de pesquisa e desenvolvimento em CA engloba trabalhos envolvidos na simulação de arquiteturas relacionadas com a consciência humana e geralmente parte do modelo de teorias neurológicas ou cognitivas de consciência [9].

Neste trabalho é proposta uma análise dos processos mentais modelados em quatro sistemas que utilizam a arquitetura cognitiva Baars-Franklin, considerada por seus autores como sendo capaz de modelar consciência em máquinas. São eles: CMattie e IDA [12], CAV [13] e *Insight Learning* [14]. Outros trabalhos de análise já foram propostos [15], contudo os autores incorporam características perceptuais, que emergem a partir dos processos mentais modelados. Neste trabalho, serão analisados apenas os processos mentais (segundo vertentes da Psicologia Cognitiva) modelados de fato. Buscam-se no trabalho arquiteturas cognitivas de diversas funcionalidades. Na Seção II é apresentada uma compilação de conceitos acerca dos processos mentais e da consciência, visando apresentá-los de uma forma breve, enfatizando os pontos principais de maneira acessível, para facilitar o entendimento das conclusões que seguem a eles. A Seção III contempla breves explicações sobre as arquiteturas cognitivas, enfatizando a Arquitetura Baars-Franklin. Essa organização propicia uma discussão que relaciona os processos mentais com ferramentas da Engenharia e Informática, proposta na Seção IV, junto aos resultados obtidos. Por fim, na Seção V o trabalho é concluído.

II. PROCESSOS MENTAIS

A Psicologia possui diversas linhas teóricas (abordagens) para o estudo do comportamento humano, assim como, por exemplo, um Engenheiro pode modelar um dispositivo físico de diferentes maneiras. Uma dessas linhas, o Behaviorismo, direciona seus estudos para os comportamentos observáveis. Um dos conceitos chave dessa linha teórica é o condicionamento, que trata da relação dos elementos observáveis estímulo e resposta. No final dos anos 1930 iniciou-se uma movimentação nas áreas da Filosofia e Psicologia a respeito de limitações em abordagens que estudam somente o comportamento observável. Com isso, estudos a respeito da cognição humana ganharam espaço nas Ciências Cognitivas, envolvendo-se aí a consciência. Desde meados da década de 1950 a Psicologia Cognitiva, por sua vez, vem ampliando esse estudo considerando também os eventos que não podem ser diretamente

observáveis. Esses eventos podem ser denominados ‘processos mentais’, os quais podem ser divididos em básicos e superiores. Os processos mentais básicos incluem:

- 1) Percepção — A percepção de um evento está relacionada com a interpretação, ou significado, das sensações derivadas da exposição a um fenômeno ou objeto (estímulos). Originalmente essa tradução é qualitativa, mas, na medida em que é possível fazer alguma comparação com outro estímulo, é possível que se torne quantitativa (por exemplo, fazer comparações entre comprimento, altura e peso de estímulos que se apresentam) [16]. Perceber está relacionado com a aquisição de conhecimentos através dos sentidos envolvidos na compreensão dos acontecimentos, sem que seja necessária a comunicação verbal explícita. A percepção envolve vários aspectos cognitivos, tais como, a interação em resposta aos estímulos captados pelos sentidos como a visão e a audição [17];
- 2) Atenção — Pode-se afirmar que é possível processar ativamente uma quantidade limitada de informações [2]. A função primeira da atenção é a de orientar os sentidos referentes aos estímulos recebidos do ambiente, no sentido de captar eventos considerados importantes a partir do sistema sensorial. Com o desenvolvimento do cérebro, a atenção passa a administrar de forma seletiva os recursos de processamento, ou seja, concentra-se em um estímulo e paralelamente inibe o processamento de outros estímulos existentes, processando informações para comportamentos psicológicos específicos [18]. A atenção pode ser classificada em atenção distribuída, que diz respeito à capacidade de se fazer mais de uma coisa ao mesmo tempo, e atenção concentrada, que diz respeito a capacidade de manter a atenção sobre eventos críticos por um considerável período de tempo [19]. Basicamente, os estímulos acionam os processos de atenção distribuída ou de atenção concentrada de acordo com a experiência do sujeito [20]. Sendo assim, pode-se afirmar também que o desempenho da atenção está sujeito ao treinamento;
- 3) Memória — A Psicologia Cognitiva considera a memória um processo complexo, temporalmente prolongado e que transforma pensamentos ou percepções atuais em um registro durável que mais tarde pode ser evocado e usado na tomada de decisões. Já a compreensão da dinâmica da memória e da interdependência entre suas etapas é, ainda hoje, um desafio [21]. Considera-se a existência de sistemas de memória no cérebro que sejam pelo menos parcialmente distintos, conforme destacados a seguir.

Memória de trabalho, que pode ser modelada como um sistema no qual uma central executiva regula o fluxo de informações em duas modalidades subordinadas de sistemas, a fonológica e a visuo-espacial, que armazenam temporariamente informações fonológicas e visuo-espaciais, respectivamente [22]. O fluxo de informações advindo da atenção é alocado para um ou para os dois subsistemas e a relação entre essas informações é registrada em um *buffer* episódico [23]. Este tipo de memória, que duraria apenas alguns se-

gundos, pode estar associado à supressão de inibição induzida por despolarização [24], fenômeno que envolve a menor liberação do neurotransmissor inibitório GABA. Memória de curta duração, evidenciada em [25] como sendo parcialmente independente da memória de longa duração. Este tipo de memória, com duração de algumas horas, parece depender da maior quantidade e atividade de receptores AMPA [26]. A diferença de mecanismo mediador da memória de curta duração claramente a separa da memória de trabalho. Por fim, a memória de longa duração pode durar anos e depende da síntese proteica no hipocampo. A transformação das memórias de curto prazo para de longo prazo sofrem influências de vários fatores, como o sono, a atenção, emoção que por sua vez está ligado a estruturas como a amígdala, e toda uma gama de processos bioquímicos.

A existência desses três mecanismos diferentes sustenta a noção de que há pelo menos três sistemas de memória no que se refere à duração da mesma. Além disso, as memórias podem ser classificadas em relação à facilidade com que são acessadas pela consciência. Quando um indivíduo se lembra de experiências passadas, tipicamente evoca uma consciência prévia sobre esses eventos. Porém, alguns aspectos do passado podem ser expressos sem consciência de que seja uma recordação. Esses dois tipos de memória podem ser descritos como memória explícita ou declarativa — quando existe consciência na recordação de experiências passadas — e memória implícita — quando a experiência passada pode influenciar o comportamento atual ou o desempenho sem que ocorra uma recordação consciente deles. Uma distinção importante entre memória explícita e implícita é que a primeira depende, para sua consolidação, de um grupo de estruturas interconectadas do lobo temporal medial, enquanto a segunda pode depender, por exemplo, dos núcleos de base, fora do lobo temporal medial [27]. Também, a memória explícita depende da integridade do diencefalo e do lobo temporal medial, e a memória implícita envolve uma variedade de sistemas fora das regiões do diencefalo e de regiões do lobo temporal medial [28], [29]. Ainda sobre memória, tem-se o cógnito [30], que é uma unidade básica de memória ou de conhecimento definida por um padrão de conexões no interior de uma rede de neurônios associados pela experiência. Dentro dessa perspectiva, não pode-se mais falar em sistemas de memória, mas em memórias de sistemas, pois o cógnito pode participar de vários sistemas de memória já que o neurônio pode se envolver em múltiplas redes de memória. Ainda que a proposta de Fuster seja promissora, tem-se poucos estudos sobre a implementação do cógnito em máquinas;

- 4) Emoção — Alguns trabalhos, ao referirem-se a manifestações emocionais, utilizam o termo de forma indiscriminada e não técnica, como por exemplo em [13], em que os autores argumentam que ao se chocar com um obstáculo, o veículo sentia dor. Dor é uma sensação e a experiência emocional da dor é que pode ser considerada uma emoção. As emoções estão envolvidas em condutas, estados corporais de ativação ou desativação fisiológica e cognições, uma vez que a

combinação desses elementos faz com que as emoções sejam subjetivas e, como consequência, diferentes diante de um mesmo estímulo ou contexto, bem como em diferentes indivíduos [31]. Em [32] é proposto um modelo em que as emoções básicas classificam-se como raiva, nojo, medo, felicidade, surpresa e tristeza e são assim caracterizadas porque evoluíram com a espécie e estão alocadas no fenótipo do ser humano. Em [33] foram recentemente modelados sete sistemas emocionais básicos, classificados como *medo*, cujos sentimentos emocionais associados são, de fato, medo e ansiedade, *busca/expectativa*, cujos sentimentos emocionais associados são interesse e curiosidade, *sistema da raiva*, com sentimentos emocionais de raiva e desprezo, *pânico/angústia de separação*, associado a sentimentos de tristeza, timidez, culpa e vergonha, *luxúria/sexualidade*, para o qual estão associados os sentimentos eróticos e de ciúmes, *cuidado/nutrição*, relacionados com sentimentos de amor, e *diversão/alegria*, cujos sentimentos emocionais associados são de felicidade e alegria;

- 5) Motivação — Motivação é uma variável reconhecida como importante no estudo do comportamento humano. Algumas abordagens sugerem que a motivação seja um componente interno ao indivíduo, que regula e sustenta todas as ações [34]. As abordagens sócio-cognitivistas têm defendido a existência de duas orientações motivacionais interativas, a intrínseca e a extrínseca. A motivação intrínseca refere-se à execução de atividades, nas quais o prazer é inerente. O indivíduo empenha-se em uma atividade com base no interesse próprio. Ele busca novidades e desafios, naturalmente, não sendo necessárias pressões externas ou prêmios pelo cumprimento da tarefa, uma vez que a recompensa é, justamente, participar dela. É como uma forte sensação de missão que afeta a curiosidade, a competência, a eficácia. A motivação extrínseca apresenta-se como a motivação para trabalhar em resposta para algo externo à tarefa ou atividade, como para a obtenção de recompensas materiais ou sociais, de reconhecimento, visando atender aos comandos e pressões de outras pessoas para demonstrar competências e habilidades, ou seja, há o desejo de comunicar algo aos outros [34], [35]. Por isso, a motivação extrínseca está relacionada com a consciência, e pode ser afetada por reforço e/ou punição. O reforço é um fator que tende a aumentar a probabilidade de ocorrência de uma determinada resposta, enquanto a punição tende a diminuir tal probabilidade. Tanto o reforço quanto a punição podem se apresentar na forma positiva ou negativa. Diz-se positiva quando existe a introdução (acréscimo) e negativa quando existe a retirada (decréscimo/privação) de um determinado estímulo [36, pp.70-71]. Por exemplo, dar uma recompensa mediante a exibição de uma resposta desejada é entendido como reforçamento positivo. Já, o reforçamento negativo envolve a retirada de um estímulo aversivo, cada vez que é apresentada a resposta desejada. Por exemplo, reduzir a carga de trabalho mediante a exibição de uma resposta desejada é um reforçamento negativo. Em ambos os casos, o reforço aumenta a apresentação da

resposta/comportamento desejada/o.

Dentre os processos mentais superiores, podem ser destacadas a linguagem, as funções executivas (que podem ser subdivididas em resolução de problemas, raciocínio dedutivo e tomada de decisão) e a consciência:

- 1) Linguagem — Os processos mentais básicos podem ser simbolizados através da linguagem, capaz de inter-relacionar os processos cognitivos através da compreensão de uma sentença linguística, da codificação do som e dos aspectos visuais, do acesso ao significado das palavras e da percepção da funcionalidade da sentença [37]. A aquisição da linguagem depende de um aparato neurobiológico e social, ou seja, de um bom desenvolvimento de todas as estruturas cerebrais e da interação social desde tenra idade. Há uma interação entre o biológico e a qualidade dos estímulos do meio [38]. Dois modelos principais acerca da linguagem podem ser encontrados na literatura. Lev Vygotsky (n. 1896 a 1934) relaciona a linguagem não apenas com o pensamento, mas com o trabalho e a consciência humanos, sendo a atribuição de significados o que relaciona linguagem e pensamento. A capacidade de planejar, organizar e estruturar as próprias ações adquire mobilidade e flexibilidade pela disputa de inúmeros processos discursivos (verbais e não-verbais) que caracterizam a atividade linguístico-cognitiva [39]. Noam Chomsky (n. 1928) modela a faculdade de linguagem em qualquer estágio de seu desenvolvimento, incluindo um sistema cognitivo e sistemas de desempenho. O sistema cognitivo armazena informações que são acessadas pelos sistemas de desempenho e usadas para articular, interpretar, expressar o pensamento, fazer perguntas, referir, etc. Ambos os sistemas estão dentro da mente/cérebro. Além disso, ele também assume que os processos mentais são computações que o cérebro executa e, assim, uma teoria computacional do cérebro é toda a ciência da mente ou da língua que possa existir [40].
- 2) Funções Executivas — Também compostas por outros processos superiores que tomam por base as informações advindas dos processos básicos. Elas têm por objetivo controlar e regular o processamento da informação no cérebro. São ações necessariamente flexíveis e adaptativas, passíveis de monitoramento em suas etapas de execução, para permitir ao indivíduo interagir no mundo de maneira intencional. As funções executivas também envolvem a formulação de um plano de ação que se baseia em experiências prévias e demandas do ambiente atual. São responsáveis, nesse caso, pelo planejamento e execução de tarefas de raciocínio, tomada de decisões e resolução de problemas [41], [42]. A divisão das funções executivas, apresentada a seguir, é oriunda das características funcionais de cada um destes subprocessos.
 - Resolução de Problemas — Durante a resolução de problemas existem: (a) um estado inicial, caracterizado pelo estado de reconhecimento quando um problema é apresentado; (b) um estado-meta, referente ao objetivo a ser alcançado; (c) um componente referente às ações ou operações que podem ser utilizadas para atingir o estado-meta; e (d) a

tarefa ambiental usada, a qual consiste de aspectos físicos do ambiente que podem influenciar direta ou indiretamente na solução adotada, ou ainda sugerir diferentes formas de se resolver o problema [43].

- Tomada de Decisão — Tomar uma decisão significa selecionar uma alternativa através da qual é almejada a produção de resultados favoráveis na perspectiva de quem está decidindo. A tomada de decisão difere da resolução de problemas, pois nesta última, não há curso de ação claro, enquanto que para a tomada de decisão há, pelo menos, dois diferentes cursos de ação [44]. Cabe ressaltar que o custo da solução de problemas e *payoff* são componentes importantes na implementação computacional dos processos de resolução de problemas e tomada de decisão, entretanto, do ponto de vista da Psicologia Cognitiva e Neurociências, a definição sobre as características desses processos não estão focadas na implementação, mas nas diferenças operacionais dos mesmos.
- Raciocínio dedutivo — Ocorre a partir de proposições lógicas que podem ser verdadeiras ou falsas. Os psicólogos cognitivos buscam conhecer como as pessoas unem essas proposições para chegar a conclusões. Geralmente o raciocínio ocorre a partir de proposições do tipo se-então, conhecido como raciocínio condicional, largamente conhecido na área das Engenharias e Informática. O raciocínio dedutivo difere da resolução de problemas pelo fato de ser utilizado em situações onde o estado inicial é bastante claro, definido e limitado. Na resolução de problemas o estado inicial pode ser vago e existe clareza apenas com relação ao estado-meta.

A forma como todos esses processos mentais são discriminados, integram suas informações, relatam estados mentais e direcionam a atenção, abrange o que é chamado “problema fácil” da consciência [45]. Enquanto explicar a experiência fenomenológica subjetiva, envolvida na experiência consciente, caracterizaria o chamado “problema difícil” da consciência. Cabe ressaltar já neste momento que, como será discutido, os trabalhos sobre CA tentam modelar alguns dos processos mentais descritos acima através da arquitetura relacionada à Teoria do Espaço de Trabalho Global [33]. Essa é uma teoria unificada que agrega diversas hipóteses e conceitos sobre a mente e a consciência. Através dela, os autores postulam que processos como atenção, seleção de ação, aprendizagem, entre outros, são implementadas por um número de processadores especializados e não conscientes, distribuídos globalmente na arquitetura, em que cada processador é especialista. Depois do processamento da informação (abstração do mundo natural em códigos), os processadores formam coalizões. Essas coalizões são feitas por outro processador que funciona de forma semelhante à central executiva. Dessa forma, existe um espaço de trabalho global que é “ocupado” pelos processadores especialistas e por suas coalizões. É nesse espaço que o fenômeno da consciência surge como um produto emergente. A Teoria

do Espaço de Trabalho Global está fortemente apoiada na estudos da Psicologia Cognitiva e da Neurociências, onde a consciência de fato é um produto emergente das determinadas áreas cerebrais controlada pela central executiva. Nos trabalhos sobre CA os processos mentais são implementados através de *codelets* — pequenas peças de código — especializados em tarefas simples, análogas aos processos mentais [8].

- 3) Consciência — A definição de consciência é, até hoje, contraditória em Psicologia e, muitas vezes, circular. Além das razões explicitadas na Seção I deste estudo, também optou-se por utilizar definições cognitivas do termo como padrão para o entendimento da consciência, por ser esta a utilizada por Bernard Baars, que segue orientações da neuropsicologia cognitiva. Neste trabalho a consciência é assumida como sendo um produto emergente, no qual a presença de uma central executiva e ordenadora se mostra relevante. Cabe ressaltar que em outras perspectivas a relevância de uma central executiva é questionada [46]. Na Psicologia Cognitiva, tem-se sugerido transformar a consciência em uma variável, distinguindo-se, dentre suas capacidades gerais, o que faz parte do seu funcionamento consciente e do não-consciente. É possível dizer, a partir de definições funcionais, que os processos mentais são conscientes se eles podem ser alegados pelas pessoas como sendo conscientes e podem ser relatados e postos em prática com acurácia verificável quando em condições ideais de serem relatados posteriormente. Ao contrário, é possível dizer que eventos mentais podem ser considerados não-conscientes se sua presença pode ser verificada ainda que não sejam alegados como conscientes e se eles não podem ser voluntariamente relatados, evitados ou manipulados, mesmo sob condições ideais de relato [47]. Tomando por base a definição de consciência para a Psicologia Cognitiva, a consciência é considerada capaz de lidar com as informações novas e de realizar análises. Passa a ser uma propriedade emergente da atividade neuronal, assim como são os demais processos mentais. Ela pode, então, ser classificada como um processo mental superior. Porém, enquanto uma propriedade emergente, ela processa informações de maneira mais lenta e predominantemente serial, com a vantagem de ser flexível para lidar com as alterações do ambiente [48].

III. ARQUITETURAS COGNITIVAS

Sucedendo os modelos gerais de IA, que tinham como objetivo projetar e construir artefatos computacionais que combinavam muitas habilidades cognitivas em um sistema integrado com as mesmas capacidades intelectuais dos seres humanos [49], diversos trabalhos de Engenharia têm abordado a modelagem e implementação de arquiteturas cognitivas. Essas arquiteturas apresentam um comportamento habilidoso não somente em um determinado contexto, operando comportamentos inteligentes em níveis de sistemas e subsistemas em vez de métodos e componentes projetados para tarefas específicas [50].

Podem ser definidos como dez critérios principais de uma arquitetura cognitiva as capacidades de [51]:

- 1) Comportar-se flexivelmente como uma função do ambiente;
- 2) Exibir comportamento adaptativo (racional, orientado à meta);
- 3) Atuar em tempo-real;
- 4) Atuar em um ambiente complexo e detalhado, percebendo mudanças em detalhes, usando uma vasta gama de conhecimentos e controlando um sistema motor com liberdades variadas;
- 5) Usar símbolos e abstrações;
- 6) Usar linguagem, natural e artificial;
- 7) Aprender a partir do ambiente e da experiência;
- 8) Adquirir capacidades através do desenvolvimento de sua atuação;
- 9) Viver de forma autônoma dentro de uma comunidade social;
- 10) Exibir auto-consciência e auto-senso.

Deste último item derivam as máquinas, ditas, conscientes.

Um dos principais modelos de sistema consciente é a arquitetura Baars-Franklin, proposta pelo *Cognitive Computing Research Group*, da Universidade de Memphis, EUA, coordenado por Stan Franklin. Com base na Teoria do Espaço de Trabalho Global de Bernard Baars, propõe-se a ser uma arquitetura cognitiva para o modelo de consciência. Os processadores propostos por Baars são implementados via software pelos chamados *codelets*, de Franklin, considerando-se a noção de que os mesmos competem pelo acesso à consciência [8]. As funções cognitivas são então executadas por coalizões de *codelets*, de forma não-consciente, a ponto de lerem e gravarem mensagens ou informações destacadas na memória de trabalho. Cada *codelet* tem um nível de ativação e uma informação destacada. Um mecanismo, chamado de “gestor de coalizões”, gerencia as coalizões realizadas e calcula o nível de ativação de cada uma. Um controlador de foco (objetivo) é o responsável por executar a transmissão das informações destacadas de cada *codelet* da coalizão vencedora para os demais *codelets* do sistema. O comportamento do agente artificial é decidido por uma rede de comportamentos cujas proposições são relatadas pela informação em destaque na memória de trabalho [13]. A rede de comportamentos é formada por quatro tipos de nós. O primeiro deles, nó de comportamento, representa um comportamento de baixo nível, como, por exemplo, ‘pentear o cabelo’. O segundo tipo de nó representa as proposições como ‘pente na mão’ ou ‘pente em contato com o cabelo’. Tais proposições podem ser verdadeiras ou falsas. O terceiro tipo de nó representa os objetivos ou motivações e o quarto tipo de nó representa o que é sentido do ambiente (nós sensoriais). Os nós sensoriais são ligados aos nós de proposição. Os nós de comportamento estão relacionados com a entrada de proposições prévias que devem ser verdadeiras para que o comportamento seja executável. As saídas dos nós de comportamento são ligadas a duas modalidades de proposições possíveis: proposições de adição, cuja expectativa é de que se tornem verdadeiras após a realização do comportamento; e proposições exclusivas, que deveriam ser consideradas falsas após a execução da resposta. Um exemplo prático pode ser o comportamento de ‘pentear o cabelo’ — a lista de proposições aditivas desse comportamento poderia incluir ‘pente na mão’ e ‘pente em contato com o cabelo’,

enquanto uma proposição exclusiva poderia ser ‘ausência de cabelo’. Por fim, os nós de objetivos são ligados aos nós de proposição, os quais, por sua vez são, também, relacionados com os nós de comportamento [13].

IV. ANÁLISE DE SISTEMAS COM CONSCIÊNCIA ARTIFICIAL

A. Material e Métodos

Através de uma pesquisa qualitativa de caráter exploratório e descritivo, foi feita uma análise de conteúdo segundo a proposta de Laville e Dione [52]. Tal proposta prevê que o conteúdo seja destacado em elementos, que posteriormente poderão ser divididos em categorias e subcategorias. No corrente estudo, foram destacados os processos mentais modelados em quatro trabalhos diferentes, os quais propõem implementação de CA, baseados na arquitetura cognitiva Baars-Franklin [12]. Com isto, busca-se identificar quais as escolhas feitas por engenheiros da área de IA de forma a esclarecer qual a definição de consciência abordada. A partir das implementações também se tenta identificar quais são os requisitos ou características básicas de consciência quando da sua aplicação em máquinas. Esses trabalhos são:

- *Insight Learning* [14] — a aprendizagem por *insight* explora uma característica da consciência que é a habilidade de simular mentalmente o mundo para fazer projeções de ações e com isso aperfeiçoar um comportamento. Esse fenômeno envolve percepção, imaginação, mapeamento da situação e memória. Esse processo por vezes é estudado pelo fator G da inteligência e por testes que medem o Q.I. [53]. O fator G também é estudado em animais como, por exemplo, no problema do macaco e das bananas [54], em que um macaco é colocado em uma sala com caixas no chão e cachos de cachos de banana pendurados no teto. As caixas, utilizadas como elevação, são o único recurso que os macacos possuem para alcançar as bananas. No experimento, o macaco observa, circula pelo ambiente e só depois posiciona as caixas de forma efetiva, sob as bananas. Essa ação a ocorrência de planejamento, indicando algum nível cognitivo e uma simulação mental da situação. O macaco, ao conseguir alcançar e comer as bananas (reforço positivo), logo sistematiza as ações, ocorrendo uma aprendizagem por *insight*. Sobre essa característica específica, em [14] foi criado um agente autônomo capaz de realizar uma simulação virtual do mundo, onde esse agente é capaz de simular uma ação e prever seu possível resultado. O objetivo do agente é aprender e explorar seu mundo, no qual primeiramente ele deve aprender sobre como deslocar uma caixa (através de reforço positivo). Posteriormente, o agente é colocado em uma situação nova (ambiente diferente do ambiente de aprendizado) onde ele teve de planejar suas ações por uma simulação mental resolvendo um novo problema (colocar os blocos nos pontos determinados);
- CMattie [12] — (Mattie Consciente) é um gerenciador de e-mails. A organização de eventos, neste caso um evento acadêmico, geralmente requer um contingente de pessoas para organizar e enviar os convites com fichas de inscrição. Depois de receber as inscrições é necessária ainda uma conferência de dados. O CMattie é proposto

para realizar essas atividades de modo substituir várias pessoas. Esse sistema formula e envia e-mails com idioma natural e em diversos formatos, para divulgação e gerenciamento de eventos, para uma lista de contatos, advertindo, por exemplo, sobre recebimento de inscrições com dados incompletos. Trata-se basicamente de uma secretária virtual que não apenas divulga informações mas executa e responde a demandas. O CMattie tem módulos cognitivos de incluem percepção, no momento da aprendizagem, ação, por exemplo ao enviar e-mails para lista de contato com informações sobre um evento ou solicitando dados da lista de contatos, seleção, ao dirigir-se apenas a não respondentes de uma mensagem, e memória associativa, na forma de um banco de dados de mensagens enviadas e recebidas;

- IDA [12] — (Agente de Distribuição Inteligente) desenvolvido para resolver um problema de organização e redistribuição de marinheiros norte-americanos para um novo posto de trabalho ao término de suas excursões ao dever. A marinha empregava cerca de 200 pessoas encarregadas dessa distribuição. A realocação de um soldado é uma atividade que leva em consideração diversas variáveis, tais como, instrução do soldado, experiência, local de moradia, transporte para o novo posto de trabalho, custo e tempo para treinamento. O IDA foi treinado para realizar esse processo e se comunica de forma autônoma com os marinheiros por e-mail e em idioma natural, interpretando o conteúdo das mensagens recebidas e produzindo respostas. O IDA detém acesso a vários bancos de dados onde estão armazenadas as variáveis e age com um processador de linguagem natural, produzindo frases e designando os marinheiros. Por exemplo, havendo a necessidade de um operador de sonar o IDA procura um operador disponível. caso haja mais de um operador disponível, ele seleciona o mais apropriado de acordo com o tempo de experiência, e conhecimento técnico, por exemplo. Caso não exista um operador disponível, o IDA calcula o tempo necessário para o treinamento de outro marinheiro, entra em contato com ele e estabelece a ordem sem nenhuma interferência humana. O IDA foi desenvolvido nos moldes da CMattie;
- O CAV [13] — trata-se de um Veículo Autônomo Consciente. É um veículo virtual cuja meta é circular por um ambiente desviando dos obstáculos. Um conjunto de estímulos foi criado de modo que veículo aprenda através do reforço positivo ou punição. Na colisão com os obstáculos, o veículo é punido, de modo a não repetir o comportamento. Ao deslocar-se sem colisões com os objetos, recebe um reforço positivo.

Dois dos projetos analisados, CMattie e IDA [12], lidam com produção de linguagem natural, na forma de mensagens eletrônicas, ambos desenvolvidos pelo *Cognitive Computing Research Group* do qual faz parte Stan Franklin, um dos proponentes da arquitetura cognitiva em questão e um dos pioneiros na proposição de sistemas dotados de CA. Os outros dois, CAV [13] e *Insight Learning* [14], tratam de simulações de agentes móveis autônomos: um veículo que explora o ambiente, originado de um projeto que teve como objetivo avaliar a viabilidade da arquitetura cognitiva Baars-Franklin; e

um robô virtual que empurra blocos em direção a um alvo. Este último foi selecionado por claramente apresentar uma rede de comportamentos e mencionar especificamente a capacidade de o agente artificial aprender a partir de *insight* e da construção de mapas mentais do ambiente.

Na seção seguinte, é proposta uma discussão a respeito dos processos modelados em cada um desses trabalhos, com base em conceitos da Psicologia Cognitiva. Nos resultados optou-se por diferenciar o conteúdo analisado em “sim e não”, enquanto o primeiro significa a existência de determinado processo mental modelado, o segundo significa que determinado processo mental não foi identificado. Por fim, os resultados são analisados de acordo com sua habilidade de produzir comportamentos úteis e flexíveis, correlacionando isso com os processos mentais modelados, bem como com a pertinência de serem considerados conscientes.

B. Resultados

A Tabela I apresenta a lista de processos mentais destacados. Os projetos CMattie e IDA [12] apresentam cinco e sete processos mentais modelados, respectivamente. No projeto *Insight Learning* [14] foram identificados sete processos modelados e no CAV [13] foram identificados seis processos. Tais processos, em cada um dos trabalhos, caracterizam-se como:

- CMattie — Percepção, através da capacidade de detectar linguagem; Memória, dividida em memória de trabalho, pelo registro de informações recentes para tomada de decisão *a posteriori*, e memória de longo prazo, para informações que poderão ser úteis em ocasiões futuras; Emoções de raiva, medo, felicidade e tristeza, representadas como vetores independentes (moduladoras da motivação); Linguagem natural, com limitações na compreensão e produção; Tomada de Decisão, através da seleção baseada nos dados mais recentes transmitidos pelos *codelets*.
- IDA — Percepção, através da capacidade de detectar linguagem; Memória, dividida em memória de trabalho, pelo registro de informações recentes para tomada de decisão *a posteriori*, e memória de longo prazo, para informações que poderão ser úteis em ocasiões futuras; Emoções positivas e negativas (moduladoras da motivação); Linguagem natural, com menos limitações que no caso do CMattie; Raciocínio dedutivo no planejamento das consequências antes da ação; Estratégia de “tentativa e sucesso casual” na resolução de problemas; Tomada de decisão para receber recompensa.
- CAV — Percepção do ambiente para formação de mapa, uso do “gosto” para modular motivação e percepção de estado interno (carga das baterias); Atenção, priorizando a percepção de estímulos; Memória, dividida em memória de trabalho, relacionada ao *status* do veículo e registro da situação corrente, e memória de longo prazo, com o registro de informações para utilização futura; Motivação, presente na execução de comportamento exploratório (reforçamento positivo) e evitação de locais onde há perda de energia (punição positiva); Raciocínio dedutivo no planejamento das consequências; Tomada de decisão através da seleção baseada nos dados mais recentes transmitidos pelos *codelets*.

TABELA I: Lista de processos mentais destacados

Processos Mentais	CMattie	IDA	CAV	IL
Percepção	x	x	x	x
Atenção			x	x
Memória	x	x	x	x
Emoção	x	x		
Motivação			x	x
Linguagem	x	x		
Raciocínio dedutivo		x	x	x
Resolução de problemas		x		x
Tomada de decisão	x	x	x	x

- *Insight Learning* — Percepção, pelos sentidos, sendo eles visão (através da câmera) e tato (através de sensores de pressão); Atenção, presente na priorização da percepção de estímulos; Memória, através do registro de informações recentes e consequências das ações recentes na memória de trabalho e do registro de informações na memória de longo prazo para utilização futura; Motivação, através do ganho de recompensa quando o comportamento desejado é exibido (reforçamento positivo); Dor, na ocorrência de colisão (punição positiva); Raciocínio dedutivo, no planejamento das consequências; Resolução de problemas, com estratégia de “tentativa e sucesso casual”; Tomada de decisão em direção a ações para receber recompensa.

A manifestação comportamental mais interessante e mais útil dependerá da quantidade de processos envolvidos e das inter-relações entre eles na exibição de comportamentos. Entre os dois modelos com produção de linguagem, CMattie e IDA, este último apresentou mais flexibilidade nas resoluções e decisões que foram tomadas. É possível atribuir a maior complexidade comportamental ao fato desse modelo incluir os processos mentais de Raciocínio Dedutivo e Resolução de Problemas, ausentes no CMattie. No caso dos agentes móveis autônomos, o “robô virtual” com *Insight Learning* apresentou comportamento mais complexo, pois foi capaz de resolver problemas. O veículo do modelo CAV apresentou apenas comportamento exploratório, considerado comparativamente simples. É possível atribuir a diferença entre esses dois modelos ao fato do modelo *Insight Learning* incluir um processo mental a mais, a resolução de problemas.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os processos mentais podem ocorrer em nível de objeto e/ou meta-nível. Os primeiros incluem as operações básicas, tradicionalmente conhecidas como processamento da informação — codificação, ensaio, evocação, etc. — os segundos são considerados como supervisores das operações do nível do objeto (monitoramento), por retornarem sinais usados na regulação da atividade das operações de forma *top-down* (controle) [55]. O processamento das informações que ocorrem no meta-nível incluem o monitoramento e a influência das expectativas e julgamentos subjetivos do sujeito e podem estar relacionados com a consciência fenomenológica, com a auto-consciência e o assujeitamento do autor das ações e de seus resultados. A metacognição em seres humanos está relacionada com a capacidade de julgar e reavaliar ações e conhecimentos. Seres humanos têm, através da metacognição, condições de realizarem julgamentos de saber e julgamentos de lembrar,

que envolvem o monitoramento de suas próprias capacidades e aprendizados. É um processo subjetivo e particular de cada pessoa, conforme as contingências, aos quais, cada ser é exposto ao longo da vida.

Nos trabalhos analisados, alguns processos são assumidos como modelados, porém não são claramente definidos em relação ao seu funcionamento — consciente ou não-consciente — para o agente virtual. Além disso, apresentam processamento em nível de objeto, no entanto, ainda não está claro o processamento no meta-nível. Conclui-se que os modelos são avanços significativos em direção à problemática da consciência em máquinas, porém, não são suficientes para resolver algumas limitações. Sendo assim, representam estratégias que caminham na superação do “problema fácil” da consciência, mas ainda estão distantes de superar o “problema difícil”, ou seja, os estados fenomenológicos, subjetivos da consciência.

As divergências sobre a definição de consciência em Psicologia e Neurociência podem contribuir para que pesquisadores da área de CA apresentem afirmações e conclusões equivocadas a respeito da consciência. Primeiramente, porque não se tem claro se estão falando em modelagem de máquinas, cujo desempenho envolve eventos conscientes e não-conscientes, ou se estão fazendo referência à consciência enquanto uma propriedade emergente em seus modelos artificiais. Sugere-se, aqui, que enquanto qualidades de processos mentais, características conscientes e não-conscientes precisam ser mais bem especificadas em máquinas, uma vez que os sistemas em questão envolvem lógicas de programação.

Partindo da compreensão sobre consciência para Psicologia Cognitiva, apresentada na Seção II, é possível considerar que IDA e *Insight Learning* apresentam flexibilidade ao lidar com situações novas. IDA apresenta para isso compreensão da linguagem natural e interação, através dela, com seres humanos. *Insight Learning* apresenta capacidade de resolver problemas e aprender através de *insights*. Ambos conseguem lidar com situações novas de maneira flexível e envolvem aprendizagem, além de incluírem outros processos mentais, conforme mostrado na Tabela I. É possível admitir que existe algum nível de consciência, por processos de metacognição.

A metacognição pode ser definida como gestão dos processos cognitivos pelo próprio indivíduo; um controle consciente sobre os próprios fenômenos cognitivos. O monitoramento e a supervisão dos processos cognitivos, que caracterizariam a capacidade metacognitiva e vêm a complementar os processos envolvidos na consciência em máquinas, ainda precisam ser revisados e/ou implementados. Ainda assim, no que se refere à presença de consciência nesses modelos artificiais, entende-se que ocorrem neles o processamento serial quando uma informação consegue chegar à consciência da máquina e isso se dá após uma competição entre informações processadas em paralelo. Sob este ponto de vista, seria possível afirmar que a máquina tem uma propriedade consciente.

Os conceitos da área da Psicologia Cognitiva e Cognitiva Comportamental, apresentados no presente artigo, podem contribuir na evolução desses modelos artificiais, favorecendo a validade em função do entendimento, adequação e padronização dos termos utilizados. Por exemplo, ao usarem estímulos aversivos com o intuito de diminuir a apresentação de respostas indesejadas por parte dos agentes individuais, estão diretamente envolvendo tais estímulos para modular a

motivação do agente em realizar tais comportamentos. Além disso, embora para seres humanos o gosto de determinadas substâncias possa servir como reforçador (quando for bom) e punidor (quando for ruim), talvez possa não ser clara a possibilidade de que um agente artificial consiga identificar gostos, como modelado em [13]; talvez outros estímulos aversivos poderiam ser melhor adaptados.

Em todos os trabalhos abordados, a CA é modelada em software, através de bibliotecas de funções com nível de complexidade relativamente alto. Entretanto, é possível notar que, por exemplo, um processo de aprendizado por punição positiva pode ser implementado através da minimização de uma função custo com restrições inseridas na forma de penalidade. Sendo assim a motivação pode ser modelada a partir de um filtro digital adaptativo, de baixa complexidade e custo computacional. Nesse caso, considerando-se um filtro de ordem maior que um, a memória está automaticamente incluída no sistema. A percepção pode se fazer presente através de sensores e o raciocínio dedutivo descreve, claramente, qualquer implementação de condição, podendo ser executada por software ou, por exemplo, por uma porta lógica. Esses exemplos ilustram quatro processos mentais, sendo três básicos e um superior, implementados de forma substancialmente simples. Com isso, chama-se à atenção que sistemas com CA não necessariamente são sistemas com alto grau de complexidade e, portanto, podem ser facilmente implementados em hardware. Seguindo esse raciocínio, conclui-se que, considerando os processos mentais implementados nos modelos analisados como conscientes, um hardware consciente é passível de implementação, por exemplo, através de hardware reconfigurável (FPGAs), permitindo ainda o aproveitamento da característica de paralelismo que esse tipo de arquitetura oferece.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro.

VI. BIBLIOGRAFIA

- [1] Igor Aleksander, *The Blackwell Companion to Consciousness*, chapter Machine Consciousness, pp. 87–98, Blackwell Publishing, 2007.
- [2] R. J. Sternberg, *Psicologia cognitiva*, Cengage Learning, 5 edition, 2010.
- [3] D. P. Shultz and S. E. Shultz, *História da Psicologia Moderna*, Cengage Learning, 2009.
- [4] J. F. Teixeira, *Mentes e máquinas: uma introdução à ciência cognitiva*, Artes Médicas, 1998.
- [5] H. Gardner, *A nova ciência da mente: uma história da revolução cognitiva*, EDUSP, 1995.
- [6] G. C. Ferraz, “Consciência e atenção: algumas considerações acerca das abordagens de willian james e aron gurwitsch,” M.S. thesis, Programa de Pós-Graduação em Psicologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.
- [7] Bernard J. Baars and Stan Franklin, “Consciousness is computational: The lida model of global workspace theory,” *International Journal of Machine Consciousness*, vol. 1, no. 01, pp. 23–, 2009.
- [8] R. C. M. Silva, “Análise da arquitetura baars-franklin de consciência artificial aplicada a uma criatura virtual,” Dissertação, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, 2009.
- [9] David and Gamez, “Progress in machine consciousness,” *Consciousness and Cognition*, vol. 17, no. 3, pp. 887–910, 2008.
- [10] A. Chella and R. Manzotti, “Artificial intelligence and consciousness..” *Association for the advancement of Artificial Intelligence Fall Symposium*, pp. 1–8, 2007.
- [11] D. K. Prasad and J. A. Starzyk, “A perspective on machine consciousness,” *Intl. Conf. Advanced Cognitive Technologies and Applications*, pp. 109–114, 2010.

- [12] S. Franklin, "Modeling consciousness and cognition in software agents," *International Conference on Cognitive Modeling*, 2000.
- [13] R. C. M. Silva, "A consciousness-based control system for a simulated autonomous vehicle," *XVIII Congresso Brasileiro de Automática*, pp. 1648–1655, 2010.
- [14] C. Macarelli and J.L. McKinstry, "Testing for machine consciousness using insight learning," *Association for the advancement of Artificial Intelligence Symposium*, 2007.
- [15] David Vernon, Giorgio Metta, and Giulio Sandini, "A survey of artificial cognitive systems: Implications for the autonomous development of mental capabilities in computational agents.," *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol. 11, no. 2, pp. 151–180, 2007.
- [16] S. Silvestri, *In Fondamenti delle scienze ambientali*, vol. 14, chapter Scienze Ambientali: percezione degli eventi, pp. 11–20, Le Università Del Veneto, 2010.
- [17] S. E. McDaniel and T. Brinck, "Awareness in collaborative systems," in *CHI '97 extended abstracts on Human factors in computing systems: looking to the future*, New York, NY, USA, 1997, CHI EA '97, pp. 237–237, ACM.
- [18] J. E. Richards, "Localizing cortical sources of event-related potentials in infants covert orienting," *Developmental Science*, vol. 8, no. 3, pp. 255–278, 2005.
- [19] F. Stablum, *L'attenzione*, Carocci, 2002.
- [20] M. I. Posner and C. D. Gilbert, "Attention and primary visual cortex," *National Academy of Science of U.S.A.*, vol. 96, no. 6, pp. 2585–2587, 1999.
- [21] L. Davachi and I. G. Dobbins, "Declarative memory," *Current Directions in Psychological Science*, vol. 17, no. 2, pp. 112–118, 2008.
- [22] J. A. G. Lum, G. Conti-Ramsden, D. Page, and M. T. Ullman, "Working, declarative and procedural memory in specific language impairment," *Cortex*, vol. 30, pp. 1–17, 2011.
- [23] A.D. Baddeley, "The episodic buffer: a new component of working memory?," *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 4, pp. 417–423, 2000.
- [24] T. A. Pitler and B. E. Alger, "Postsynaptic spike firing reduces synaptic gabaa responses in hippocampal pyramidal cells.," *Journal of Neuroscience*, vol. 12, no. 10, pp. 4122–4132, Oct. 1992.
- [25] I. Izquierdo, D. M. Barros, T. M. Souza, M. M. Souza, L. A. Izquierdo, and J. H. Medina, "Mechanisms for memory types differ.," *Nature*, vol. 393, pp. 635, 1998.
- [26] J. Boehm, M. G. Kang, R. C. Johnson, J. Esteban, R. L. Huganir, and R. Malinow, "Synaptic incorporation of ampa receptors during ltp is controlled by a pkc phosphorylation site on glur1," *Neuron*, vol. 2, no. 51, pp. 213–225, 2006.
- [27] M. F. Bear, B. W. Connors, and M. A. Paradiso, *Neurociências: desvendando o Sistema Nervoso*, Artmed, 3 edition, 2008.
- [28] D. L. Schacter, "The cognitive neuroscience of memory: perspectives from neuroimaging research," *Philosophical Transactions of the Royal Society*, vol. 352, pp. 1689–1695, 1997.
- [29] D. L. Schacter, "Memory and awareness," *Science*, vol. 5360, no. 280, pp. 59–60, 1998.
- [30] Joaquin M Fuster, *Memory in the cerebral cortex: An empirical approach to neural networks in the human and nonhuman primate*, MIT press, 1999.
- [31] V. R. Linares, J. A. P. Rodríguez, A. E. M. González, and L. A. O. Guadalupe, "Emoción y cognición: implicaciones para el tratamiento," *Terapia Psicológica*, vol. 27, no. 2, pp. 227–237, 2009.
- [32] P. Ekman, *Handbook of Cognition and Emotion*, chapter Basic Emotions, Wiley, 1999.
- [33] J. B. Baars and N. M. Gage, *Cognition, brain and consciousness*, Elsevier, 2010.
- [34] S. C. Martinelli and D. Bartholomeu, "Escala de motivação acadêmica: Uma medida de motivação extrínseca e intrínseca," *In Avaliação Psicológica*, vol. 6, no. 1, pp. 21–31, 2007.
- [35] S. Blumen, "Motivación, sobredotación y talento: um desafio para el éxito," *Revista de Psicología*, vol. XXVI, no. 1, 2008.
- [36] M. B. Moreira and C. A. Medeiros, *Princípios Básicos da Análise do Comportamento*, Artmed, 2007.
- [37] M. Matlin, *Psicologia Cognitiva*, LTC, 2004.
- [38] R. Mousinho, E. Shmid, J. Pereira, L. Lyra, I. Land Mendes, and V. Nobrega, "Aquisição e desenvolvimento da linguagem: dificuldades que podem surgir neste percurso," *Revista de psicopedagogia*, vol. 78, no. 25, 2008.
- [39] E. M. Morato, *Linguagem e Cognição: as reflexões de L.S. Vygotsky sobre a ação reguladora da linguagem*, Plexus, 1996.
- [40] L. M. P. Lobato, "Linguagem e cognição: a referencialidade como um construto mental," *DELTA*, vol. 23, pp. 1–16, 2007.
- [41] F. H. Santos, *Neuropsicologia hoje*, chapter Funções Executivas, pp. 125–135, Artes Médicas, 2004.
- [42] C. D. Silva, "Um estudo das funções executivas em indivíduos afásicos.," Monografia, Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.
- [43] K. Dunbar, *A companion to cognitive science*, chapter Problem Solving, pp. 289–298, Blackwell Publishing Ltda., 1998.
- [44] J.F. Yates and P. A. Estin, *A companion to cognitive science*, chapter Decision Making, pp. 187–196, Blackwell Publishing Ltda., 1998.
- [45] D.J. Chalmers, "Consciousness and cognition," 1990.
- [46] Gustavo Leal-Toledo, "Dennett e chalmers: argumentos e intuição.," *Trans-Form-Ação*, vol. 29, no. 2, 2006.
- [47] K. McGovern and B. J. Baars, *The Cambridge Handbook of Consciousness*, chapter Cognitive Theories of Consciousness, pp. 117–205, Cambridge University Press, 2007.
- [48] L. F. Costa, "Consciência para a psicologia cognitiva: uma definição operacional.," Monografia, Centro de Ciências Humanas, Universidade de Caxias do Sul, 2011.
- [49] Pat Langley, "Cognitive architectures and general intelligent systems.," *AI Magazine*, vol. 27, pp. 33–44, 2006.
- [50] Pat Langley, John E. Laird, and Seth Rogers, "Cognitive architectures: Research issues and challenges.," *Cognitive Systems Research*, vol. 10, no. 2, pp. 141–160, 2009.
- [51] A. Newell and William. G. Chase, *You can't play 20 questions with nature and win: projective comments on the papers of this symposium.*, Academic Press, New York, NY, 1975.
- [52] C. Laville and J. Dione, *A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas*, UFMG, 1999.
- [53] Roberto Colom and Carmen E. Flores-Mendoza, "Armazenamento de curto prazo e velocidade de processamento explicam a relação entre memória de trabalho e o fator g de inteligência.," *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, vol. 22, no. 1, pp. 112–122, 2006.
- [54] James L. Noyes, *Artificial Intelligence with Common LISP : Fundamentals of Symbolic and Numeric Processing*, Jones and Bartlett Learning, LLC, 1 edition, 1992.
- [55] A. Koriat, *The Cambridge Handbook of Consciousness*, chapter Metacognition and consciousness, pp. 289–325, Cambridge University Press, 2007.



Luana Folchini da Costa é graduada em Psicologia pela Universidade de Caxias do Sul (UCS - 2012), com parte dos estudos realizados na Faculdade de Psicologia da Università degli Studi di Padova (2009-2010). Possui MBA em Gestão Estratégica de Pessoas, Competências e Coaching pela Faculdade da Serra Gaúcha (FSG - 2013). Atualmente trabalha na área de Gestão de Pessoas da empresa Focco Sistemas de Gestão. Colaboradora voluntária em projetos de pesquisa do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade de Caxias do Sul, cujas áreas de interesse envolvem Consciência, Psicologia Cognitiva e Consciência e Inteligência Artificial.



Daniel Müller da Silva é graduando de Psicologia pela Universidade de Caxias do Sul, desde 2011. Desde 2012 vem trabalhando em consciência artificial, junto ao Centro de Ciências Exatas e tecnologia, nessa Universidade.



Lucas F. de Oliveira possui Bacharelado (1998) e Licenciatura (2003) em Ciências Biológicas, Mestrado (2001) e Doutorado (2005) em Ciências Biológicas: Neurociências, todos pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). É professor da Universidade de Caxias do Sul, atuando junto aos cursos de graduação em Psicologia e Farmácia, e coordena o Curso de Especialização em Neurociências Aplicada à Linguagem e à Aprendizagem. Tem experiência em pesquisa na área de Farmacologia, com ênfase em Neuropsicofarmacologia. Atualmente, é

membro do Núcleo de Investigação em Neurociências e Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.



Guilherme Holsbach Costa é graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2000), e possui mestrado e doutorado também em Engenharia Elétrica, pela Universidade Federal de Santa Catarina (2003 e 2007, respectivamente). Atualmente, é professor Adjunto, coordenador do curso de Engenharia de Controle e Automação e professor do corpo permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, na Universidade de Caxias do Sul (RS). Atua na área de processamento de sinais, com ênfase em processamento de imagens digitais. Tem experiência nessa área, atuando principalmente nos temas de super-resolução, filtragem adaptativa e visão computacional.