

Tecnologias Cognitivas: Uma Abordagem Geral

Fábio Henrique Gomes Magalhães, *Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação - FEEC - Universidade Estadual de Campinas, fabio.magalhaes@gmail.com*

Resumo—Abordaremos, neste artigo, alguns dos métodos de melhora cognitiva em indivíduos saudáveis. O termo “tecnologia cognitiva” será analisado sempre sobre a ótica de “cognitive enhancement”, ou seja, de amplificação ou extensão das capacidades principais da mente humana. Tal área é tida como uma convergência de tópicos que vão desde a neurologia à engenharia

Palavras-chave — cognição, enhancement, inteligência, smart drugs, tecnologias, computação

I. INTRODUÇÃO

Há poucos recursos tão importantes quanto a cognição humana.

Amplas evidências existem sobre o fato de que uma inteligência baixa é responsável por aumentar riscos de acidentes, eventos negativos durante a vida e baixa renda derivada do trabalho [1][2].

Educação e a prática de exercícios físicos são dois dos meios mais bem estabelecidos de forma a melhorar a cognição humana. Mas, no presente trabalho, não nos focaremos nisso. O intuito é fazer um levantamento geral de tecnologias que, nas últimas décadas estão despontando como formas artificiais e eficazes de promover o que podemos chamar de “human enhancement”, principalmente nas capacidades cognitivas do ser humano tanto em um aspecto individual quanto coletivo:

- Drogas que promovem o aumento da cognição e usadas para tratar distúrbios neuropsiquiátricos também promovem a melhora e o aumento de funções mentais tais como a concentração em indivíduos saudáveis, possibilitando a estes trabalhar de forma mais eficiente e eficaz

- Algumas substâncias podem também facilitar a manutenção cognitiva, o que pode ser altamente benéfico para indivíduos/população já em um processo de envelhecimento.

- Estimulação cerebral, particularmente técnicas não invasivas que promovem tanto um aprendizado quanto treino de habilidades de formas eficazes.

- Interfaces homem-máquina e artefatos de realidade aumentada permitem que determinadas faculdades do processo de cognição (percepção, sensorial etc) sejam ampliadas.

- Cognição coletiva pode facilitar e melhorar a cognição em diversas áreas da vida humana. O crescimento da computação pervasiva e da internet, nas últimas décadas, trouxeram processos eficientes em como coordenamos grupos e como manejamos a partilha de informações.

O termo "cognitive enhancement" (vamos utilizar o termo em inglês neste presente trabalho visto o fato de já ser jargão de referência no assunto) sob a ótica das tecnologias cognitivas pode ser definido como a amplificação e extensão das capacidades e habilidades da mente através do aumento ou da melhora dos sistemas de processamentos de informações interno e externo de um indivíduo. O processo de organização de informação, dessa forma, pode ser entendido como cognição. Sendo assim, tecnologias que visam melhorar ou aumentar este processo devem intervir em etapas específicas do mesmo: percepção (aquisição de informação), atenção (seleção de informação), entendimento (representação da informação) e memória (retenção da informação). Etapas estas que visam guiar os diversos tipos de comportamentos de um indivíduo.

Ao delegar tarefas mentais para computadores ou embarcar em humanos outras tecnologias, as funções mentais destes podem ser amplificadas [3]. Tenhamos em mente que o intuito aqui não é criar um sistema de inteligência artificial mas, sim, amplificar a inteligência já presente no ser humano. Douglas C. Engelbart em seu trabalho *Augmenting Human Intellect* nos diz:

Ao citarmos a expressão “aumentar o intelecto humano” queremos dizer em aumentar a capacidade do homem em abordar situações problemáticas complexas, em ganhar compreensão forma a conseguir adequar-se em suas necessidades e em encontrar soluções para os problemas. Nesse contexto, capacidades aumentadas são uma mistura de diversos itens: compreensão mais rápida, melhor compreensão, a possibilidade de se ganhar um melhor grau de compreensão de um problema que, antes, parecia complexo, soluções mais velozes e a possibilidade de encontrarmos soluções para problemas que pareciam insolúveis. E, ao mencionarmos ‘situações complexas’, incluímos problemas profissionais de diplomatas, executivos, cientistas sociais[...]. (Engelbart 1962).

II. TECNOLOGIAS COGNITIVAS

A. *Smart Drugs*

“Smart Drug” é um termo cunhado de forma a representar o conjunto de substâncias que visam a provocar melhoras cognitivas nos indivíduos que fazem uso das mesmas. A cafeína, por exemplo, pode ser considerada, em um contexto limitado, como uma “smart drug” visto seu efeito de melhorar certos aspectos da cognição.

Mas o intuito aqui é mencionar tecnologias mais eficazes nesse sentido. Substâncias tais como estimulantes, nutrientes especiais, hormônios específicos etc são usadas para isso. Medicamentos para Alzheimer (como racetams e ampakines) também começaram a ser estudados como tecnologias farmacêuticas cognitivas a serem aplicadas em indivíduos saudáveis.

Drogas (no sentido de medicamentos) tais como Modafinil, Metilfenidato e outras, são usadas “off-label” de forma a aumentar a capacidade de concentração, aprendizado e facilitar a retenção de informação em um indivíduo.

Substâncias que agem no sistema dopaminérgico (aumentando a concentração do neurotransmissor dopamina no cérebro) como o Modafinil e o Metilfenidato conseguem modular alguns aspectos da memória de trabalho de um indivíduo.

O Modafinil, por exemplo, foi demonstrado melhorar a memória de trabalho de indivíduos saudáveis, especialmente em tarefas difíceis para sujeitos de performance baixa [4].

Em uma larga bateria de testes, o modafinil foi responsável por aumentar a memória de reconhecimento de padrões visuais, planejamento espacial e tempo de reação/latência em diferentes tarefas ligadas à memória de trabalho [5].

O Modafinil foi, originalmente, desenvolvido como um tratamento para narcolepsia, é usado em outros casos de sonolência excessiva e pode ser usado de modo a abrandar a diminuição de performance devido ao sono reduzido aparentemente com efeitos colaterais muito baixos e poucos riscos de dependência [6][7]. A substância melhorou a atenção e a memória de trabalho em médicos desprovidos de horas de sono [8] e aviadores [9].

É sabido, também, através de outros trabalhos, que estimula a neurogênese na região do hipocampo. O nome comercial, no Brasil, é Stavigile.

No caso do pensamento criativo, podemos mencionar três importantes componentes: o pensamento divergente, pensamento desinibido e também o pensamento convergente. Este último é importante de modo ao indivíduo focar na realização da idéia obtida no processo criativo [10].

Divergência excessiva no pensamento ou falta de inibição pode levar a traços de desatenção e incapacidades de completude de tarefas. Características comuns a portadores de Transtorno de Déficit de Atenção com ou sem Hiperatividade.

Medicamentos como o Metilfenidato (também um agente dopaminérgico) agem de forma a aumentar a capacidade de atenção, convergência de pensamento e retenção de informação. é usada por muitos estudantes e profissionais do

mundo acadêmico de forma a melhorar e aumentar o processo cognitivo em seus meios profissionais. O nome comercial, no Brasil, é Ritalina.

Outras substâncias também pode influenciar em como o córtex cerebral se reorganiza em resposta a danos ou treinamentos específicos. Substâncias anfetamínicas foram mostradas responsáveis a promover uma melhora rápida depois de lesões cerebrais quando acompanhadas de treinamentos específicos [11].

B. *Interfaces Homem-Máquina*

No âmbito das tecnologias computacionais destacam-se o que chamamos de “brain-computer interfaces. De forma sucinta: são interfaces homem-máquina que permitem que o cérebro seja conectado diretamente a estruturas eletrônicas e computacionais.

O termo surgiu na década de 1970 nos Estados Unidos através de pesquisas financiadas pela DARPA. Inicialmente, o foco dos trabalhos eram com o objetivo de recuperar funções motoras de indivíduos acidentados ou outras funções afetadas por lesões diversas.

No que tange às tecnologias cognitivas, nos interessam as inúmeras maneiras que tal área pode intervir no ser humano de forma a aumentar as capacidades cognitivas do mesmo. Não necessariamente na cognição pura e simples mas também no sentido mais amplo: de que forma interfaces homem-máquina podem aumentar a capacidade do ser humano em suas mais diversas áreas?

Começamos pelo controle motor. É sabido, através de inúmeros experimentos, que há a possibilidade de, através de eletrodos implantados no cérebro de indivíduos, fazer-se o controle direto de próteses robóticas para as mais diversas finalidades. Inicialmente, como já foi dito, estas pesquisas tinham como o objetivo devolver a capacidade motora a certas pessoas. O que temos, nos dias atuais, são as inúmeras possibilidades de ampliarmos as capacidades normais já existentes nos indivíduos.

Analisemos, por exemplo, o caso da robótica e exoesqueletos. Diversas iniciativas já existem em relação à pesquisas de como aumentar a força física do ser humano através de exoesqueletos controlados por sinais neuronais. No lado militar, pesquisas resultam em próteses que fazem com que soldados consigam correr mais rápido e com menos esforço além de prover força extra em outros tipos de atividades.

A principal função desses exoesqueletos é, como já mencionado, aumentar, em quem os usa, tanto a força motora quanto a resistência. Em usos civis, esqueletos similares podem ser usados em diversas outras áreas e por diversos tipos de outros profissionais: bombeiros, médicos etc. Por exemplo, exoesqueletos foram cogitados a serem usados na tragédia nuclear de Fukushima de modo a auxiliar a limpeza da área.

C. Realidade Aumentada

De acordo com a Wikipedia temos a seguinte definição para a realidade aumentada:

Realidade aumentada é uma visão direta ou indireta da realidade, em tempo real, em que os elementos são aumentados ou suplementados por entradas sensoriais geradas por computador como sons, vídeos, gráficos ou dados de localização. Está ligado a um conceito mais geral chamado de realidade mediada na qual uma visão da realidade é modificada.

Como resultado, a tecnologia funciona por amplificar a percepção que determinado indivíduo tem da realidade.

Diversas aplicações existem, atualmente, para este tipo de tecnologia e que, aumentando nossa capacidade de sensoriamento e percepção do mundo, acaba por aumentar nossa cognição.

Aplicativos de celulares que nos mostram informações sobre os locais para os quais apontamos nossos dispositivos, computação pervasiva que nos permite a comunicação com diversos dispositivos de sensoriamento nos lugares mais inimagináveis, técnicas que permitem a médicos um planejamento de forma mais detalhada antes de uma cirurgia etc.

Aplicações na arte, na arquitetura, na indústria espacial e de construção, na educação, no design industrial e na arqueologia e em uma gama de outras áreas permitem um maior entendimento da realidade e uma interação mais eficaz e inteligente com o meio de forma a tomarmos decisões mais acertadas por meio de informações mais completas e confiáveis.

Inúmeros são os usos da realidade aumentada e que ajudam o indivíduo a ter uma capacidade de cognição e ação de forma melhorada.

D. Cognição Coletiva

Nick Bostom e Anders Sanderberg nos apresenta uma perfeita explicação sobre a Cognição Coletiva:

"Melhoras cognitivas sociais podem agir tanto em aumentar a performance individual dos membros do grupo (melhorando a performance total), em aumentar a capacidade de coordenação (possibilitando grupos maiores) ou melhorando a sinergia gerada pelo fato da presença de diversas competências.

Muito da cognição humana é distribuído através de várias mentes e pode ser melhorada desenvolvendo-se formas mais eficientes de colaboração. Grupos cooperativos podem detectar enganos melhor do que indivíduos [12] e solucionar problemas melhor do que o mesmo número de indivíduos isolados ou mesmo que os melhores indivíduos [13][14][15].

De forma geral, a habilidade total de um grupo a realizar tarefas aumenta com o tamanho do grupo tão logo os membros não precisem interagir muito entre si. Caso eles precisem agir

de forma coordenada, a eficiência começa a cair visto que parte do tempo é gasta coordenando-se as tarefas ao invés da realização do trabalho propriamente dito.

Em um grupo densamente conectado esse fenômeno pode produzir a situação em que a adição de pessoas reduz a performance total.

Reduzir a densidade da rede adicionando uma hierarquia habilita o melhor funcionamento de grupos maiores ocasionando, porém, o surgimento de gargalos na informação.

Os melhores avanços ocorrem quando grupos muito grandes podem ser facilitados em suas interações: a Rede Mundial de Computadores e o e-mail estão entre os mais poderosos instrumentos de melhora cognitiva coletiva desenvolvidos até os dias de hoje.

Através do uso destes "softwares sociais", a inteligência distribuída de grupos grandes pode ser compartilhada e direcionada para propósitos particulares [16].

Sistemas conectados permitem muitas pessoas colaborarem na construção de soluções e conhecimentos compartilhados: quanto maior o número de indivíduos que se conectam, mais poderoso o sistema se torna [17].

A informação não é somente guardada nos documentos em si mas, também, em suas inter-relações. Quando tais recursos de informações interconectadas existem, sistemas automáticos, como, por exemplo, mecanismos de buscas, podem extrair uma miríade de informações úteis a partir dos mesmos [18].

Custos de coordenação baixos permitem que grandes grupos trabalhem em projetos em comum. Tais grupos que partilham dos mesmos interesses, tais como grupos de jornalistas amadores (blogueiros) e programadores da comunidade "open source", demonstraram que podem completar projetos grandes com sucesso, tais como campanhas políticas online [19], a enciclopédia Wikipedia e o sistema operacional Linux. Sistemas para colaboração online podem incorporar mecanismos eficientes de correção de erros de forma a permitir uma melhora incremental da qualidade dos produtos ao longo do tempo [20][21]. Melhoras da cognição coletiva representa uma convergência não somente da informação e tecnologia cognitiva mas, também, das ciências sociais, administração e epistemologia. De forma a ser realizada com sucesso, uma gama de fatores devem ser levados em conta o que torna o design de tais processos uma tarefa não trivial. Não é coincidência que a maioria dos sistemas de sucesso são os mais abertos de forma a permitir os mais variados grupos a experimentá-los e descobrir se os mesmos podem ser usados com o intuito de resolver seus problemas. Nós raramente notamos o vasto número de tentativas mal sucedidas que são, facilmente, encobertas pelo crescimento explosivo de sistemas com alto grau de sucesso."

(Boston e Sandberg, 2009)

III. ÉTICA

Faz-se necessário, contudo, não somente um trabalho descritivo de algumas tecnologias referentes ao estado da arte no que diz respeito às tecnologias que visam aumentar aspectos da cognição humana e áreas correlacionadas. É importante, também, irmos além da simples menção e

mergulharmos na parte das implicações bioéticas derivadas do que podemos chamar de processo evolutivo contemporâneo.

Começemos pelo acesso a tais tecnologias. Fica claro que apenas parte da população mundial, fração mínima desta, terá, ao menos no curto prazo, acesso a tais artefatos evolutivos. Seja no trabalho corporativo, no meio acadêmico, nos estudos e em várias outras áreas da vida humana, amplificar-se-á os gaps socioeconômico e profissional já existentes. É impossível ficarmos presos a um discurso simplesmente meritocrático de desempenho quando a realidade não corrobora isso: para dois indivíduos saudáveis ficará clara a disparidade de desempenho daquele que possuir acesso a tais meios de “cognitive enhancement”, seja por smart drugs, seja por meios biológicos ou computacionais. Assim como nas competições esportivas, será necessário repensarmos se é ético ou não ter-se o acesso a certas tecnologias em determinados contextos. Um acadêmico, um estudante ou qualquer outro tipo de profissional já inteligente e preparado terá seu desempenho inegavelmente aumentado frente a tais opções.

Ainda no meio profissional, verifiquemos também o exemplo de empregadores (empresas, universidades etc) que, porventura, aumentem a pressão por resultados visto o acesso a tais tecnologias cognitivas permitir um desempenho acima do normal em algumas situações. O perigo no qual podemos imergir poderá ser a necessidade de termos de, artificialmente, depender de tais artefatos de modo a completarmos tarefas profissionais e irmos à exaustão biofísica e psicológica.

Mas nem tudo se resume a pontos negativos frente a esse assunto. Anos atrás, pesquisadores e acadêmicos levantaram a questão de autorizar-se tais smart drugs para que fossem usadas, de maneira legal e explícita, com o intuito puro e simples de “cognitive enhancement”. Ao analisarmos por essa ótica, podemos inferir uma quebra de paradigma no que consiste ao avanço intelectual e científico: a humanidade, como um todo, se beneficiaria de um processo evolutivo em que, a partir de uma capacidade humana aumentada ainda mais, fosse possível estratégias e processos mais eficientes para a busca e a produção do conhecimento.

Como dito anteriormente, faz-se necessária uma análise dos impactos sociais a longo prazo derivados de tais tecnologias e das mudanças na estrutura da sociedade advindas de todo esse processo.

IV. DISCUSSÃO

Podemos, com absoluta certeza, afirmar que tais artefatos de melhora cognitiva e, no termo mais amplo “human enhancement”, já são amplamente usados. Seja por meio de smart drugs/nootrópicos, seja por meio de dispositivos eletrônicos e computacionais ou técnicas de aprendizado rápido, tais artefatos possibilitam ao ser humano, através de tecnologias direcionadas, ampliar a capacidade em que este percebe e interage com o mundo.

É difícil separar o que pode ser ficcional do que é realidade. A estimulação neuronal seja através de fármacos ou por meio de impulsos elétricos permite a modulação de diversas faculdades mentais: aumento da memória de trabalho, aumento da atenção sustentada, aumento da retenção de informação a longo prazo etc.

Dispositivos prostáticos e robóticos permitem que a capacidade de fadiga física seja aumentada e que novos paradigmas do que é “ser humano” possam ser criados e modificados em um curto espaço de tempo.

Modificações na natureza do trabalho, nas relações interpessoais, nas relações econômicas são efetuadas de forma constante mediante tais experiências.

Estudos estimam que um crescimento na renda individual derivados do aumento por ponto de QI podem implicar em 2.1% de aumento para homens e 3.6%, para mulheres [22][23]. É estimado, também, que um incremento de 3% no QI total mundial reduziria: a taxa de pobreza em 25%, a quantidade de homens nas prisões em 25%, a taxa de evasão escolar em 28%, filhos fora do casamento em 25% [24].

Problemas éticos e de saúde podem surgir também dessa nova realidade melhorada: como controlar e permitir a um maior número de indivíduos o acesso a tais tecnologias? Aliás, até que ponto é interessante permitir o acesso amplo a tais artefatos?

Quais os custos e os benefícios que nascerá desses processos evolucionários que permitem ao indivíduo melhorar, amplificar e até mesmo criar capacidades cognitivas impensáveis em décadas atrás?

De qualquer modo, apenas o tempo nos permitirá avaliar os impactos destas tecnologias cognitivas nos mais diversas áreas de atuação do ser humano sobre o ambiente que o rodeia.

V. REFERÊNCIAS

- [1] GOTTFREDSON, L.S. 1997. Why g matters: the complexity of everyday life. *Intelligence* 24(1), 79–132.
- [2] GOTTFREDSON, L.S. 2004. Life, death, and intelligence. *Journal of Cognitive Education and Psychology* 4(1), 23–46.
- [3] LICKLIDER, J.C.R. 1960. Man-Computer Symbiosis. *IRE Transactions on Human Factors in Electronics HFE* 1, 4–11.
- [4] MULLER, U., N. STEFFENHAGEN, R. REGENTHAL, and P. BUBLAK. 2004. Effects of modafinil on working memory processes in humans. *Psychopharmacology* 177(1–2), 161–169.
- [5] TURNER, D.C., T.W. ROBBINS, L. CLARK, ET AL. 2003. Cognitive enhancing effects of modafinil in healthy volunteers. *Psychopharmacology* 165(3), 260–269.
- [6] TEITELMAN, E. 2001. Off-label uses of modafinil *American Journal of Psychiatry* 158(8), 1341–1341.
- [7] MYRICK, H., R. MALCOLM, B. TAYLOR, and S. LAROWE. 2004. Modafinil: preclinical, clinical, and post-marketing surveillance—a review of abuse liability issues. *Annals of Clinical Psychiatry* 16(2), 101–109.
- [8] GILL, M., P. HAERICH, K. WESTCOTT, K.L. GODENICK, and J.A. TUCKER. 2006. Cognitive performance following modafinil versus placebo in sleep-deprived emergency physicians: a double-blind randomized crossover study. *Academic Emergency Medicine* 13(2), 158–165.
- [9] CALDWELL, J.A., Jr., J.L. CALDWELL, N.K. SMYTHE, 3rd, and K.K. HALL. 2000. A double-blind, placebo-controlled investigation of the efficacy of modafinil for sustaining the alertness and performance of aviators: a helicopter simulator study. *Psychopharmacology (Berlin)* 150(3), 272–282.
- [10] CROPLEY, A.J. 2006. In praise of convergent thinking. *Creativity Research Journal* 18(3), 391–404.
- [11] GLADSTONE, D.J., and S.E. BLACK. 2000. Enhancing recovery after stroke with nora-drenergic pharmacotherapy: a

- new frontier? *Canadian Journal of Neurological Sciences* 27(2), 97–105.
- [12] FRANK, M.G., N. PAOLANTONIO, T.H. FEELEY, and T.J. SERVOSS. 2004. Individual and small group accuracy in judging truthful and deceptive communication. *Group Decision and Negotiation* 13(1), 45–59.
- [13] LAUGHLIN, P.R., B.L. BONNER, and A.G. MINER. 2002. Groups perform better than the best individuals on Letters-to-Numbers problems. *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 88(2), 605–620.
- [14] KERR, N.L., and R.S. TINDALE. 2004. Group performance and decision making. *Annual Review of Psychology* 55, 623–655.
- [15] LAUGHLIN, P.R., E.C. HATCH, J.S. SILVER, and L. BOH. 2006. Groups perform better than the best individuals on letters-to-numbers problems: effects of group size. *Journal of Personality and Social Psychology* 90(4), 644–651.
- [16] SUROWIECKI, J. 2004. *The Wisdom of Crowds: Why the Many Are Smarter Than the Few and How Collective Wisdom Shapes Business, Economies, Societies and Nations*. London: Random House.
- [17] DREXLER, K.E. 1991. Hypertext publishing and the evolution of knowledge. *Social Intelligence* 1(2), 87–120.
- [18] KLEINBERG, J.M. 1999. Authoritative sources in a hyperlinked environment. *Journal of the ACM* 46(5), 604–632.
- [19] DREZNER, D.W., and H. FARRELL. 2004. *The Power And Politics Of Blogs*. University of Chicago. Working paper.
- [20] RAYMOND, E.S. 2001. *The Cathedral and the Bazaar*. Cambridge, MA: O'Reilly.
- [21] GILES, J. 2005. Internet encyclopaedias go head to head. *Nature* 438(7070), 900–901.
- [22] SALKEVER, D.S. 1995. Updated estimates of earnings benefits from reduced exposure of children to environmental lead. *Environmental Research* 70(1), 1–6.
- [23] MUIR, T., and M. ZEGARAC. 2001. Societal costs of exposure to toxic substances: economic and health costs of four case studies that are candidates for environmental causation. *Environmental Health Perspectives* 109, 885–903.
- [24] HERRNSTEIN, R.J., and C. MURRAY. 1994. *The Bell Curve*. New York, NY: Free Press.