

Processos cognitivos de experts: contribuições da psicologia, neurociência e tendências de pesquisa

Cognitive processes in experts: contributions from psychology, neuroscience and research trends

Hiago Murilo de Melo, Lucas Martins do Nascimento e Emílio Takase

Departamento de Psicologia, Programa de Psicologia da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

Resumo

Um indivíduo detentor de intensa habilidade e conhecimento específicos em uma determinada área denomina-se *expert*. Historicamente, a civilização esteve interessada na investigação de sujeitos com performances diferenciadas no campo do esporte, ciência e arte. Os objetivos deste trabalho são ilustrar investigações científicas sobre a formação de *experts*, destacando as contribuições da psicologia e da neurociência, bem como realizar uma projeção de possíveis tendências de pesquisa. Para realizar esta revisão de literatura, os termos “Expert”, “Alta Performance”, “Eletroencefalograma (EEG)” e “Psicofisiologia” foram pesquisados nas bases de dados PubMed, ScienceDirect e Scielo de maneira individual e combinada nos idiomas Inglês e Português. Percebeu-se que cada período apresentou contribuições significativas na compreensão do desenvolvimento de um *expert*, complementando-se a partir do avanço metodológico e tecnológico que permitiram a elaboração de respostas mais profundas sobre o funcionamento cognitivo de *experts*. As tendências de pesquisa estão vinculadas à utilização de tecnologias de monitoramento do sistema nervoso para avaliação e compreensão dos processos cognitivos em *experts*, bem como no desenvolvimento de métodos de treinamento baseados em intervenções que interferem no funcionamento do sistema nervoso.

Palavras-chave: *Experts*; psicologia; neurociência; cognição.

Abstract

An expert can be described as a person with intense skill and specific knowledge in a particular area. Historically, civilization has been interested in the investigation of subjects with different performances in sport, science and art. This paper aims to illustrate scientific research on the training of experts, highlighting the contributions of psychology and neuroscience and present a projection of possible research trends. To perform this literature review, the terms "Expert", "High Performance", "Electroencephalogram (EEG)" and "Psychophysiology" were searched in the PubMed, ScienceDirect and Scielo databases individually and combined in English and Portuguese. Each period presented significant contributions in the expert development understanding, complemented by the methodological and technological advance that allowed the elaboration of more complex hypothesis on the cognitive functioning of experts. Research trends are related to nervous system monitoring technologies to evaluate and understand cognitive processes in experts, as well the training methods based on interventions that interfere directly in nervous system functioning.

Keywords: *Experts*; psychology; neuroscience; cognition.

1. Introdução

Historicamente, a civilização esteve interessada na investigação de sujeitos com performances diferenciadas no campo dos esportes, ciências e artes (Ericsson, Kampe, & Tesch-Romer, 1993). Um indivíduo detentor de intensa habilidade e conhecimento específicos em uma determinada área denomina-se *expert* (Ericsson & Towne, 2010). O conjunto de características relevantes para a execução de seu alto desempenho são denominadas *expertises* (VandenBos, 2015).

Os primórdios da transmissão de conhecimentos bem como o desenvolvimento e treinamento de habilidades são registrados no início da civilização, em que o homem primitivo instruía técnicas de sobrevivência aos seus companheiros a fim de manter a segurança do grupo (Vargas & Abbad, 2009). Em tempos mais recentes, em meio à industrialização e a globalização do mercado, diversas organizações vêm enfrentando desafios e mudanças de paradigmas para promover o desenvolvimento de talentos humanos (Abreu, 2002).

Nesse sentido, a temática “aprendizagem humana” passou a reter a atenção de estudiosos em busca da compreensão sobre tal fenômeno em que se reconhece o treinamento e desenvolvimento de habilidades como um campo rico em métodos e estratégias que precisam ser organizadas e estudadas a fundo (Vargas, 1996).

No cenário atual, observamos que a formação profissional não está mais exclusivamente focada na academia, considerando que, por vezes, a experiência tradicional de formação não supre todas as demandas para a constituição de profissionais, passando a ser compartilhada pelas organizações (Abreu, 2002). Sendo assim, muitos recursos e investimentos de tempo são despendidos na formação profissional. Mas como se desenvolve um *expert*? Além da área organizacional, esses questionamentos se expandem ao contexto educacional, esportivo, dentre outras áreas de formação de profissionais. Percebe-se uma lacuna na produção de materiais científicos redigidos na Língua Portuguesa, sendo assim, o objetivo deste trabalho é preencher esta lacuna através de uma revisão de literatura, ilustrando características históricas das investigações científicas sobre a formação de *experts*, destacando as contribuições da psicologia e da neurociência e realizando uma projeção de possíveis tendências de pesquisa para esta área.

2. Método

Para atingir o objetivo deste artigo, foi realizada uma revisão de literatura integrativa. Essa revisão incluiu artigos entre os anos de 1973 e 2015; os manuscritos foram obtidos por meio de buscas eletrônicas conduzidas nas seguintes bases de dados: *PubMed*, *ScienceDirect* e *Scielo*. Os termos “*Expert*”, “Alta Performance”, “Eletroencefalograma (EEG)” e “Psicofisiologia” foram pesquisados nas bases de dados de maneira individual e combinada nos idiomas Inglês e Português. Após esta etapa, verificou-se os resultados das buscas por meio da leitura dos títulos, resumos e palavras-chave. Foram selecionadas pesquisas que apresentavam pelo menos um dos seguintes critérios: a) Ter um número de citações maior que 300; b) Apresentar dados de desempenho cognitivo por meio de métodos quantitativos; c) Apresentar coleta de dados eletrofisiológicas com EEG; ou d) Utilizar delineamento de pesquisa comparativa entre *experts* e novatos, independentemente da área de *expertise*. De todos os artigos encontrados, foram lidos os resumos a fim de verificar a relevância do estudo baseado em nossos critérios.

3. As primeiras investigações sobre *experts*

No século XVI, acreditava-se que pessoas de destaque possuíam suas habilidades advindas de presentes divinos ou causas místicas, tornando-as especiais quando comparadas ao resto da população (Ericsson & Charness, 1994). Essa crença passou a sofrer alterações na Idade Média à medida que o desenvolvimento de *experts* baseou-se na relação entre mestre e aprendiz, através da prática de intercâmbio familiar em que crianças e jovens eram educados por outras famílias, com o objetivo de se tornarem *experts* em um ofício (Ericsson, 2006). No século XX, as universidades assumem o papel na formação de *experts*, mantendo a relação de aprendizagem vertical como principal mecanismo do desenvolvimento de *expertise*, porém, para se tornar um “mestre”, o aluno passa por processos acadêmicos formais e avaliativos (Sosa, 2007).

Embora todos os alunos passassem pela mesma formação, apenas alguns se destacavam devido seu desempenho acima da média. Assim, profissionais desenvolveram o interesse na criação de escolas com o objetivo de treinar sujeitos para alcançar o alto rendimento, tendo seu início na área esportiva devido à busca por destaque nos jogos olímpicos (Ericsson, 2006). Embora a principal concepção da origem de um *expert*, nessa época, está atribuída a capacidades inatas, a popularização desses centros de treinamento, “construindo *experts*”, atraiu a curiosidade da comunidade científica para aprofundar o conhecimento no processo do desenvolvimento de *expertise* (Ericsson, Roring, & Nandagopal, 2007).

A concepção sobre o talento inato foi lapidada através de estudos investigando o Quociente de Inteligência (QI) em irmãos gêmeos (Galton, 2000), onde apesar da similaridade biológica, os resultados dos testes de QI eram diferentes, sugerindo mesmo com a possibilidade de existir vantagens inatas, eram necessárias a prática e a aprendizagem para desenvolver *expertise* (Ericsson *et al.*, 1993). Esses foram os primeiros achados contribuintes na construção de uma teoria sobre a construção de um *expert* relacionada às multivariáveis durante o período de desenvolvimento (Plomin, Scheier, Bergeman, Pedersen, Nesselroade & McClearn, 1992).

As primeiras investigações relacionadas aos *experts* se preocupavam no estabelecimento de um mecanismo principal para o desenvolvimento de *expertise*. Destaca-se a importância da quebra da dicotomia entre o conceito de habilidades inatas e desenvolvimento por meio da estimulação ambiental. A atribuição da contribuição mútua dessas variáveis para a formação de um *expert* é o principal destaque desse período histórico, criando um marco na produção de conhecimento científico desta área. Dada a possibilidade da influência ambiental no desenvolvimento de habilidades, as próximas perguntas de pesquisa relacionavam-se a identificar métodos eficientes para desenvolver *expertises*, avaliar *expertises* de maneira confiável e investigar características comportamentais e cognitivas de um *expert*. Para responder tais questões, fez-se necessária a busca de colaborações advindas de outras áreas científicas para poder explorar com qualidade metodológica os caminhos para se tornar um *expert*, como a Psicologia e a Neurociência.

4. A Psicologia e os *experts*

No campo das ciências elencadas à compreensão do comportamento humano, como a Psicologia, os estudos sobre performance e diferenças individuais tornam-se pautas de grande visualização acadêmica e movimentam uma extensa gama de pesquisas desde as primeiras investigações a respeito de habilidades inatas (Neubauer & Fink, 2009). Dentre as principais contribuições científicas no estudo de *experts*, está o desenvolvimento do paradigma

experimental comparativo *Expert-Novice*, que tornou-se o mais comum em pesquisas com este fenômeno (Bedard & Chi, 1992; Niemi, 1997).

Através desse método e com o público alvo constituído por cientistas bem sucedidos, músicos famosos, gênios da matemática e campeões de xadrez, as primeiras pesquisas para descobrir o “segredo dos *experts*” contavam com a execução de testes relacionados à resolução de problemas, como a Torre de Hanói, e testes padronizados de inteligência geral, sugerindo que a inteligência fluida era uma característica essencial para tornar-se um *expert* (Chi, Feltovich, & Glasser, 1993). Outra grande contribuição da psicologia relaciona-se à utilização de testes psicológicos padronizados para diferenciar *experts* e novatos com o objetivo de dar robustez científica aos métodos de coleta de dados.

Na pesquisa realizada por Frydman & Lynn (1992), investigou-se o QI de 33 enxadristas, com diferentes níveis de habilidade e idade média de 11 anos. Os participantes tiveram suas habilidades em xadrez avaliadas pela escala e foram divididos em três grupos (N=11) de acordo com seus níveis no jogo (G1, G2 e G3). O QI foi avaliado através da versão francesa da Escala Wechsler de Inteligência para Crianças (WISC). Ao comparar os dados entre os grupos, não encontrou diferença estatisticamente significativa entre o QI médio nos diferentes níveis de habilidade em xadrez (G1= 131, G2= 132 e G3= 124). Apesar dos diferentes níveis de habilidades em xadrez não apresentarem alterações no QI, percebeu-se que a média geral dos enxadristas (M=129) está acima do escore considerado médio pelo WISC (M=90-109), sugerindo que jogadores de xadrez podem ter um alto QI, porém isso não representa uma variável significativa para se tornar um *expert*.

Outro experimento que utilizou procedimento semelhante (Bilalić, McLeod, & Gobet, 2007), avaliou de 57 enxadristas, com a média de idade de 10,7 anos e tempo médio de experiência com xadrez de quatro anos. A amostra foi classificada de acordo com suas perícias em xadrez e cada participante foi submetido à avaliação de inteligência com o WISC III. Esse estudo encontrou uma correlação moderada entre habilidades em xadrez e inteligência geral ($r = 0,55$, $p < 0,01$), porém, ao verificar os resultados específicos para um subgrupo de especialistas, observou-se que a inteligência não foi mais uma variável significativa no desenvolvimento de *experts* ($r = -0,29$, $p = 0,07$), mas sim a quantidade de horas praticadas ($r = 0,79$, $p < 0,01$).

A diferença de QI observada na comparação entre praticantes e não praticantes e a sua ausência na comparação entre praticantes e *experts* colabora na elaboração de hipóteses sobre o papel do QI no desenvolvimento de um *expert*. Percebe-se que um alto índice de QI pode influenciar na facilidade de aprendizagem de regras complexas, como no caso do xadrez, o que poderia reforçar a prática desse comportamento em meio ao sucesso da aprendizagem. Sendo assim, a diferença de QI possui impacto na aderência do indivíduo à realização da tarefa, porém apenas o alto índice deste escore não é suficiente para criar um *expert*, a prática da realização da tarefa assume um papel importante na transição de praticante à *expert*.

Assim como nos experimentos realizados com enxadristas, pesquisas envolvendo *experts* em futebol americano (Lyons, Hoffman, & Michel, 2009), música (Ericsson & Lehmann, 1996), jogadores de jogo do tabuleiro chinês (GO) (Masunaga & Horn, 2001) para grupos de diferentes profissões (Schmidt & Hunter, 2004) não encontraram diferença significativa entre o QI de praticantes e *experts*. Sugere-se que especializar-se em uma atividade não causa obrigatoriamente um impacto significativo no aumento de QI, porém sujeitos com um QI maior podem ter facilidade na aquisição de *expertises*, isto provoca um aumento na probabilidade da prática de modalidades complexas, mas não garante que ele se tornará um *expert* (Ericsson & Charness, 1994; Ericsson et al., 2007).

Embora a utilização de instrumentos de avaliação psicológica tradicional aumente a cientificidade metodológica para produzir conhecimento sobre as características relevantes para se tornar um *expert*, percebe-se que as medidas tradicionais da época não apresentaram sensibilidade para diferenciar esta população. Sendo assim, seria necessário utilizar os critérios do desenvolvimento de instrumentos de avaliação psicológica aceitos pela comunidade científica, porém adaptar sua forma de avaliação para conseguir diferenciar *experts*.

Nesse cenário, surgem hipóteses sugerindo que o desempenho adquirido por um *expert* era tão específico da sua modalidade que dificilmente seria extrapolado para outras habilidades (Ericsson, 2004). Essa “transferência” de habilidades ocorreria apenas se a essência da tarefa fosse semelhante, ou seja, a habilidade desenvolvida pelo *expert* era dependente de um contexto semelhante para poder se manifestar da maneira adequada (Ericsson & Williams, 2007).

Na pesquisa realizada por Unterrainer, Kaller, Halsband, & Rahm (2006), comparou-se jogadores de xadrez profissionais (n=25) com inexperientes (n=25) durante a resolução da Torre de Londres, jogo relacionado com a habilidade de planejamento (Phillips, Wynn, McPherson, & Gilhooly, 2001; Ward & Allport, 1997), em diferentes níveis de dificuldade. Observou-se que os jogadores de xadrez profissionais tiveram maior acurácia na resolução do desafio (F= 16,13, p<0,01) e este resultado manteve-se com o aumento da dificuldade (F= 37.85, p<0,01), porém este público demorou mais tempo durante o período de planejamento (F= 39,14, p<0,01) quando comparado ao grupo de inexperientes. Não foi encontrada diferença significativa (p>0,05) nos escores de QI ao comparar os enxadristas (M=28.56) com os não experientes (M=28.6).

Resultados como esse sustentam a hipótese da especificidade da transferência de habilidades de um *expert*. A resolução da Torre de Londres recruta processos cognitivos semelhantes aos requeridos no xadrez, inclusive mantendo um contexto semelhante de planejar as etapas para alcançar um objetivo. Nesse caso, a essência semelhante entre as tarefas possibilitou a transferência de parte da *expertise* adquirida por meio do xadrez. Essa mesma relação não foi observada no teste de QI, pois embora seja uma tarefa que necessite de raciocínio lógico, possui características muito diferentes do xadrez.

Através de medidas comumente utilizadas pela psicologia (tempo de reação e porcentagem de acertos), o primeiro experimento que conseguiu discriminar *experts* de novatos foi realizado por Groot (2008). Em sua pesquisa, era apresentado um tabuleiro de xadrez com peças posicionadas para representar uma partida em andamento, a fim de questionar jogadores quanto a melhor jogada possível, dada a configuração da partida. Através da comparação da velocidade de resposta e taxa de acerto, percebeu-se que essa tarefa foi capaz de discriminar com maior eficiência jogadores *experts* de amadores, do que o nível de QI. Essa modalidade de avaliação de *experts* ficou conhecida como tarefa representativa, sendo definida como tarefas que devem capturar a essência das *expertises* de modo que abordem as especificidades de cada modalidade a ser analisada (Ericsson & Williams, 2007).

A criação de tarefas representativas com sensibilidade para avaliar *experts* é um marco importante nas contribuições da psicologia nesta área de pesquisa. O desenvolvimento de paradigmas capazes de explorar o desempenho de *experts* abre a possibilidade para estudos em laboratório, permitindo o controle de variáveis e aumentando a fidedignidade dos dados coletados (Ericsson & Charness, 1994).

Com o início do desenvolvimento de paradigmas representativos os pesquisadores Chase & Simon (1973) deram início aos estudos sobre os processos cognitivos envolvidos com o desempenho de um *expert*, com ênfase na capacidade mnemônica. Os sujeitos, divididos de acordo com o nível de habilidade em xadrez, realizaram tarefas de memória e percepção com as peças distribuídas de maneira aleatória e simulando uma partida em andamento. A primeira tarefa

consistia na apresentação de configurações de peças durante cinco segundos, com o objetivo de memorizá-las e reproduzir a configuração do tabuleiro, tomando o tempo que fosse necessário. Na segunda atividade o sujeito era apresentado a dois tabuleiros de xadrez, sendo o primeiro constituído com uma configuração de 28 peças e o segundo em branco. O participante deveria observar e reproduzir a configuração das peças o mais rápido e preciso. Os resultados desses experimentos mostraram que o desempenho dos jogadores experientes foi superior apenas durante a reconstituição de jogadas reais, sugerindo que a diferença cognitiva não estava relacionada à quantidade de informação armazenada na memória de trabalho, mas sim nos padrões e informações da memória de longo prazo.

Com esses achados, elaborou-se a primeira teoria referente ao funcionamento cognitivo dos *experts* (Chase & Simon, 1973). A Teoria dos *Chunks*, como ficou conhecida, sugere que jogadores experientes utilizam a memória de curto prazo para se apropriar da configuração do tabuleiro, porém seu desempenho torna-se superior apenas quando são pautadas pelo reconhecimento de padrões, ou seja, pelo conteúdo armazenado de sua memória de longo prazo. Deste modo, pode-se inferir que *experts* em xadrez não possuem uma habilidade cognitiva extraordinária, mas detém a capacidade de reconhecer *chunks* (padrões de informação), desenvolvidas com base em um banco de dados de inúmeras experiências adquiridas ao longo de seus anos de prática.

Embora esta teoria forneça indícios sobre o mecanismo cognitivo dos *experts*, forma-se uma lacuna sobre os processos que ocorrem como disparadores da evocação da informação armazenada na memória de longo prazo. Essa questão foi investigada a partir de um experimento realizado por Chase & Ericsson (1982), em que os pesquisadores treinaram a capacidade de armazenamento de informações de um sujeito durante dois anos (264 sessões, totalizando em média 300 horas). Os resultados desse experimento fomentaram o desenvolvimento da Teoria da Memória de Trabalho de Longo Prazo (Ericsson & Kintsch, 1995), sugerindo que a performance de um *expert* é baseada na recuperação de informações por meio de pistas ambientais através da associação de comportamentos armazenados a estímulos específicos de um contexto, onde estes conteúdos seriam administrados pela memória de trabalho que desenvolveria um método de codificação e acesso à informação.

Após o desenvolvimento dessa teoria, o interesse de pesquisa em torno dos *experts* voltou-se aos mecanismos de rastreamento de pistas ambientais. Nessas pesquisas o interesse estava em mapear quais eram as informações relevantes para cada modalidade e se os ensinamentos destas buscas visuais poderiam aprimorar o desempenho de amadores. Além das evidências sobre o funcionamento cognitivo de *experts* outros pesquisadores se interessaram em realizarem mapeamento dos processos que ocorrem durante a execução de uma atividade e a ocorrência do fenômeno, mensurando informações sobre a fixação ocular e protocolos de registro verbal (Ericsson & Lehmann, 1996). Apesar da especificidade de cada *expert*, os experimentos encontraram algumas características gerais entre eles. (Chi, 2006) (Quadro 01).

Sendo assim, um *expert* é caracterizado pela manifestação voluntária e interdependente das características que o destaca na realização de uma tarefa, onde os padrões de alto desempenho são executados de maneira automatizada, na medida que estão armazenados na memória de longo prazo e são evocados pela memória de trabalho a partir da detecção de padrões, pistas ou estímulos-alvo (Ericsson & Towne, 2010).

Grande parte das contribuições da psicologia no estudo de *experts* está vinculada aos métodos de avaliação e de discriminação de *experts* e amadores, porém as contribuições da ciência do comportamento não se limitaram a identificação de *experts*. Além das formas de identificação de talentos, parte dos estudos da psicologia se preocupou em investigar as condições

ideais para o desenvolvimento de *expertise*, tendo como sua principal descoberta a utilização da prática deliberada.

Quadro 01: Principais manifestações comportamentais de *experts*.

Fonte: Conteúdo adaptado (Chi, 2006, p.167).

Principais características que destacam <i>experts</i>	Comportamento observável
Elaborar a melhor resposta	Produzir respostas mais adequadas e rápidas com grande frequência.
Detectar e reconhecer padrões	Reconhecer padrões, características, pistas e configurações camufladas.
Analisar qualitativamente	Desenvolver representações mentais dos problemas para analisá-los fora do contexto, sob diversas estratégias.
Monitorar o desempenho	Realizar um automonitoramento acurado, detectando facilmente um possível erro antes de acontecer.
Implementar estratégias eficazes	Escolher a estratégia mais apropriada para a resolução de problemas.
Adaptar-se às oportunidades	Fazer o uso da informação disponível, mesmo que não seja suficiente, para completar a tarefa.
Esforçar-se cognitivamente	Resolver desafios utilizando apenas as informações necessárias, ocasionando em um esforço cognitivo mínimo.

Estudos que investigaram a rotina de treinamento dos *experts* sugerem que a aquisição de habilidade se dá através da execução de treinos específicos que vão além do acúmulo de horas. Os treinamentos de indivíduos que se tornavam *experts* estavam pautados em métodos voltados à resolução de problemas e repetições com auxílio de feedbacks ou indicadores para visualização da qualidade de treino, método que ficou denominado como prática deliberada (Ericsson *et al.*, 1993; Ericsson, 2004).

Embora alguns autores encontrem correlações positivas com diferentes níveis de habilidades e a quantidade de horas praticadas (Bilalić *et al.*, 2007; de Bruin, Smits, Rikers, & Schmidt, 2008; Meinz & Hambrick, 2010), a necessidade de um longo período de tempo de prática deliberada não está comprovada como suficiente, sendo preciso uma análise aprofundada sobre a microestrutura da atividade, verificando se o treino destas tarefas específicas culminam os aspectos da performance almejada (Campitelli & Gobet, 2011). A compreensão dessas microestruturas gera uma revolução nos modos de treinamentos de iniciantes ou aspirantes, pois passam a conhecer diretamente as melhores técnicas e conhecimentos fundamentais, sem a necessidade de redescobrir uma série de fenômenos e etapas comuns a todos *experts* (Ericsson, 2005).

As contribuições da psicologia ao estudo de *experts* trouxeram importantes marcos para esta área de pesquisa científica. Os mecanismos de avaliação de *expertises*, bem como a exploração de métodos de identificação e desenvolvimento de *experts* apresentaram um salto significativo na produção de conhecimento científico. Com o início do desenvolvimento das primeiras teorias sobre o funcionamento cognitivo de *experts*, os estudos seguintes preocuparam-se em compreender a atuação dos processos cognitivos durante a manifestação dos padrões comportamentais de um *expert*. Para investigar a articulação entre os processos cognitivos, utilizou-se métodos derivados da neurociência, como o eletroencefalograma, que permitem investigar os padrões de atividade elétrica do cérebro com boa resolução temporal.

5. O cérebro dos *experts*

Devido ao avanço tecnológico e o desenvolvimento de métodos não invasivos de monitoramento do sistema nervoso (SN), a avaliação e previsão de performance por via da identificação de parâmetros psicofisiológicos assumem um papel importante na investigação do alto rendimento (Takase, 2005). Recursos como eletroencefalograma (EEG) associados a dados subjetivos (escalas e questionários) e comportamentais fornecem *insights* sobre *experts* através da busca de marcadores psicofisiológicos correlacionáveis com o desempenho (Fronso, Bortoli, Mazzoni, Robazza, & Bertollo, 2013; Paulus *et al.*, 2009).

O desenvolvimento de biomarcadores registrados por EEG permite acesso direto ao funcionamento elétrico do sistema nervoso central (SNC), abrindo a possibilidade do desenvolvimento de métodos de treinamento que almejam o desempenho máximo, provocando alterações diretas no estado mental, além de fornecer novas evidências para compreender o funcionamento cognitivo de sujeitos com diferentes níveis de performance (Sherlin, Larson, & Sherlin, 2013; Vernon *et al.*, 2003).

A aquisição de dados com EEG costuma ser realizada em períodos pré e pós-tarefa, a fim de evitar artefatos musculares no sinal (Thompson, Steffert, Ros, Leach, & Gruzelier, 2008). A análise dos dados de EEG é realizada através da mensuração da modulação dos ritmos da atividade elétrica do cérebro. Esses são classificados de acordo com a faixa de frequência, sendo as principais bandas delta (0,1-4Hz), theta (4-8Hz), alfa (8-12Hz), SMR (12-15Hz), beta (15-40Hz) e gamma (maior que 40Hz), através das alterações em cada faixa de frequência pode-se realizar inferências sobre o funcionamento mental de sujeitos com diferentes níveis de habilidades (Kaiser, 2007).

A utilização de recursos de imageamento cerebral é a principal contribuição da Neurociência na investigação de diferenças entre novatos e *experts*. Os achados mais comuns na área de pesquisa neurocientífica com *experts* relacionam a performance automatizada de um *expert* com a modulação nas faixas de menor frequência, com ênfase nas ondas alfa como biomarcador da ótima performance (Nakata, Yoshie, Miura, & Kudo, 2010).

No experimento realizado por Harung, Travis, Pensgaard, Boes, & Daley (2011) foram comparados 33 atletas olímpicos da Noruega, com no mínimo dez premiações nas últimas competições mundiais, ativos nos últimos cinco anos e com mais de 25 anos de idade, com um grupo de atletas amador. Os sujeitos realizaram uma tarefa de tempo de reação simples (TR) enquanto tinham as ondas cerebrais monitoradas por um equipamento de EEG. Como resultado, a análise de EEG, durante a execução da tarefa de TR, demonstrou que os atletas olímpicos apresentaram mais coerência na faixa *broadband* (6-45Hz), nas regiões f3-f4 ($M= 0,321$) e maior valor na razão Alfa/Gamma nas regiões Fz e Cz ($M= 2,65$), quando comparados ao grupo controle (Coerência média = 0,210 e Alfa/Gamma = 1,4), ambos com $p<0,01$. Esses resultados sugerem que o cérebro dos *experts* possui maior integração nas áreas frontais e também o predomínio do ritmo Alfa mais acentuado quando comparado aos atletas amadores.

Alterações no funcionamento das ondas alfa como marcadores psicofisiológicos relacionados a *experts* também foram observadas na pesquisa de Haufler, Spalding, Santa Maria, & Hatfield (2000), em que atiradores profissionais foram comparados a amadores durante a execução de tiros. Os dados sugerem um aumento na amplitude das bandas alfa (10-11Hz) no hemisfério esquerdo durante o período de preparação dos tiros. Resultados semelhantes foram observados em um estudo com atiradores de rifle *experts* e amadores (Janelle *et al.*, 2000), em que os atletas também tiveram o EEG monitorado durante o período de preparação do tiro. Os

experts apresentaram maiores amplitudes nas bandas alfa (8-13Hz) e beta (14-20Hz) no hemisfério esquerdo quando comparado ao direito, os atletas amadores também apresentaram este padrão, porém com uma menor diferença entre os hemisférios.

O aumento na amplitude do ritmo alfa observado em *experts* relaciona-se com a especificidade de conexões neurais utilizadas para a resolução da tarefa. Durante a execução de uma atividade, os *experts* inibem a ativação cortical responsável pelo processamento de estímulos que não estão relacionados à tarefa (distratores), acionando apenas as regiões responsáveis pela execução da tarefa. O fato de recrutar poucas regiões em função do grau de automatização do processo, faz com que o gasto de energia seja reduzido e o ritmo de oscilação do cérebro se torne mais lento (Deeny, Haufler, Saffer, & Hatfield, 2009). Assim como nos estudos citados anteriormente, a relação entre alfa e o desempenho de *experts* é observada em outros estudos semelhantes (Jaušovec, 1997, 2000; Loze, Collins, & Holmes, 2001; Radlo, Steinberg, Singer, Barba, & Melnikov, 2002).

Embora o ritmo alfa seja comumente relacionado ao público *expert*, outras faixas de frequência que vêm sendo exploradas pela comunidade científica, como o caso do ritmo theta (4-7Hz). Estudos recentes como os de Doppelmayr, Finkenzeller, & Sauseng (2008) investigaram esse ritmo durante a fase de preparação do tiro, comparando atiradores profissionais e amadores. Os resultados sugerem que *experts* apresentaram um aumento significativo ($p < 0,05$) na amplitude das ondas theta na região frontal (Fz) no intervalo entre -1000ms e -500ms precedentes ao tiro quando comparado aos amadores. Esses achados inferem que durante o período de mira os *experts* apresentam um desempenho controlado iniciado por um processo atencional (*top-down*) com base nas diversas informações armazenadas no seu sistema nervoso, através de sua prática ao longo de anos.

Embora mais de uma faixa de frequência possua relação com a manifestação de um desempenho de excelência, compreende-se que mais de um padrão pode ser observado durante a execução do comportamento de um *expert*, já que tradicionalmente as pesquisas envolvendo EEG são restritas a faixas de frequência específica, não realizando análises de todas as frequências. As alterações observadas nas ondas alfa, presentes nos *experts*, indicam a inibição do processamento de estímulos irrelevantes enquanto outros processamentos prioritários estão engajados na execução do desempenho, como uma realocação de recursos desnecessários (Klimesch, 1999), enquanto a modulação das ondas theta frontal, a qual possui relação com o funcionamento do córtex cingulado anterior (Asada, Fukuda, Tsunoda, Yamaguchi, & Tonoike, 1999), sugere uma execução voluntária guiada por objetivos (processamento atencional *top-down*) (Buschman & Miller, 2007).

Por meio da busca de biomarcadores relacionados à execução do alto desempenho de *experts*, percebe-se a complexidade de circuitos neurais atuando de maneira interdependente para a execução do comportamento de um *expert*. Neste caso, ressalta-se a relevância da utilização de tecnologias de imageamento cerebral no aprimoramento das hipóteses sobre o funcionamento cognitivo em *experts*, já que as medidas comportamentais clássicas registradas por meio de protocolos representativos (tempo de reação e número de erros) podem não abarcar com profundidade a complexa dinâmica de processos cognitivos relacionados à produção do padrão comportamental observado.

Além das investigações sobre alterações em faixas de frequência, outros estudos que investigam a hipótese da redução do gasto energético do cérebro de *experts*, sugerem que a automatização de um repertório comportamental reduz o gasto energético necessário para a execução das *expertises*, formando uma teoria conhecida como eficácia neural (Neubauer & Fink, 2009). A eficácia neural foi teorizada pela primeira vez durante um experimento em que sujeitos

realizaram um teste de inteligência antes e após um treinamento (Haier *et al.*, 1988). Observou-se uma relação entre a diminuição da ativação da região cerebral responsável pela tarefa com o ganho de habilidades para a resolução da mesma, através da tomografia por emissão de pósitrons (PET). Posteriormente, realizou-se outro experimento (Haier, Siegel, Tang, Abel, & Buchsbaum, 1992) para sustentar essa hipótese, porém, além do momento de resolução, a aprendizagem também foi monitorada. Os resultados sugerem que o consumo energético do comportamento diminui com a prática, assim como os melhores aprendizes dispenderam menos energia para aprender uma tarefa.

Embora essa teoria seja elaborada a partir de dados da PET, ela também foi investigada através do EEG. Devido ao importante papel do ritmo alfa na produção de respostas de um *expert*, à velocidade e à energia requeridas para a excitação desta faixa de frequência, evento conhecido como a dessincronização relacionadas a eventos (ERD), também foram investigadas sob a hipótese de que os *experts* apresentariam menor gasto energético durante a dessincronização da faixa de frequência alfa (Grabner, Fink, Stipacek, Neuper, & Neubauer, 2004; Neubauer & Fink, 2003).

Esse efeito foi observado na pesquisa realizada por Neubauer, Freudenthaler, & Pfurtscheller (1995), onde 60 sujeitos que foram separados em dois grupos de acordo com seu escore de QI foram submetidos a tarefas de confirmação de compreensão e de trilhas em que deveriam ver se o que aparecia estava correto ou incorreto. Durante a coleta de dados os sujeitos foram monitorados com EEG (com 17 canais). Os resultados sugerem que os sujeitos do grupo com maior QI tiveram menor ERD durante a tarefa ($p < 0,01$). Resultado semelhante foi observado em um estudo que comparou dançarinas experientes e não experientes durante a visualização de vídeos de dança profissionais e amadores (Orgs, Dombrowski, Heil, & Jansen-Osmann, 2008). Os dados sugerem que apenas o grupo formado por *expert* exibiu a modulação da ERD ($p < 0,05$) durante a visualização dos vídeos profissionais, enquanto nos vídeos amadores ambos os grupos tiveram a modulação. Em bailarinas esse efeito também foi observado durante o julgamento de performances adequadas ou erradas (Babiloni *et al.*, 2009).

Essas diferenças na ERD também foram observadas em atletas de elite em caratê (Del Percio *et al.*, 2009) e jogadores de xadrez experientes (Grabner, Neubauer, & Stern, 2006). Esta outra característica de funcionamento do ritmo alfa sugere uma eficiência na integração do processamento sensorio motor com os processos cognitivos associados a comportamentos guiados por objetivos, promovendo um menor gasto energético para a execução de uma tarefa planejada (Del Percio *et al.*, 2009). Percebe-se que embora seja uma abordagem de processamento de dados diferente, esses resultados colaboram para a compreensão sobre o funcionamento cognitivo de *experts* a medida que adiciona mais informações sobre os processos envolvidos para a produção dos ritmos e suas possíveis funcionalidades durante a execução de uma tarefa.

As pesquisas em neurociência presentes neste trabalho, mostram que o resultado de um ótimo desempenho é composto de complexas adaptações cognitivas e fisiológicas perante estímulos familiares. Estas, quando treinadas, tornam-se eficientes e, conseqüentemente, possuem uma redução no gasto energético para a execução do comportamento, sugerindo que eficiência e adaptação são características dos *experts* (Haufler *et al.*, 2000). Sendo assim, a utilização de métodos de investigação psicofisiológicos demonstra-se promissora, permitindo uma abordagem robusta no estudo de processos relacionados à execução do alto desempenho (Grabner, 2014).

As principais contribuições da Neurociência vinculam-se à utilização de ferramentas metodológicas robustas durante a coleta de dados, que permitem extrapolar as hipóteses sobre o funcionamento cognitivo de *experts* através da observação dos padrões complexos de atividade

cerebral que ocorrem simultaneamente durante a execução de uma tarefa. Essa contribuição é extremamente relevante, pois permite a visualização de múltiplos circuitos neurais e seus impactos particulares para a produção de um desempenho de excelência. Além disso, os estudos com EEG permitem a compreensão do “porquê” da manifestação de certos padrões comportamentais.

6. Tendências futuras de pesquisa

Neste estudo, observou-se que as investigações acerca do processo de desenvolvimento de um *expert* surgem no início da civilização e que, embora sejam antigas, ainda há muitas lacunas para serem preenchidas para a compreensão deste fenômeno. Além disso, destaca-se a relevância de cada período histórico e suas contribuições na construção de conhecimento científico sobre este tema (Quadro 2). Percebe-se que a complexidade das perguntas de pesquisa segue uma linha lógica que permeou o trabalho de diferentes gerações de pesquisadores, ao mesmo tempo que estas perguntas se aperfeiçoaram de acordo com o avanço metodológico e tecnológico da época.

Embora a produção de conhecimento científico sobre *experts* já tenha reunido um número significativo de evidências, este campo possui tendências para pesquisas guiadas pelo desenvolvimento neurocientífico e tecnológico que tornam a área rica para o investimento de pesquisadores. Essa é uma das primeiras tendências destacadas por este trabalho. A partir dos resultados encontrados, percebe-se que o conceito das principais características de um *expert* sofreu alterações ao longo do tempo, tendo sua primeira concepção como um presente divino, modernizando-se junto à ciência através de investigações a respeito do funcionamento do cérebro. Sendo assim, o uso de tecnologias para monitoramento do sistema nervoso torna-se uma tendência que deve permanecer em alta nesta área de pesquisa.

A utilização de neurotecnologias deve possuir continuidade devido a compreensão das alterações nos outros ritmos cerebrais, além do ritmo alfa, uma vez que todos os ritmos cerebrais atuam em conjunto, a análise em diferentes momentos da manifestação comportamental de um *expert* pode fornecer *insights* sobre o papel dos outros ritmos cerebrais na produção de um desempenho de excelência. Para explorar outros momentos da manifestação comportamental de um *expert* outra tendência metodológica na investigação desta área concentra-se no aperfeiçoamento dos métodos de avaliação representativa.

O avanço na produção de tecnologias de realidade virtual de baixo custo torna essa ferramenta tecnológica uma fronteira aos estudos com *experts*. Através de paradigmas de simulação imersiva, pode-se recriar com grande precisão a experiência do ambiente natural do *expert*. Além da imersão, a criação e utilização de recursos de realidade virtual, permitem a redução dos artefatos durante o registro da atividade elétrica do cérebro. Essa tendência permite trazer um aumento significativo na experiência do usuário na hora da avaliação bem como viabiliza a exploração de ferramentas de monitoramento do sistema nervoso sem perder a qualidade dos dados coletados.

Além da tendência de explorar novos métodos de avaliação e de mensuração de desempenho por meio de tecnologias, os métodos de intervenção para o desenvolvimento de *expertise* também apresentam fortes influências do avanço tecnológico. Uma das técnicas que está repercutindo no campo de desenvolvimento de *experts* é o Neurofeedback. Esta modalidade de intervenção consiste no monitoramento do cérebro em tempo real, onde são treinadas a produção de diferentes estratégias cognitivas a fim de modular a atividade elétrica cerebral. Quando o indivíduo produz o padrão correto, ele recebe um *feedback* através de tarefas lúdicas e inicia-se um processo para que ele possa desenvolver estratégias cognitivas relacionadas à

produção de um padrão de atividade elétrica cerebral que repercute em alterações de desempenho (Gruzelier, Egner, & Vernon, 2006; Gruzelier, 2014; Vernon *et al.*, 2003).

Quadro 02: Principais contribuições na produção de conhecimento científico sobre *experts*.

Fonte: Dados da pesquisa.

Área do conhecimento	Principais temas de pesquisa	Principais contribuições científicas
Primeiros Estudos sobre <i>experts</i>	-Dualidade entre características inatas e aprendidas de um <i>expert</i> .	-Desenvolvimento de um modelo sobre o progresso de <i>experts</i> que considera características biológicas e habilidades obtidas por meio da estimulação ambiental.
Contribuições históricas da Psicologia	-Métodos para o desenvolvimento de <i>expertises</i> . -Avaliação de <i>expertise</i> de maneira fidedigna. -Padrões de manifestações comportamentais de <i>experts</i> . -Teorias sobre o funcionamento cognitivo de <i>experts</i> .	-Formalização do método comparativo <i>expert-novice</i> como principal <i>design</i> experimental de investigação de <i>experts</i> . -Criação de tarefas representativas para avaliações fidedignas de <i>expertise</i> . -Elaboração das primeiras teorias sobre o funcionamento cognitivo de <i>experts</i> . -Atribuição de relevância à prática deliberada para o desenvolvimento de <i>expertise</i> .
Contribuições da Neurociência	-Comparação da diferença da atividade cerebral entre <i>experts</i> e novatos.	-Descoberta de biomarcadores correlacionáveis com o alto desempenho de <i>experts</i> . - <i>Insights</i> sobre futuros métodos de avaliação de <i>experts</i> através de tecnologias de imageamento cerebral. -Aperfeiçoamento das teorias sobre o funcionamento cognitivo de <i>experts</i> com base na atividade elétrica cerebral.

Outra tendência que vem sendo utilizada para o aprimoramento de desempenho cognitivo é a intervenção por meio de técnicas de neuromodulação através de tecnologia, como o tDCS (Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua). Este método estimula regiões específicas do cérebro com correntes elétricas de baixa intensidade que provoca uma facilitação da ativação da região, otimizando o gasto energético para executar os processos cognitivos requeridos para melhorar o desempenho observável (Costa, Lapenta, Boggio, & Ventura, 2015; Martin, Liu, Alonzo, Green, Player, Sachdev, & Loo, 2013; Parasuraman & McKinley, 2014).

Embora estas intervenções já apresentem resultados positivos na comunidade científica, ainda existem poucos centros de desenvolvimento de *experts* que empregam esses métodos no Brasil. A principal hipótese para esta escassez de instituições relaciona-se com o alto custo de importação das tecnologias bem como o alto investimento para uma formação de qualidade para a execução destes métodos de maneira eficiente.

7. Considerações finais

Ao realizar esta revisão de literatura sobre *experts*, percebe-se a ausência da produção de material científico na Língua Portuguesa, tornando a produção deste material um ponto de partida para quem deseja realizar pesquisas sobre este fenômeno. Percebe-se que todos os períodos apresentados neste trabalho apresentaram contribuições significativas na compreensão do desenvolvimento de um *expert*, e estas caminharam em conjunto com o avanço metodológico e tecnológico de cada período e área de conhecimento científico.

As tendências de pesquisa neste campo estão vinculadas ao aprimoramento do uso de tecnologias de monitoramento do sistema nervoso para avaliação e compreensão dos processos cognitivos em *experts*, bem como no desenvolvimento de métodos de treinamento baseados em intervenções que interferem no funcionamento do sistema nervoso. Conclui-se que a área de pesquisa científica sobre este tema é um campo a ser aprofundado, tendo em vista os incentivos e investimentos para o desenvolvimento de *experts*, dado grandes eventos esportivos internacionais sediados no Brasil, tais como as Olimpíadas do Rio de 2016. Vale ressaltar que os protocolos de pesquisa e os métodos para desenvolvimento de *expertises* podem ser extrapolados para a formação de *experts* de diversas áreas além do esporte, justificando a importância de pesquisas científicas nesta área.

7. Referências

Abreu, A. F. D., Gonçalves, C. M., & Pagnozzi, L. (2002). Tecnologia da Informação e Educação Corporativa: contribuições e desafios da modalidade de ensino-aprendizagem a distância no desenvolvimento de pessoas. *Revista PEC*, 3(1), 47-58.

Asada, H., Fukuda, Y., Tsunoda, S., Yamaguchi, M., & Tonoike, M. (1999). Frontal midline theta rhythms reflect alternative activation of prefrontal cortex and anterior cingulate cortex in humans. *Neuroscience Letters*, 274(1), 29–32. Recuperado em 18 fevereiro, 2016, de [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(99\)00679-5](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(99)00679-5)

Babiloni, C., Del Percio, C., Rossini, P. M., Marzano, N., Iacoboni, M., Infarinato, F., ...Eusebi, F. (2009). Judgment of actions in experts: A high-resolution EEG study in elite athletes. *NeuroImage*, 45(2), 512–521. Recuperado em 26 janeiro, 2016, de <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.11.035>

Bedard, J., & Chi, M. T. H. (1992). Expertise. *Current Directions in Psychological Science*, 1(4), 135–139.

Bilalić, M., McLeod, P., & Gobet, F. (2007). Does chess need intelligence? - A study with young chess players. *Intelligence*, 35(5), 457–470. Recuperado em 22 janeiro, 2016, de <https://doi.org/10.1016/j.intell.2006.09.005>

Buschman, T. J., & Miller, E. K. (2007). Top-Down Versus Bottom-Up Control of Attention in the Prefrontal and Posterior Parietal Cortices. *Science*, 315, 1860–1862. Recuperado em 09 março, 2016, de <https://doi.org/10.1126/science.1138071>

Campitelli, G., & Gobet, F. (2011). Deliberate Practice: Necessary But Not Sufficient. *Current Directions in Psychological Science*, 20(5), 280–285. Recuperado em 12 janeiro, 2016, de <https://doi.org/10.1177/0963721411421922>

Chase, W. G., & Ericsson, K. A. (1982). Skill and Working Memory. *The Psychology of Learning and Motivation*, 1(1), 1–51.

Chase, W. G., & Simon, H. a. (1973). Perception in chess. *Cognitive Psychology*, 4(1), 55–81. Recuperado em 14 janeiro, 2016, de [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(73\)90004-2](https://doi.org/10.1016/0010-0285(73)90004-2)

Chi, M. T. H. (2006). Two approaches to the study of experts' characteristics. In K. A. Ericsson, N. Charness, P. J. Feltovitch, & R. R. Hoffman (Eds.), *The Cambridge handbook of expertise and expert performance* (1st ed., pp. 21–30). New York: Cambridge University Press. Recuperado em 18 janeiro, 2016, de <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816796.002>

Chi, M. T. H., Feltovich, P. J., & Glasser, R. (1993). Experts' VS. Novices' Knowledge. *Cognitive Science*, 5(42), 121–152.

Costa, T. L., Lapenta, O. M., Boggio, P. S., & Ventura, D. F. (2015). Transcranial direct current stimulation as a tool in the study of sensory-perceptual processing. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 77(6), 1813–1840. Recuperado em 08 junho, 2016, de <https://doi.org/10.3758/s13414-015-0932-3>

de Bruin, A. B. H., Smits, N., Rikers, R. M. J. P., & Schmidt, H. G. (2008). Deliberate practice predicts performance over time in adolescent chess players and drop-outs: a linear mixed models analysis. *British Journal of Psychology*, 99, 473–497. Recuperado em 14 janeiro, 2016, de <https://doi.org/10.1348/000712608X295631>

Deeny, S. P., Haufler, A. J., Saffer, M., & Hatfield, B. D. (2009). Electroencephalographic coherence during visuomotor performance: a comparison of cortico-cortical communication in experts and novices. *Journal of Motor Behavior*, 41(2), 106–116. Recuperado em 04 fevereiro, 2016, de <https://doi.org/10.3200/JMBR.41.2.106-116>

Del Percio, C., Babiloni, C., Marzano, N., Iacoboni, M., Infarinato, F., Vecchio, F., ... Eusebi, F. (2009). "Neural efficiency" of athletes' brain for upright standing: A high-resolution EEG study. *Brain Research Bulletin*, 79(3–4), 193–200. Recuperado em 12 fevereiro, 2016, de <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2009.02.001>

Doppelmayr, M., Finkenzeller, T., & Sauseng, P. (2008). Frontal midline theta in the pre-shot phase of rifle shooting: Differences between experts and novices. *Neuropsychologia*, 46(5), 1463–1467. Recuperado em 28 janeiro, 2016, de <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.12.026>

Ericsson, K. A. (2004). Deliberate practice and the acquisition and maintenance of expert performance in medicine and related domains. *Academic Medicine : Journal of the Association of American Medical Colleges*, 79(10), 70–81. Recuperado em 09 janeiro, 2016, de <https://doi.org/10.1097/00001888-200410001-00022>

Ericsson, K. A. (2005). Recent advances in expertise research: A commentary on the contributions to the special issue. *Applied Cognitive Psychology*, 19(2), 233–241. Recuperado em 18 de janeiro, 2016, de <https://doi.org/10.1002/acp.1111>

Ericsson, K. A. (2006). An introduction to Cambridge handbook of expertise and expert performance: Its development, organization, and content. In K. A. Ericsson, N. Charness, P. J. Feltovitch, & R. R. Hoffman (Eds.), *The Cambridge handbook of expertise and expert performance* (1st ed., pp. 3–19). New York: Cambridge University Press.

Ericsson, K. A., & Charness, N. (1994). Expert performance: Its structure and acquisition. *American Psychologist*, 49(8), 725–747. Recuperado em 07 janeiro, 2016, de <https://doi.org/10.1037/0003-066X.50.9.803>

Ericsson, K. A., Kampe, R. T., & Tesch-Romer, C. (1993). The Role of Deliberate Practice in the Acquisition of Expert Performance. Recuperado em 09 janeiro, 2016, de *Psychological Review*, 100(3), 363–406.

Ericsson, K. A., & Lehmann, A. C. (1996). Expert and exceptional performance: evidence of maximal adaptation to task constraints. *Annual Review of Psychology*, 47, 273–305. Recuperado em 12 janeiro, 2016, de <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.47.1.273>

Ericsson, K. A., Roring, R. W., & Nandagopal, K. (2007). Giftedness and evidence for

reproducibly superior performance: an account based on the expert performance framework. *High Ability Studies*, 18(1), 3–56. Recuperado em 22 janeiro, 2016, de <https://doi.org/10.1080/13598130701350593>

Ericsson, K. A., & Towne, T. J. (2010). Expertise. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 1(3), 404–416. Recuperado em 22 janeiro, 2016, de <https://doi.org/10.1002/wcs.47>

Ericsson, K. A., & Williams, A. M. (2007). Capturing naturally occurring superior performance in the laboratory: translational research on expert performance. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 13(3), 115–123. Recuperado em 18 janeiro, 2016, de <https://doi.org/10.1037/1076-898X.13.3.115>

Ericsson, K. a, & Kintsch, W. (1995). Long-term working memory. *Psychological Review*, 102(2), 211–245. Recuperado em 07 janeiro, 2016, de <https://doi.org/10.1037/0033-295X.102.2.211>

Fronso, S. di, Bortoli, L., Mazzoni, K., Robazza, C., & Bertollo, M. (2013). Monitoraggio psicofisiologico nello sport. *Giornale Italiano Di Psicologia Dello Sport*, 16, 17–25.

Frydman, M., & Lynn, R. (1992). The general intelligence and spatial abilities of gifted young Belgian chess players. *British Journal of Psychology*, 83, 233–235.

Galton, F. (2000). *Hereditary Genius: An Inquiry into Its Laws and Consequences* (3rd ed.). London: Macmillan Publishers Limited. All rights reserved. Recuperado em 28 janeiro, 2016, de <https://doi.org/10.1080/19485565.1980.9988402>

Grabner, R. H. (2014). Going beyond the expert-performance framework in the domain of chess. *Intelligence*, 45(1), 109–111. Recuperado em 16 fevereiro, 2016, de <https://doi.org/10.1016/j.intell.2014.02.010>

Grabner, R. H., Fink, a., Stipacek, a., Neuper, C., & Neubauer, a. C. (2004). Intelligence and working memory systems: Evidence of neural efficiency in alpha band ERD. *Cognitive Brain Research*, 20(2), 212–225. Recuperado em 08 fevereiro, 2016, de <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2004.02.010>

Grabner, R. H., Neubauer, A. C., & Stern, E. (2006). Superior performance and neural efficiency: The impact of intelligence and expertise. *Brain Research Bulletin*, 69(4), 422–439. Recuperado em 12 fevereiro, 2016, de <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2006.02.009>

Groot, A. D. de. (2008). *Thought and choice in chess* (3rd ed., Vol. 79). Amsterdam: Amsterdam Academic Archive. Recuperado em 13 janeiro, 2016, de <https://doi.org/10.5117/9789053569986>

Gruzelier, J., Egner, T., & Vernon, D. (2006). Validating the efficacy of neurofeedback for optimising performance. *Progress in Brain Research*, 159, 421–31. Recuperado em 02 fevereiro, 2016, de [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(06\)59027-2](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(06)59027-2)

Gruzelier, J. H. (2014). Neuroscience and Biobehavioral Reviews EEG-neurofeedback for optimising performance . I : A review of cognitive and affective outcome in healthy participants, 44, 124–141.

Haier, R. J., Siegel, B., Tang, C., Abel, L., & Buchsbaum, M. S. (1992). Intelligence and changes in regional cerebral glucose metabolic rate following learning. *Intelligence*, 16(3–4), 415–426. Recuperado em 02 fevereiro, 2016, de [https://doi.org/10.1016/0160-2896\(92\)90018-M](https://doi.org/10.1016/0160-2896(92)90018-M)

Haier, R. J., Siegel, B. V., Nuechterlein, K. H., Hazlett, E., Wu, J. C., Paek, J., ...Buchsbaum, M. S. (1988). Cortical glucose metabolic rate correlates of abstract reasoning and attention studied with positron emission tomography. *Intelligence*, 12(2), 199–217. Recuperado em 02 fevereiro, 2016, de [https://doi.org/10.1016/0160-2896\(88\)90016-5](https://doi.org/10.1016/0160-2896(88)90016-5)

Harung, H. S., Travis, F., Pensgaard, A. M., Boes, R., & Daley, K. (2011). Higher psychophysiological refinement in world-class Norwegian athletes : brain measures of performance

capacity. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 32–41. Recuperado em 13 fevereiro, 2016, de <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.01007.x>

Haufler, A. J., Spalding, T. W., Santa Maria, D. L., & Hatfield, B. D. (2000). Neuro-cognitive activity during a self-paced visuospatial task: Comparative EEG profiles in marksmen and novice shooters. *Biological Psychology*, 53(2–3), 131–160. Recuperado em 08 fevereiro, 2016, de [https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(00\)00047-8](https://doi.org/10.1016/S0301-0511(00)00047-8)

Janelle, C. M., Hillman, C. H., Apparies, R. J., Murray, N. P., Meili, L., Fallong, E. A., & Hatfield, B. D. (2000). Expertise Differences in Cortical Activation and Gaze Behavior During Rifle Shooting. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 22, 167–182.

Jaušovec, N. (1997). Differences in EEG Alpha Activity Between Gifted and Non-Identified Individuals: Insights into Problem Solving. *Gifted Child Quaterly*, 41(1), 26–31.

Jaušovec, N. (2000). Differences in cognitive processes between gifted, intelligent, creative, and average individuals while solving complex problems: An EEG study. *Intelligence*, 28(3), 213–237. Recuperado em 19 fevereiro, 2016, de [https://doi.org/10.1016/S0160-2896\(00\)00037-4](https://doi.org/10.1016/S0160-2896(00)00037-4)

Kaiser, D. A. (2007). What Is Quantitative EEG? *Journal of Neurotherapy*, 10(4), 25–36. Recuperado em 08 agosto, 2015, de <https://doi.org/10.1300/J184v10n04>

Klimesch, W. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Research Reviews*, 29(2–3), 169–95. Recuperado em 17 outubro, 2015, de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10209231>

Loze, G. M., Collins, D., & Holmes, P. S. (2001). Pre-shot EEG alpha-power reactivity during expert air-pistol shooting: a comparison of best and worst shots. *Journal of Sports Sciences*, 19(9), 727–733. Recuperado em 06 fevereiro, 2016, de <https://doi.org/10.1080/02640410152475856>

Lyons, B. D., Hoffman, B. J., & Michel, J. W. (2009). An Examination of the Impact of Intelligence on NFL Performance. *Human Performance*, 22(3), 225–245. Recuperado em 15 janeiro, 2016, de <https://doi.org/10.1080/08959280902970401>

Martin, D. M., Liu, R., Alonzo, A., Green, M., Player, M. J., Sachdev, P., & Loo, C. K. (2013). Can transcranial direct current stimulation enhance outcomes from cognitive training? A randomized controlled trial in healthy participants. *The International Journal of Neuropsychopharmacology / Official Scientific Journal of the Collegium Internationale Neuropsychopharmacologicum (CINP)*, 16(9), 1927–36. Recuperado em 09 junho, 2016, de <https://doi.org/10.1017/S1461145713000539>

Masunaga, H., & Horn, J. (2001). Expertise and age-related changes in components of intelligence. *Psychology and Aging*, 16(2), 293–311. Recuperado em 15 janeiro, 2016, de <https://doi.org/10.1037/0882-7974.16.2.293>

Meinz, E. J., & Hambrick, D. Z. (2010). Deliberate practice is necessary but not sufficient to explain individual differences in piano sight-reading skill: the role of working memory capacity. *Psychological Science*, 21(7), 914–919. Recuperado em 18 janeiro, 2016, de <https://doi.org/10.1177/0956797610373933>

Nakata, H., Yoshie, M., Miura, A., & Kudo, K. (2010). Characteristics of the athletes' brain: Evidence from neurophysiology and neuroimaging. *Brain Research Reviews*, 62(2), 197–211. Recuperado em 06 janeiro, 2016, de <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2009.11.006>

Neubauer, A. C., & Fink, A. (2003). Fluid intelligence and neural efficiency: Effects of task complexity and sex. *Personality and Individual Differences*, pp. 811–827. Recuperado em 12 janeiro, 2016, de [https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(02\)00285-4](https://doi.org/10.1016/S0191-8869(02)00285-4)

Neubauer, A. C., & Fink, A. (2009). Intelligence and neural efficiency. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 33(7), 1004–1023. Recuperado em 12 janeiro, 2016, de <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2009.04.001>

Neubauer, A., Freudenthaler, H. H., & Pfurtscheller, G. (1995). Intelligence and spatiotemporal patterns of event-related desynchronization (ERD). *Intelligence*, 20(3), 249–266. Recuperado em 12 janeiro, 2016, de [https://doi.org/10.1016/0160-2896\(95\)90010-1](https://doi.org/10.1016/0160-2896(95)90010-1)

Niemi, D. (1997). Cognitive science, expert-novice research, and performance assessment. *Theory Into Practice*, 36(4), 239–246. Recuperado em 27 janeiro, 2016, de <https://doi.org/10.1080/00405849709543774>

Orgs, G., Dombrowski, J. H., Heil, M., & Jansen-Osmann, P. (2008). Expertise in dance modulates alpha/beta event-related desynchronization during action observation. *European Journal of Neuroscience*, 27(12), 3380–3384. Recuperado em 04 fevereiro, 2016, de <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2008.06271.x>

Parasuraman, R., & McKinley, R. a. (2014). Using Noninvasive Brain Stimulation to Accelerate Learning and Enhance Human Performance. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 56(5), 816–824. Recuperado em 20 junho, 2016, de <https://doi.org/10.1177/0018720814538815>

Paulus, M. P., Potterat, E. G., Taylor, M. K., Orden, K. F. Van, Bauman, J., Momen, N., ...Swain, J. L. (2009). A neuroscience approach to optimizing brain resources for human performance in extreme environments §. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 33, 1080–1088. Recuperado em 30 janeiro, 2016, de <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2009.05.003>

Phillips, L. H., Wynn, V. E., McPherson, S., & Gilhooly, K. J. (2001). Mental planning and the Tower of London task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology.*, 54(2), 579–597. Recuperado em 12 setembro, 2015, de <https://doi.org/10.1080/713755977>

Plomin, R., Scheier, M. F., Bergeman, C. S., Pedersen, N. L., Nesselroade, J. R., & McClearn, G. E. (1992). Optimism, Pessimism and Mental Health: a Twin / Adoption Analysis. *Person. Individ. Diff.*, 13(8), 921–930. Recuperado em 22 janeiro, 2016, de [https://doi.org/10.1016/0191-8869\(92\)90009-E](https://doi.org/10.1016/0191-8869(92)90009-E)

Radlo, S. J., Steinberg, G. M., Singer, R. N., Barba, D. A., & Melnikov, A. (2002). The influence of an attentional focus strategy on alpha brain wave activity, heart rate and dart-throwing performance. *International Journal of Sport Psychology*, 33(2), 205–217.

Schmidt, F. L., & Hunter, J. (2004). General mental ability in the world of work: occupational attainment and job performance. *Journal of Personality and Social Psychology*, 86(1), 162–173. Recuperado em 28 janeiro, 2016, de <https://doi.org/10.1037/0022-3514.86.1.162>

Sherlin, L. H., Larson, N. C., & Sherlin, R. M. (2013). Developing a performance brain training™ approach for baseball: A process analysis with descriptive data. *Applied Psychophysiology Biofeedback*, 38(1), 29–44. Recuperado em 14 fevereiro, 2016, de <https://doi.org/10.1007/s10484-012-9205-2>

Sosa, D. A. C. (2007). As universidades medievais: estudo e formação. *Biblos*, 21, 179–182.

Takase, E. (2005). Neurociência do esporte e do exercício. *Neurociências*, 2(5), 1–7.

Thompson, T., Steffert, T., Ros, T., Leach, J., & Gruzelier, J. (2008). EEG applications for sport and performance. *Methods*, 45(4), 279–88. Recuperado em 13 fevereiro, 2016, de <https://doi.org/10.1016/j.ymeth.2008.07.006>

Unterrainer, J. M., Kaller, C. P., Halsband, U., & Rahm, B. (2006). Planning abilities and chess: a comparison of chess and non-chess players on the Tower of London task. *British Journal of Psychology*, 97, 299–311. Recuperado em 02 de setembro, 2015, de <https://doi.org/10.1348/000712605x71407>

VandenBos, G. R. (2015). *APA Dictionary of Psychology* (2nd ed.). New York: American Psychological Association.

Vernon, D., Egner, T., Cooper, N., Compton, T., Neilands, C., Sheri, A., & Gruzelier, J. (2003).

The effect of training distinct neurofeedback protocols on aspects of cognitive performance. *International Journal of Psychophysiology*, 47(1), 75–85. Recuperado em 24 fevereiro, 2016, de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12543448>

Ward, G., & Allport, A. (1997). Planning and Problem solving Using the Five disc Tower of London Task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 50(1), 49–78. Recuperado em 02 dezembro, 2015, de <https://doi.org/10.1080/713755681>

Dados para correspondência

H. M. Melo - hmurilodemelo@gmail.com ; **L. M. Nascimento** - lucasnto@live.com ; **E. Takase** - takase@educacaocerebral.com