

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE PSICOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROCIÊNCIA E COMPORTAMENTO**

**MARIANA VERZARO**

**A COLABORAÇÃO ENTRE INDÚSTRIA E A PESQUISA EM NEUROCIÊNCIA NA  
AVALIAÇÃO COGNITIVA POR TESTES PSICOFÍSICOS VIA APLICATIVO  
MÓVEL**

**SÃO PAULO  
2023**

MARIANA VERZARO

A COLABORAÇÃO ENTRE INDÚSTRIA E A PESQUISA EM NEUROCIÊNCIA NA  
AVALIAÇÃO COGNITIVA POR TESTES PSICOFÍSICOS VIA APLICATIVO MÓVEL

Versão Corrigida

Tese apresentada ao Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Neurociências e Comportamento. Programa de Pós-Graduação: Neurociências e Comportamento.

Orientador: Prof. Dr. Koichi Sameshima.

SÃO PAULO

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES  
TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO,  
PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Catálogo na publicação  
Biblioteca Dante Moreira Leite  
Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo  
Dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Verzaro, Mariana  
A COLABORAÇÃO ENTRE INDÚSTRIA E A PESQUISA EM  
NEUROCIÊNCIA NA AVALIAÇÃO COGNITIVA POR TESTES PSICOFÍSICOS  
VIA APLICATIVO MÓVEL / Mariana Verzaro; orientador Koichi Sameshima. --  
São Paulo, 2023.  
122 f.  
Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Neurociências e  
Comportamento) -- Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, 2023.  
1. pesquisa em neurociência. 2. práticas de negócios. 3. testes psicofísicos. 4.  
tecnologia móvel. 5. experimentos via celular. I. Sameshima, Koichi, orient. II.  
Título.

MARIANA VERZARO

A COLABORAÇÃO ENTRE INDÚSTRIA E A PESQUISA EM NEUROCIÊNCIA NA  
AVALIAÇÃO COGNITIVA POR TESTES PSICOFÍSICOS VIA APLICATIVO MÓVEL

Tese apresentada ao Instituto de  
Psicologia da Universidade de São Paulo  
como parte das exigências para obtenção  
do título de Doutor em Neurociências e  
Comportamento. Programa de Pós-  
Graduação: Neurociências e  
Comportamento.

Aprovada em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Koichi Sameshima (Orientador)  
Universidade de São Paulo

---

Examinador(a)  
Instituição

---

Examinador(a)  
Instituição

---

Examinador(a)  
Instituição

SÃO PAULO  
2023

Quando vemos uma obra  
ou a função que ela exerce,  
nossa lembrança, nos cobra:  
é o professor, o alicerce!

(Maria Reginato Labruciano)

## AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Ana Maria Labruciano, à minha avó, Maria Reginato Labruciano, e ao meu pai, Samuel Verzaro, pelo apoio essencial dado durante toda à minha vida, tanto financeiro como pessoal. Sem todo esse apoio, eu não conseguiria me dedicar à pesquisa.

Ao Prof. Dr. Marcelo Fernandes da Costa, pela ajuda e paciência constante, fonte de inspiração para o ensino e a pesquisa e, principalmente, pelo aprendizado constante em neurociência e psicofísica, desde 2013.

A Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Daniela Maria Oliveira Bonci, pelo apoio e assistência que foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Ronald Ranvaud, que me aceitou como orientanda no começo do meu mestrado e seguiu me guiando e me orientando até o fim.

Aos meus primos, Patricia Labruciano Romano e Rodrigo Labruciano, anjos que a vida colocou do meu lado para me dar força para continuar nos piores momentos.

Ao Estanislau Alves Silva Filho, pelo suporte e paciência constante e por me mostrar que é possível amar em meio a tanta tormenta.

Ao pessoal da empresa Omnidata, pela oportunidade incrível e única de integrar meu projeto de pesquisa no mundo corporativo.

A todos os voluntários que se dispuseram a participar e foram cruciais nesta pesquisa.

A CAPES, pelo apoio financeiro que permitiu minha dedicação à pesquisa.

Ao meu orientador, prof. Koichi Sameshima, e aos professores e colegas que tive o prazer de conhecer durante esse período.

Ao pessoal da secretaria da pós-graduação do IPUSP e do NEC pela ajuda e assistência constante.

## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo estudar possíveis colaborações entre pesquisadores acadêmicos e a indústria por meio da pesquisa em neurociência pelo estudo da relevância de aplicar testes psicofísicos via tecnologia móvel, a fim de convergir tanto para o avanço da ciência, como para a melhora das práticas empresariais. Foram investigados, por meio de testes psicofísicos aplicados via dispositivo móvel, as condições cognitivas dos usuários, que poderiam ser alteradas pela ingestão de álcool e definido um protocolo com a empresa Omnidata com testes de memória e de associação baseados nos resultados do projeto-piloto. Foram também discutidas as possíveis colaborações entre a pesquisa em neurociência e suas aplicações comerciais na indústria. A tecnologia desenvolvida funcionou, mesmo num ambiente sem acesso contínuo à internet, e os dados foram coletados corretamente. O estudo permitiu o desenvolvimento de um protocolo mais robusto. Os resultados abrem um amplo horizonte para a pesquisa acadêmica em situações ecológicas da vida real, não restritas às situações tradicionais e artificiais de laboratório, estendendo o ambiente de experimentação e viabilizando a coleta de grandes conjuntos de dados. A pesquisa mostrou-se promissora e demonstrou que a utilização da pesquisa em neurociência como uma ferramenta para o desenvolvimento de tecnologias está em expansão. Por um lado, a expansão e o desenvolvimento de novas tecnologias inspiradas no estudo acadêmico do cérebro têm proporcionado enormes benefícios tanto para a indústria quanto para a sociedade. Por outro ainda é necessária uma análise mais detalhada tanto em relação à pesquisa em neurociência, quanto aos impactos a longo prazo desses experimentos em situação real para a compreensão dos aspectos mais relevantes da cognição.

**Palavras-chave:** álcool; indústria; neurociência; tecnologia; aplicativo; tempo de reação; colaborações comerciais; pesquisa acadêmica; teste psicofísico; desafios cognitivos.

## **ABSTRACT**

This research aims to study possible collaborations between academic researchers and industry through neuroscience by studying the relevance of applying psychophysical tests via mobile technology in order to converge both to the advancement of science and to the improvement of business practices. A robust protocol with memory and association tests was defined based on the results of the pilot project with the Omnidata company by investigating the cognitive conditions of participants that could be altered by alcohol intake by psychophysical tests applied via mobile device. Possible collaborations between neuroscience research and its commercial applications in industry are also discussed. The developed technology worked even in an environment without internet access, and the data was collected adequately. This study allowed the development of a more robust protocol. The results open a wide horizon of academic research perspectives in real-life ecological situations, no longer restricted to the traditional and artificial laboratory situations, by extending the experimentation environment and enabling the collection of large data sets. This research approach showed to be promising and demonstrated that the use of neuroscience research as a tool for technology development is on the rise. On the one hand, the expansion and development of new technologies inspired by the academic study of the brain have provide potentially enormous benefits for industry and society, while a more detailed analysis is needed both in terms of neuroscience research and on the long-term impacts of these experiments on the understanding of most relevant aspects of human cognition.

**Keywords:** alcohol; industry; neuroscience; technology; application; reaction time; commercial collaborations; academic research; psychophysical testing; cognitive challenges.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Frenologia.....	18
Figura 2 – EEG .....	23
Figura 3 – MEG .....	24
Figura 4 – Tomografia computadorizada do crânio .....	25
Figura 5 – Ressonância magnética do crânio .....	26
Figura 6 – EMT .....	26
Figura 7 – Home page da empresa Serorial Sports .....	55
Figura 8 – Home page da empresa Cognifit .....	56
Figura 9 – Tela de preenchimento de cadastro inicial .....	64
Figura 10 – Telas de escolha entre Familiarização e Iniciar Testes.....	65
Figura 11 – Telas do segundo questionário .....	66
Figura 12 – Telas do teste de memória .....	67
Figura 13 – Telas do teste de associação .....	67
Figura 14 – Telas do teste de tempo de reação .....	94
Figura 15 – Telas dos testes aplicados no segundo protocolo experimental .....	96
Figura 16 – Telas do teste de tempo reação escolha.....	102
Figura 17 – Telas do cadastro inicial .....	104
Figura 18 – Telas do segundo questionário .....	105
Figura 19 – Telas dos testes de familiarização .....	106
Figura 20 – Telas do teste de memória .....	106
Figura 21 – Telas do teste de associação .....	107
Figura 22 – Tela dos resultados dos testes.....	108
Figura 23 – Telas do teste de reação escolha.....	109

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Resultados de pesquisas feitas com testes de tempo de reação escolha sob o efeito de álcool .....	37
Quadro 2 – Resultados do protocolo experimental 1 .....	94
Quadro 3 – Análises estatísticas do teste de tempo de reação escolha.....	97
Quadro 4 – Análises estatísticas do teste de memória .....	98
Quadro 5 – Análise estatística do teste de associação.....	99
Quadro 6 – Análise estatística do teste de tempo reação escolha.....	103
Quadro 7 – Análise estatística do teste de memória.....	103
Quadro 8 – Análise estatística do teste de associação.....	104

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
2	<b>A PESQUISA NEUROCIENTÍFICA</b> .....	15
2.1	<b>A neurociência cognitiva</b> .....	15
2.2	<b>Um breve histórico</b> .....	16
2.3	<b>Métodos de pesquisa empregados em neurociência cognitiva</b> .....	20
2.3.1	<b><i>Estudos de lesão</i></b> .....	21
2.3.2	<b><i>Estudos de imagéria cerebral</i></b> .....	21
2.3.2.1	<i>Eletroencefalografia (EEG)</i> .....	22
2.3.2.2	<i>Magnetoencefalografia (MEG)</i> .....	23
2.3.2.3	<i>Tomografia computadorizada (TC)</i> .....	24
2.3.2.4	<i>Imageamento por ressonância magnética (IRM)</i> .....	25
2.3.3	<b><i>Estimulação transcraniana (EMT)</i></b> .....	26
2.3.4	<b><i>Farmacologia</i></b> .....	27
2.3.5	<b><i>Estudos Comportamentais</i></b> .....	27
2.4	<b>A psicofísica</b> .....	28
2.5	<b>Testes psicofísicos</b> .....	30
2.6	<b>Estudos psicofísicos de tempo de reação</b> .....	31
2.6.1	<b><i>Número de estímulos válidos possíveis</i></b> .....	32
2.6.2	<b><i>Estímulo</i></b> .....	33
2.6.3	<b><i>Estado de atenção</i></b> .....	33
2.6.4	<b><i>Idade</i></b> .....	34
2.6.5	<b><i>Gênero</i></b> .....	34
2.6.6	<b><i>Efeito de retestagem</i></b> .....	35
2.6.7	<b><i>Fadiga</i></b> .....	35
2.6.8	<b><i>Distração</i></b> .....	35
2.6.9	<b><i>Efeito de alerta prévia sobre a iminência do estímulo</i></b> .....	36
2.6.10	<b><i>Efeito de alerta prévia sobre danos devido ao uso do álcool</i></b> .....	36
2.6.11	<b><i>Álcool</i></b> .....	36
2.6.12	<b><i>Exercício</i></b> .....	40
2.6.13	<b><i>Drogas estimulantes</i></b> .....	40
3	<b>A NEUROCIÊNCIA SAI DO LABORATÓRIO</b> .....	41
3.1	<b>Pesquisas pelo celular</b> .....	41
3.2	<b>Testes psicofísicos aplicados pelo celular</b> .....	45
4	<b>A COLABORAÇÃO ENTRE A NEUROCIÊNCIA E A INDÚSTRIA – INVESTIMENTOS, DESAFIOS E POSSIBILIDADES</b> .....	46
4.1	<b>O Investimento em pesquisa</b> .....	46

4.2	A Neurociência nas práticas de negócios .....	48
4.3	A Ascensão da neurociência cognitiva na indústria .....	52
4.4	O bom, o ruim e o feio .....	53
5	<b>A NEUROCIÊNCIA NA AVALIAÇÃO COGNITIVA SOB EFEITO DO ÁLCOOL – O CASO EM ANDAMENTO DA EMPRESA OMNIDATA .....</b>	<b>60</b>
5.1	Introdução .....	60
5.2	Hipótese .....	62
5.3	Objetivo .....	63
5.4	Projeto-piloto .....	63
5.5	Método .....	64
5.5.1	<i>Material</i> .....	64
5.5.2	<i>Procedimento</i> .....	64
5.5.3	<i>Participantes</i> .....	68
5.5.4	<i>Critério de Inclusão</i> .....	68
5.5.5	<i>Critério de Exclusão</i> .....	68
5.5.6	<i>Riscos</i> .....	69
5.5.7	<i>Benefícios</i> .....	69
5.6	Análise estatística .....	69
5.7	Resultados esperados .....	70
6	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>71</b>
	REFERÊNCIAS .....	76
	<b>ANEXO A – PROJETO PILOTO DESENVOLVIDO EM COLABORAÇÃO COM A EMPRESA OMNIDATA PARA AVALIAÇÃO COGNITIVA SOB O EFEITO DO ÁLCOOL .....</b>	<b>93</b>
	<b>ANEXO B – APROVAÇÃO DO PROJETO NO COMITÊ DE ÉTICA .....</b>	<b>110</b>
	<b>ANEXO C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVE E ESCLARECIDO .....</b>	<b>113</b>
	<b>ANEXO D – AVALIAÇÃO COGNITIVA POR TESTE PSICOFÍSICO .....</b>	<b>117</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Neurociência é a parte da ciência que descreve o estudo do sistema nervoso, tais como suas estruturas, funções, mecanismos moleculares, aspectos fisiológicos e cognitivos.

Apesar da crença de que o sistema nervoso pudesse desempenhar algum papel na consciência e na cognição datar aproximadamente do século III a.C., foi somente a partir de 1960 que o termo “neurociência” começou a ser utilizado (BREASTED, 1930; FINGER, 1994; SHEPHERD, 2010). O surgimento da neurociência como disciplina transformou o que se pensava sobre o cérebro e o comportamento humano. Em pouco mais de cem anos, passamos do saber como funcionava um neurônio do embrião de uma galinha (TOLEDO, 2014) a abordar melhor o que ocorre com o nosso cérebro quando, por exemplo, estamos apaixonados (FISHER, 2002).

Pela moderna abordagem da neurociência, hoje conseguimos estudar o que se passa no cérebro de um músico quando improvisa no Jazz (VERGARA; NORGAARD; MILLER *et al.*, 2021). Ela tem trazido um maior entendimento do porquê sentimos arrepios quando ouvimos certas canções (KOELSCH, 2014; SALIMPOOR, 2011) e permitiu a possibilidade de demonstrar o que grandes nomes da psicologia e da psicanálise cansaram de observar e dizer sobre como é possível continuar a viver quando passamos por um luto (STROEBE; SCHUT; BOERNER, 2017).

A neurociência computacional em forma de inteligência artificial está presente no desenvolvimento e implementação dos veículos autônomos (CISLER; GREENWOOD; ROBERTS; MCKENDRICK; BALDWIN, 2019). Está frequentemente presente em produtos que são criados para facilitar as nossas vidas (FORTUNATO; GIRALDI, 2014) e esclarece também, pelo viés de confirmação, porque muitas vezes lembramos, interpretamos ou pesquisamos por informações somente para confirmar nossas crenças ou hipóteses iniciais (CASAD; LUEBERING, 2023).

O desenvolvimento da neurociência, contudo, só foi possível graças à contribuição de muitos pesquisadores envolvidos no estudo do cérebro humano, como os que constam na lista que segue:

a) Suzana Herculano mostrou que o cérebro humano possui aproximadamente 90 bilhões de neurônios e que esses, ao interagirem, podem gerar até  $10^{15}$  de conexões sinápticas entre neurônios (HERCULANO, 2009);

b) Bienjamin Libet, um dos pioneiros no estudo da consciência e do livre arbítrio, proporcionou a compreensão de que nosso cérebro toma decisões 250 milissegundos antes de termos consciência delas (LIBET, 2002);

c) Antônio Damásio nos fez ver a importância do córtex frontal nas emoções ao estudar casos de cérebros com lesões similares às de Phineas Gage. Gage foi um homem sério e trabalhador, encarregado da construção de uma estrada de ferro na Nova Inglaterra que, em 1848, sofreu um grave acidente de trabalho e teve a parte esquerda do rosto, a base do crânio e a parte anterior do cérebro perfurada e traspasada por uma barra de ferro. Apesar da gravidade do acidente, Gage se recuperou por completo, sua personalidade, porém, foi totalmente transformada e ele tornou-se incapaz para o convívio social (DAMASIO, 1994);

d) Anil Seth afirmou que nossa percepção é apenas uma construção cerebral, muitas vezes equivocada da realidade do mundo físico, realizada a partir da informação que recebemos pelos nossos sentidos, pois a evolução nos moldou não para ver a realidade como ela é, mas para guiar nossas reações aos eventos no mundo em que vivemos (SETH, 2021);

e) William James nos mostrou que quando recebemos e percebemos um estímulo via nossos sentidos, primeiro reagimos emocionalmente a ele, e somente depois racionalizamos sobre ele (JAMES, 1890);

f) Joseph Ledoux apontou a importância das nossas emoções em relação às nossas ações pois, para o bem ou para o mal, cada ação que tomamos é projetada para enfrentar ou explorar ainda mais a causa do que nos deixa emocionalmente excitados (LEDOUX, 1996);

g) Giacomo Rizzolatti salientou a importância da observação e da atenção para a aprendizagem, ao descobrir os famosos neurônios espelho, neurônios motores que disparam quando observamos alguém realizando uma ação como se fossemos nós mesmos que a tivéssemos realizado (RIZZOLATTI, 2007);

h) Brenda Milner revelou não somente como funcionam os diferentes tipos de memória, sendo as principais a de curto e a longo prazo, mas também como uma parte do cérebro bem parecida com um cavalo-marinho, nosso hipocampo, é importante na transformação da memória de curto para longo prazo (MILNER, 1955).

A neurociência trouxe uma oportunidade de contribuir, junto com outras ciências, para o entendimento de quem realmente somos, ao fornecer algumas

ferramentas para tentar entender melhor cientificamente porque fazemos tudo o que fazemos.

A neurociência, contudo, vai muito além do entendimento do comportamento humano. Na era da tecnologia e da informação, ela está sendo essencial no desenvolvimento da inteligência artificial ao promover uma interseção *Homo sapiens* versus máquinas, sendo a aliada perfeita no mundo da *big data* e da análise dados, onde cada vez mais se busca proporcionar a criação de ferramentas que possibilitem o desenvolvimento de produtos e tecnologias que possam facilitar e melhorar o nosso dia a dia (VERZARO, 2021).

É uma simbiose, quanto mais estudamos o cérebro humano, mais conseguimos criar uma inteligência artificial capaz de auxiliar-nos. Ao mesmo tempo que, quanto mais aprimoramos a inteligência artificial, mais conseguimos aprender a interagir melhor com nós mesmos (VERZARO, 2021).

Existem muitas formas de se trabalhar com a neurociência quando queremos entender melhor o comportamento humano, uma delas é pela pesquisa neurobiológica, outra, é por estudos com EEG (eletroencefalograma) e ressonância magnética. Outra forma é pelo estudo das capacidades cognitivas; ou seja, pela investigação da aptidão que cada um tem individualmente de interpretar os estímulos em volta no ambiente e dentro de si mesmo para tomar as decisões que guiam o próprio comportamento (LENT, 2008).

Essa pesquisa tem como foco verificar como a neurociência pode auxiliar no desenvolvimento de tecnologias ao estudar as capacidades cognitivas pela psicofísica. A psicofísica é a disciplina científica da psicologia que estuda esta relação entre estímulo físico e a resposta perceptual. Para tal, esta área da psicologia vem desenvolvendo métodos de medidas das sensações internas e das respostas perceptuais para estímulos externos (COSTA; MARCELO, 2010).

Para isso, este trabalho propôs-se a realizar um experimento ainda em andamento voltado para a prevenção de acidentes de trabalho, em colaboração com uma empresa desenvolvedora de tecnologias para grandes indústrias.

Segundo o Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho, dentre às principais causas de acidentes no trabalho causados por fatores humanos, está a ingestão de álcool (IBGE, 2021).

Diante disso, esta pesquisa explorou a realização de testes psicofísicos aplicados via tecnologia móvel, com o intuito de verificar a capacidade dessa

ferramenta desenvolvida e poder identificar essa condição nos usuários. Dessa forma, leva-se a pesquisa neurocientífica para fora do laboratório.

Não menos importante, esta pesquisa buscou viabilizar e analisar a relevância da colaboração entre pesquisadores acadêmicos e empresas para verificar se tais associações poderiam levar tanto ao progresso acadêmico, ao identificar áreas prioritárias de estudo na neurociência, quanto ao desenvolvimento de tecnologias, tais como testes psicofísicos criados para aplicativos móveis, para possibilitar o progresso no desenvolvimento de melhores práticas comerciais.



## **2 A PESQUISA NEUROCIENTÍFICA**

### **2.1 A neurociência cognitiva**

Dentro das ciências biomédicas, a introdução do termo neurociência é relativamente recente. O seu emprego atual corresponde à necessidade de integrar contribuições das diversas áreas da pesquisa científica e das ciências clínicas para a compreensão do sistema nervoso. Os atuais estudiosos do cérebro, por exemplo, sabem que, para compreendê-lo, há que derrubar as barreiras das disciplinas tradicionais, a neuroanatomia, a neurofisiologia, a neurologia, a psicologia, para mencionar apenas algumas das divisões que foram sendo criadas, em grande parte, para caracterizar os métodos de estudo. Essa tendência fica muito mais evidente nas obras científicas recentes, que tratam das funções mais complexas desse órgão, como as emoções e a consciência, nas quais seus autores sentem a necessidade de apoiar os principais conceitos em evidências provenientes de diversas áreas (ROCHA-MIRANDA, 2010).

Há muitas maneiras de classificar a neurociência. Um modo mais simples é dividir a neurociência em cinco disciplinas. A neurociência molecular, que tem como objeto de estudo as diversas moléculas de importância funcional do sistema nervoso e suas interações. Pode ser também chamada de neuroquímica ou neurobiologia molecular. A neurociência celular aborda as células que formam o sistema nervoso, sua estrutura e sua função. Pode ser chamada também neurocitologia ou neurobiologia. A neurociência sistêmica considera populações de células nervosas situadas em diversas regiões do sistema nervoso, que constituem sistemas funcionais como o visual, o auditivo, o motor, etc. Quando apresenta uma abordagem mais morfológica é chamada neuro-histologia ou neuroanatomia, e quando lida com aspectos funcionais é chamada de neurofisiologia. A neurociência comportamental dedica-se a estudar as estruturas neurais que produzem comportamentos e outros fenômenos psicológicos como o sono, os comportamentos sexuais e muitos outros. É às vezes conhecida também como psicofisiologia ou psicobiologia. Finalmente, a neurociência cognitiva trata das capacidades mentais mais complexas, geralmente típicas do ser humano, como a linguagem, a autoconsciência, a memória, etc. Pode ser também chamada de neuropsicologia (LENT, 2010).

O conhecimento do funcionamento cerebral subjacente à cognição, objeto das neurociências cognitivas apoia-se assim sobre os dados emprestados de diversos métodos. Os dados obtidos pela a experimentação animal servem frequentemente de base: procura-se então verificar se podem ser transpostos para o ser humano. Baseiam-se também nos dados provenientes dos estudos da neuropsicologia e da psicologia. A psicologia elabora, com os métodos experimentais que lhe são próprios, os modelos de funcionamento cognitivo que geralmente são a base das pesquisas em neurociências cognitivas. O estudo do funcionamento cerebral permite então confirmar, inferir e enriquecer esses modelos (FIORI, 2008).

## **2.2 Um breve histórico**

A história da pesquisa do cérebro remonta aos tempos antigos, quando as pessoas começaram a observar e contemplar o funcionamento da mente humana. No entanto, não foi até o advento da ciência moderna que os pesquisadores conseguiram fazer progressos significativos na compreensão do cérebro.

Até o começo do século XIX, as principais teorias sobre a mente e a consciência consideravam que elas eram a manifestação central de espíritos animais atuando através do cérebro. A crença de que o sistema nervoso central desempenha algum papel na geração da consciência e na cognição começou a se fortalecer no século III a.C., quando Herophilus (335-280 a.C.) e Erasistraus (c. 310-250 a.C.), no Egito, inauguraram os estudos anatômicos do cérebro, dissecando cadáveres, e forneceram as primeiras descrições mais detalhadas do cérebro humano, especialmente dos ventrículos cerebrais (LENT, 2008).

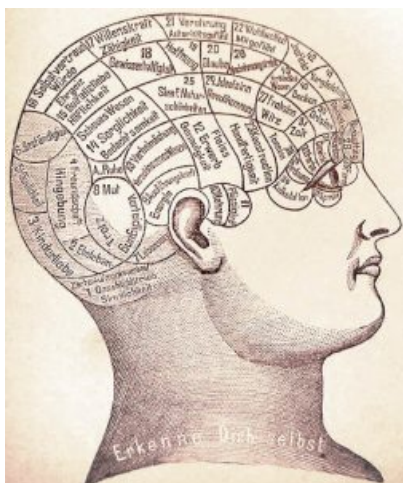
Sob o Império Romano, um passo considerável foi dado com Galeno no século II (por volta de 131-201 d.C.) com a descrição dos nervos (que assimilava a canais), de sua influência sobre os músculos e sobre o movimento. Mas, sobretudo, procedeu às primeiras descrições do cérebro, do cerebelo, dos ventrículos (espaços vazios do cérebro). Para Galeno, quatro líquidos (humores) presidiam as funções corporais. Esses humores se movimentavam pelos nervos (vistos como canais) em direção aos ventrículos ou a partir dos ventrículos, sendo que os deslocamentos provocavam os movimentos (FIORI, 2008).

Nos séculos XVII e XVIII, várias figuras-chave lançaram as bases para a neurociência moderna. Um dos mais importantes deles foi o filósofo francês René

Descartes, que propôs a famosa ideia do dualismo mente-corpo. De acordo com Descartes, a mente e o corpo são entidades separadas que interagem. Essa ideia teve uma profunda influência nas teorias subsequentes do cérebro e da mente. Para Descartes, os comportamentos humanos similares aos dos animais eram provocados pelos movimentos dos humores passando pelos ventrículos, mas, ao contrário dos animais, o homem possuía um espírito (uma alma dada por Deus) que não poderia ser explicado pelo mesmo mecanismo. Para Descartes, as faculdades mentais do homem se devem ao espírito e não ao corpo. O cérebro faz parte do corpo, o espírito está em outro lugar. O espírito recebe as sensações, governa os movimentos e os comunica ao cérebro que, de certa forma, se encarrega da execução do comando enviado pelo espírito. Tendo notado que as estruturas do cérebro, identificadas pelos anatomistas, eram duplas, exceto uma, a glândula pineal – pequena glândula situada no centro do cérebro, hoje denominada hipófise – Descartes pensou que o espírito se comunicava com o corpo via esta glândula (FIORI, 2008).

O mais ilustre e provavelmente primeiro proponente da localização cerebral das funções mentais foi o austríaco Franz Gall (1758-1828), aliás um grande anatomista e um dos primeiros a ilustrar com precisão as circunvoluções corticais. Gall acreditava que o cérebro é uma máquina sofisticada que produz comportamento, pensamento e emoção, e que o córtex cerebral é na verdade um conjunto de órgãos com diferentes funções. Postulou a existência de 27 faculdades “afetivas e intelectuais”, e assumiu que: (1) elas se localizam em órgãos específicos (áreas) do córtex cerebral; (2) o nível de atividade de cada função determina o tamanho do órgão cortical respectivo; e (3) o desenvolvimento das faculdades mentais de cada indivíduo (e, portanto, de seus órgãos corticais) causa protuberâncias características nas partes do crânio que os cobrem, pelas quais a personalidade do indivíduo pode ser avaliada. (HERCULANO, 2010).

Figura 1 – Frenologia



Fonte: <https://www.google.com/>; <https://becker.wustl.edu/wp-content/uploads/Phrenologie-255x300.jpg>.

A verdadeira revolução ocorreu em 1861, quando o francês Paul Broca (1824-1880) declarou que a linguagem tinha uma localização precisa no córtex cerebral (LENT, 2008).

Carl Wernicke, em 1876, propôs uma teoria para a capacidade da linguagem a partir do estudo de um caso de uma vítima de acidente vascular cerebral. Nesse trabalho Wernicke descreveu um novo tipo de afasia relacionado ao distúrbio da compreensão e não da execução. Enquanto os pacientes de Broca podiam entender, mas não conseguiam falar, o paciente de Wernicke podia falar, mas não compreendia a fala pois o que o que o paciente dizia não fazia sentido nem para ele mesmo. Segundo Wernicke as funções mentais não estariam localizadas em regiões cerebrais específicas, mas, sim, que cada função estaria difusamente representada por todo o córtex. Baseado em seus achados e nos resultados de Broca e de Fritsch e Hitzig, Wernicke propôs que apenas as funções mentais mais básicas, as relacionadas com as atividades perceptivas e motoras simples, estariam localizadas em áreas corticais únicas, e que as funções intelectuais mais complexas resultariam das interconexões entre várias regiões funcionais. Ao colocar o princípio da localização das funções dentro do arcabouço conexivo, Wernicke admitia que os diversos componentes de um mesmo comportamento seriam processados em regiões cerebrais distintas. Wernicke formulou, assim, a primeira evidência para a ideia de processamento distribuído, que é, atualmente a ideia central para nossa compreensão do funcionamento cerebral. (KANDEL; SCHWARTZ; JESSELL, 1997).

Assim como a linguagem apresenta evidências das localizações anatômicas convincentes, confirmadas por métodos de imagem por Michael Posner e Marcus Raichle, em 1988, as características afetivas e traços de personalidade são também anatomicamente definidos. Embora a localização do afeto (emoções) ainda não esteja mapeada de maneira precisa, as funções motoras, sensoriais e cognitivas, foram demonstradas de maneira contundente (KANDEL; SCHWARTZ; JESSELL, 2003).

Outra figura importante do século XIX foi o neurocientista espanhol Santiago Ramón y Cajal (1852-1934), frequentemente referido como o pai da neurociência moderna. Cajal foi a primeira pessoa a usar técnicas de coloração para visualizar a estrutura de neurônios individuais, e seu trabalho ajudou a estabelecer a ideia de que o cérebro é composto de células distintas que se comunicam entre si. O progresso do estudo de Ramon y Cajal se deu graças aos estudos de Golgi (1835-1909) e Sherrington (1857-1952), considerado o pai da sinapse.

Após a apresentação, em 1850, por Leuret e Gratiolet da medula espinhal, do bulbo e do tronco cerebral, dos dois hemisférios e do corpo caloso, deve-se a Brodmann o estabelecimento, em 1909, do primeiro mapa detalhado do córtex cerebral humano. As 52 áreas identificadas por Brodmann foram delimitadas graças às diferenças de arquitetura dos neurônios do córtex cerebral. A partir de então, as grandes linhas da anatomia do cérebro foram estabelecidas (FIORI, 2008).

Uma revolução nos primórdios da visão neurocientífica da cognição e da consciência ocorreu com o aprimoramento da técnica de microestimulação elétrica no cérebro. Enquanto as lesões experimentais requeriam a integridade de uma ou outra área do cérebro, a microestimulação possibilitou um “localizacionismo por inclusão”, ou seja, a partir das manifestações comportamentais provocadas pela estimulação elétrica (LENT, 2008).

A questão da representação em separados dos movimentos e dos sentidos, no entanto, só foi definitivamente resolvida com a microestimulação elétrica do córtex de seres humanos, que podiam relatar sensações provocadas eletricamente. O pioneiro foi o neurocirurgião americano Harvey Cushing (1869-1939), no início do século XX. Estimulando o córtex de pacientes submetidos a anestesia local, Cushing observou que a estimulação na zona parietal do cérebro não provoca movimento, mas sim sensações táteis. A estimulação elétrica do cérebro humano foi

explorada em detalhe pelo neurocirurgião canadense Wilder Penfield (1891-1976) nos anos 1950 (LENT, 2008).

No século XX, várias descobertas importantes foram feitas no campo da pesquisa do cérebro. O surgimento dos modelos de imagéria cerebral foram uma grande revolução para os conhecimentos em matéria de anatomia do cérebro durante a realização de tarefas cognitivas.

Mais recentemente, os avanços nas tecnologias de imagem, como a ressonância magnética (MRI) e a tomografia por emissão de pósitrons (PET), permitiram que os pesquisadores estudassem o cérebro com mais detalhes. Hoje, os neurocientistas continuam a fazer novas descobertas sobre o funcionamento do cérebro e suas pesquisas têm tido implicações importantes para nossa compreensão da mente, do comportamento e da saúde mental.

### **2.3 Métodos de pesquisa empregados em neurociência cognitiva**

A neurociência cognitiva é o campo de estudo com foco nos substratos neurais dos processos mentais. Está na interseção da psicologia e da neurociência, mas também se sobrepõe à psicologia fisiológica, à psicologia cognitiva e à neuropsicologia. Ela combina as teorias da psicologia cognitiva e modelagem computacional com dados experimentais sobre a função cerebral.

Os métodos empregados na neurociência cognitiva incluem paradigmas experimentais de psicofísica e psicologia cognitiva, neuroimagem funcional e estudos eletrofisiológicos de sistemas neurais. A pesquisa clínica sobre psicopatologia em pacientes com comprometimento cognitivo também constitui um aspecto importante da neurociência cognitiva.

No decorrer dos últimos trinta anos, o surgimento e o desenvolvimento dos métodos de imagéria cerebral funcional permitiram incontestáveis progressos nos estudos das funções cognitivas. Antes de descrever esses métodos e mostrar seu interesse para os psicólogos, é necessário “descartar” um certo número de ideias preconcebidas e mitos. Primeiramente, não se “vê” o cérebro da mesma forma que não se vê a atividade de um ou outro neurônio: só visualizamos – direta ou indiretamente – a atividade de uma população de neurônios numa região mais ou menos precisa do cérebro (FIORI, 2008).

Por outro lado, visualizar a atividade cerebral de nada vale se nada soubermos das funções cognitivas que estão em jogo. Em outras palavras, esses métodos não têm nenhuma utilidade quando aplicados sem hipóteses relativas aos modelos de funcionamento cognitivo, elaborados principalmente por psicólogos e neurocientistas, e se os paradigmas experimentais não foram concebidos para testar tais modelos. A imagéria cerebral é assim um conjunto de métodos que não substituem nem a reflexão teórica nem os procedimentos experimentais (FIORI, 2008).

Os métodos podem ser organizados nas seguintes categorias: anatômicos, fisiológicos e funcionais. Outras técnicas incluem modulação da atividade cerebral, análise de comportamento e modelagem computacional. Este trabalho buscou traçar as principais metodologias e às metodologias utilizadas neste estudo.

### **2.3.1 Estudos de lesão**

Um dos mais importantes métodos de pesquisa utilizado para investigar as funções cerebrais envolve a lesão de uma parte do cérebro e a avaliação subsequente do comportamento animal. Esse método é denominado ablação experimental (do latim *ablatus*, “levar embora”). Na maioria dos casos, este experimento não envolve a remoção física do tecido cerebral; em vez disso, o pesquisador lesa uma parte do tecido por meio de aplicação de ácido, sem retirá-lo do local. A ablação experimental é um dos métodos mais antigos usados em neurociência, e continua sendo um dos mais importantes atualmente (CARLSON, 2002)

Estudos em humanos, as lesões são decorrentes de tumores ou derrames. Usando técnicas atuais de imagem cerebral, é possível determinar a área danificada durante um derrame. A perda de função em pacientes com acidente vascular cerebral poderia então ser correlacionada com áreas danificadas do cérebro. Embora os estudos de lesões humanas forneçam informações importantes sobre a organização e função do cérebro, os estudos de lesões em animais trazem vantagens.

### **2.3.2 Estudos de imagéria cerebral**

O diferencial de um cérebro ativado é um cérebro no qual as populações de neurônios são ativadas – atividade que ultrapassa evidentemente a descarga de base dos neurônios. Todos os métodos de imagéria cerebral visam medir – direta ou indiretamente – essa atividade de populações de neurônios (FIORI, 2008).

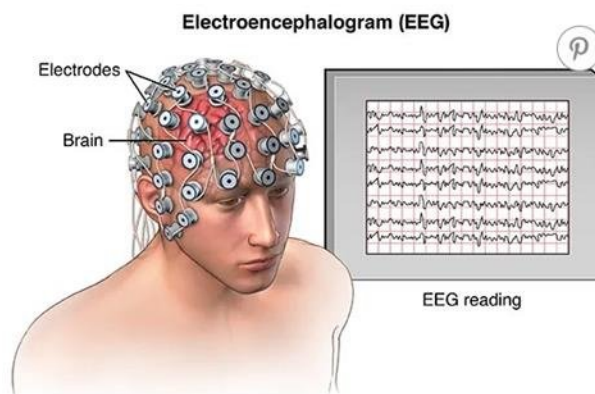
### *2.3.2.1 Eletroencefalografia (EEG)*

O EEG é uma medida de campo elétrico resultante do potencial de ação de uma população de neurônios sincronizada. Exceto nos casos bastante específicos de registros intracranianos (por exemplo, em pacientes epiléticos nos quais os eletrodos foram implantados, com fins terapêuticos, diretamente em certas partes do cérebro), a atividade EEG é registrada com a ajuda de eletrodos localizados na superfície do escalpo. A atividade assim recolhida resulta da soma dos potenciais pós-sinápticos correspondentes ao acionamento sincrônico de grande quantidade de neurônios, condição necessária à somatória dos potenciais pós-sinápticos. Considerando as diversas camadas de proteções do cérebro pela cabeça, o sinal registrado é fortemente atenuado (alguns microvolts), devendo, portanto, ser amplificado para que possa ser detectado. No estágio de desenvolvimento atual, dispõem-se de capacetes com 32, 64, 128 e 256 eletrodos que podem ser colocados com extrema precisão sobre a cabeça do indivíduo (FIORI, 2008).

O sinal assim recolhido se apresenta sob a forma de uma sucessão de ondas breves – o EEG espontâneo ou “bruto” – que se diferenciam entre si pelas frequências (em Hertz) e amplitudes (em microvolts) – em ritmos alfa, beta, teta... – podendo ser relacionadas aos níveis de vigília e sono. Esse EEG bruto é frequentemente carregado de artefatos de origens diversas, tais como atividade muscular (por exemplo, o indivíduo “serra os dentes”), atividade ocular (o indivíduo “pisca os olhos”), batimento cardíaco, ou simplesmente a movimentação do fio de um ou outro eletrodo. Esses artefatos podem contaminar o sinal do EEG e devem então ser eliminados da melhor maneira possível quer seja na fonte (pedindo ao indivíduo que relaxe e não se movimente), quer seja a posteriori com a ajuda de programas que permitem corrigir o sinal (FIORI, 2008).



Figura 2 – EEG



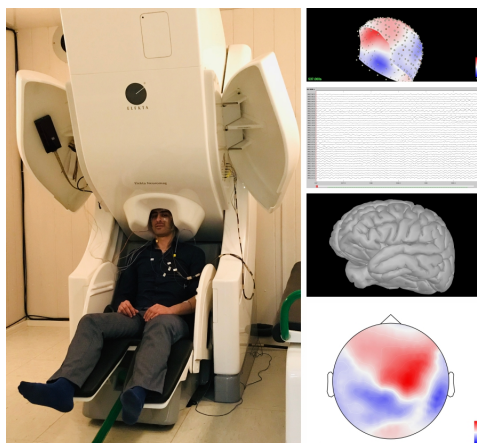
Fonte: <https://www.google.com/>; <https://www.brightbraincentre.co.uk/wp-content/uploads/2021/05/The-measurement-and-display-of-EEG-on-human-brains-with-electrodes-8.jpg>.

### 2.3.2.2 Magnetoencefalografia (MEG)

Essa técnica registra, profundamente no tecido cerebral, os campos magnéticos cerebrais produzidos pelas mesmas correntes sinápticas que aqueles registrados pelo EEG. Trata-se de uma técnica bem mais recente que o EEG, mas necessita de aparelhagem muito mais pesada, tanto que as pesquisas que o utilizam, mesmo sendo cada vez mais numerosas, são ainda em número limitado (FIORI, 2008).

A aparelhagem é constituída por detectores de campos magnéticos constituídos por uma bobina de fio metálico de alta condutividade (os magnetômetros). Estes são inseridos em meio supercondutor, de baixíssima resistência, que permite captar os campos magnéticos gerados pelo fluxo iônico da atividade neuronal do cérebro que é de baixa magnitude. A supercondutividade é obtida pela imersão dos magnetômetros em hélio líquido a  $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Essa é a razão pela qual a aparelhagem comporta um grande tubo (de aproximadamente 1 m de comprimento e 50 cm de diâmetro) situado acima da cabeça do indivíduo no qual os detectores são acoplados aos SQUID (*Superconducting Quantum Interference Device*) e garantem o resfriamento. Os aparelhos são assim compostos por um grande número de sensores – 100 a 300 – fixados pelo fabricante –, assim não é o instrumentador que estabelece o número de sensores, como é o caso do EEG – e esses sensores são posicionados a alguns centímetros do escalpo do indivíduo (FIORI, 2008).

Figura 3 – MEG



Fonte: <https://www.google.com/>; <https://www.hse.ru/mirror/pubs/share/direct/308273771.jpg>.

### 2.3.2.3 Tomografia computadorizada (TC)

Avanços recentes nas técnicas de raios X e computadores facilitaram o desenvolvimento de vários métodos para o estudo da anatomia do cérebro em atividade. Estes avanços permitem que os pesquisadores estudem o local e o tamanho da lesão in vivo. O primeiro método desenvolvido é denominado tomografia computadorizada (TC), (do grego *tomos*, “corte”; e *graphein*, “escrever”). Este procedimento, em geral referido como mapeamento por TC, opera do seguinte modo: a cabeça do paciente é colocada em um espaço na forma de um grande anel; este contém tubos de raio X e, na direção exatamente oposta (do outro lado da cabeça do paciente), um detector de raio X; o feixe de raio X atravessa a cabeça do paciente e o detector mede a quantidade de radioatividade, obtida através da mesma. O feixe atravessa a cabeça em todos os ângulos e um computador traduz os números recebidos do detector em imagens do crânio e seus componentes. O uso do equipamento, auxiliado por um computador, analisa os dados obtidos pela varredura, com feixes de raio X, para produzir uma imagem bidimensional de um “corte” do corpo (CARLSON, 2002).

Figura 4 – Tomografia computadorizada do crânio

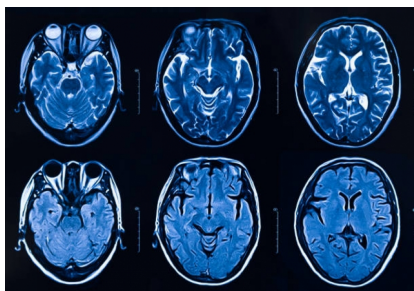


Fonte: <https://www.google.com/>; [https://media.licdn.com/dms/image/C5612AQELEwsuyTjmBg/article-cover\\_image-shrink\\_600\\_2000/0/1520183919810?e=2147483647&v=beta&t=O6L30nIP6oV](https://media.licdn.com/dms/image/C5612AQELEwsuyTjmBg/article-cover_image-shrink_600_2000/0/1520183919810?e=2147483647&v=beta&t=O6L30nIP6oV)  
PuetrCNkqEnLIKaLtVPVJ5osnqczJHnw.

#### 2.3.2.4 *Imageamento por ressonância magnética (IRM)*

O equipamento lembra o da TC mas não usa o raio X; em vez disso, a cabeça do sujeito é imersa num campo magnético extremamente forte. Quando o corpo de uma pessoa é imerso em um campo magnético forte, os núcleos de alguns tipos de átomos nas moléculas do corpo são orientados por esse forte campo; se uma onda de radiofrequência for então transmitida através do corpo, esses núcleos emitirão ondas de rádio que lhes são características (moléculas diferentes emitem energia em diferentes frequências). O mapeamento por IRM é sintonizado, por exemplo, para detectar a radiação de moléculas de hidrogênio; uma vez que elas estão presentes em variadas concentrações em diferentes tecidos, o aparelho pode usar essa informação para preparar imagens de cortes de cérebro. Ao contrário dos mapeamentos por TC, que geralmente são limitados ao plano horizontal, mapeamentos por IRM podem ser obtidos também nos planos sagital e frontal. É uma técnica pela qual se obtém imagens precisas do interior do corpo; envolve a interação entre ondas com frequência de rádio e um forte campo magnético (CARLSON, 2002).

Figura 5 – Ressonância magnética do crânio

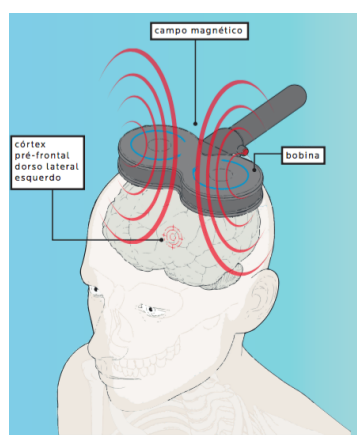


Fonte: <http://www.dimagem-unineuro.com.br/exames/imagens/ressonancia-magnetica-do-cerebro.jpg>.

### 2.3.3 Estimulação transcraniana (EMT)

A EMT é um método não invasivo e não doloroso de estimulação ou inibição da atividade neural através do escalpo, com um pulso eletromagnético que ativa uma área específica definindo mapas comportamentais ou motoras. É uma técnica de investigação e modulação da excitabilidade cortical em humanos em que alterações de excitabilidade cortical em circunstâncias fisiológicas e patológicas podem ser avaliadas via medidas como limiar motor, potencial evocado motor, curvas de recrutamento, inibição e facilitação intracorticais. O tempo de condução motora central pode ser usado para estimar a transmissão de impulsos neurais em vias motoras. A modulação do processamento de diferentes áreas corticais por EMT tem possibilitado o estudo de diferentes funções cerebrais (CONFORTOL; MARIELL; COHENLLL; SCAFFIV, 2002).

Figura 6 – EMT



Fonte: <https://www.google.com/>; <https://clinicadermac.com.br/wp-content/uploads/2019/04/Captura-de-Tela-2019-04-14-a%CC%80s-00.33.10.png>.

### **2.3.4 Farmacologia**

É uma técnica que envolve a administração de agentes químicos que afetam funções cerebrais.

As substâncias psicoativas atuam na comunicação sináptica entre neurônios, interagindo com neurotransmissores específicos. Os mecanismos dessa interação variam e incluem interferência na síntese, na liberação, na metabolização ou na recepção dos neurotransmissores ou em seus segundos mensageiros. Por intermédio dessas ações eles modificam sistemas responsáveis pelas nossas sensações prazerosas e desagradáveis, pelas nossas respostas emocionais e pela maneira como vivenciamos e interpretamos o mundo. Muitos desses fármacos são empregados no tratamento de transtornos psiquiátricos, tais como esquizofrenia, depressão e ansiedade. Além disso, o estudo de seus mecanismos de ação tem sido uma das principais abordagens para a compreensão desses transtornos. Infelizmente, algumas dessas substâncias são fonte de dependência e abuso em nossa sociedade (LENT, 2008).

### **2.3.5 Estudos Comportamentais**

Além de usar métodos para medir e avaliar a fisiologia e a anatomia do cérebro, também é importante a pesquisa em técnicas de análise comportamentais para obter melhor compreensão sobre a cognição. A cognição é a capacidade de processar informações e transformá-las em conhecimento ou em comportamentos motores, com base em um conjunto de habilidades mentais e/ou cerebrais como a percepção, a atenção, a associação, a imaginação, o juízo, o raciocínio e a memória. A cognição é essencial para todos os aspectos do comportamento humano, desde as experiências perceptivas mais simples até as interações sociais mais complexas (PASQUALI, 1996).

Em contraste com as outras abordagens, que focam na caracterização das atividades dos neurônios nas diversas regiões do cérebro, as abordagens comportamentais lidam com a observação do comportamento motor aparente dos indivíduos ou medidas biomédicas ao realizarem uma tarefa. Isso pode ser alcançado por meio de protocolos comportamentais bem definidos, tais como testes psicofísicos e testes neuropsicológicos, ou utilizando equipamentos para medidas

de respostas motoras ou eletrofisiológicas como *eye tracker*, dispositivo capaz de rastrear os movimentos da cabeça e dos olhos. Além disso, as abordagens comportamentais são essenciais em estudos das funções cognitivas e quase sempre usadas em conjunto com as várias abordagens neurocientíficas descritas acima. As abordagens comportamentais podem ser úteis sempre que houver uma resposta distinta a um estímulo, como uma imagem. Outro objetivo da abordagem comportamental é examinar como o comprometimento do sistema nervoso pode afetar o desempenho cognitivo (PASQUALI, 1996).

## 2.4 A psicofísica

Desde os tempos antigos, estudar nossas próprias sensações e percepções tem sido a forma mais importante de aprender sobre nosso corpo e mente. Basicamente, é assim que nos conscientizamos que nossos olhos são essenciais para ver, os ouvidos para ouvir e assim por diante. Mais sutilmente, Aristóteles (350 a.C.) descreveu várias ilusões perceptivas, incluindo imagens posteriores da retina e o efeito posterior do movimento, agora um elemento básico da psicologia e da neurociência (SEKULER, 1965). Mas foi no século XIX que essa psicologia popular se formalizou em medições detalhadas da percepção humana. Antes, Galileu, Kepler e Newton demonstraram com impressionante sucesso que o mundo físico estava sujeito a leis que explicavam as regularidades observadas no cosmos. Os cientistas agora começaram a procurar leis semelhantes que regem a percepção humana; na ousada frase de Fechner, “uma ciência exata das relações entre corpo e alma” (FECHNER, 1860). Muitos, como Ernst Mach, Hermann von Helmholtz ou o próprio Fechner, eram físicos ilustres, bem como psicólogos ou (o que chamaríamos agora) neurocientistas. Considerando que Aristóteles simplesmente notou o efeito posterior do movimento como um fenômeno singular, esses cientistas agora começaram a construir teorias sobre o que isso poderia implicar sobre o funcionamento interno do cérebro (READ, 2015).

Eles foram notavelmente bem-sucedidos em seu empreendimento. A observação de Weber de que a diferença apenas perceptível entre dois pesos é proporcional ao próprio peso (WEBER, 1846) encapsula uma verdade profunda sobre como o sistema nervoso codifica informações; embora haja desvios, a observação básica se aplica a uma vasta gama de fenômenos em áreas que incluem tempo e

número, bem como tato, visão e audição (STEVENS, 1957; WHITTLE, 1986; KILLEEN; WEISS, 1987; DEHAENE, 2003). Wheatstone (1838) descobriu a estereopsia binocular, a sensação de profundidade produzida por pequenas disparidades entre as imagens vistas pelos dois olhos. Surpreendentemente, pesquisadores anteriores não perceberam esse fenômeno, como Leonardo da Vinci (1835 (1651)), que estudou porque as imagens parecem planas mesmo quando a perspectiva está correta. A descoberta de Wheatstone implicava a existência de estruturas dentro do cérebro sensíveis à disparidade binocular, 130 anos antes de tais neurônios serem identificados (BARLOW *et al.*, 1967; NIKARA *et al.*, 1968). Young (1802) deduziu a famosa natureza tricromática da visão humana, apesar de não ter conhecimento dos três tipos de cone, e quase dois séculos antes do espectro de cones fisiológicos humanos serem finalmente medidos – também usando psicofísica (WALD, 1964). A concordância é impressionante, considerando o pouco que a fisiologia era conhecida na época (READ, 2015).

A psicofísica, juntamente com a psicofisiologia, é o ramo mais antigo da psicologia atual, que se dedica ao estudo dos comportamentos, do cérebro e dos processos mentais, seja de um indivíduo ou de uma população (GAZZANIGA; HEATHERTON, 2007; VANDENBOS, 2010). Quando Gustav T. Fechner desenvolveu a psicofísica, seu objetivo era de apresentar um método científico de estudo das relações entre corpo e mente, ou, mais precisamente, entre os mundos físico e fenomenológico (FECHNER, 1860). Para ele, o mundo físico e o mundo psicológico eram apenas reflexos diferentes da mesma realidade. Os processos do corpo (os processos cerebrais) seriam os processos de um ponto de vista externo ou objetivo, enquanto os processos mentais se refeririam aos processos internalizados ou subjetivos (COSTA, 2010).

A fisiologia sensorial na época em que a psicofísica foi desenvolvida era apoiada apenas no fenômeno subjetivo, isto é, na percepção, em vez de atividades neurais ou potenciais elétricos registrados em receptores sensoriais. No entanto, Fechner criou o conceito de psicofísica Interna para se referir às funções neurais ou às relações sensoriais e as suas respectivas atividades neurais que a suportam. Ele tinha consigo que os eventos neurais, ainda bastante desconhecidos naquele momento, tinham parte importante no entendimento desta relação entre mundo objetivo e subjetivo. Assim, Fechner considerava como psicofísica externa a relação entre sensações (ou seja, o fenômeno) e as correspondentes propriedades físicas e

as variações dos próprios objetos (SCHEERER, 1992). A psicofísica interna se manteve no plano dos conceitos teóricos enquanto a psicofísica externa proporcionou a base para a criação de métodos de estudo dos processos sensoriais e cerebrais (COSTA, 2010).

Na convergência entre neurociência e psicofísica, os métodos psicofísicos podem auxiliar no exame da capacidade perceptiva em pacientes com lesão cerebral, na escolha mais adequada dos estímulos para explorar um mecanismo ou área cerebral e para determinar a relevância perceptiva (comportamental) de dado mecanismo ou área cerebral (BERNARDINO, 2019).

O objetivo final da neurociência é entender a base biológica de nossos pensamentos e comportamento. Dentro disso, um objetivo secundário importante é entender nossas próprias percepções: como nossos cérebros representam e interpretam o mundo ao nosso redor. A abordagem psicofísica “pede” a um indivíduo que faça relatórios quantitativos sobre sua percepção de um estímulo e examina como esses relatórios mudam em função das propriedades físicas do estímulo. Em outras palavras, ele sonda as relações de entrada/saída do sistema em estudo. É difícil imaginar uma abordagem mais básica, ou como alguém poderia alegar entender qualquer sistema sem primeiro medir essas relações (READ, 2015).

## 2.5 Testes psicofísicos

Os testes psicofísicos são compostos de um estímulo físico padrão e de uma resposta psíquico-motora padrão. A inter-relação das áreas da ciência física e matemática (medida do estímulo físico) e da ciência biológica (medida da resposta biológica) é fundamental para compreensão dos resultados obtidos (KRONBAUER, A.L., SCHOR, P., CARVALHO, L.A.V, 2008).

Embora na maioria das tarefas psicofísicas de detecção se solicite ao observador uma resposta motora simples e arbitrária registrada como ocorrendo ou não em um intervalo de tempo no qual a resposta pode ser dada, é possível medir-se o intervalo entre o início da apresentação do estímulo e a ocorrência da resposta motora de detecção do estímulo denominado tempo de reação. Por exemplo, o tempo de reação guarda uma relação inversa natural e ordenada com magnitude de estímulo para todas as modalidades sensoriais testadas, de forma tal que pode ser usado para escalonar estímulos. Se o *manipulandum* e a topografia da resposta reforçada são



cuidadosamente adaptados às características da espécie em estudo, é possível obterem-se dados de excelente qualidade (PASQUALI, 1996).

Tempo de reação é um método que nasceu fora da psicofísica; sua invenção é creditada a Franciscus Donders, em torno de 1865, interessado em calcular a velocidade de operações mentais. O método foi incorporado ao laboratório de Wundt e posteriormente aplicado à psicofísica, não com os objetivos originais, mas em função desta sua propriedade de relação natural com magnitude de estímulo. A proposição deste uso para tempo de reação remonta a Cattell, em 1902, mas só a partir da década de 60 tempo de reação começou a ser usado de forma sistemática na psicofísica animal. Vide, por exemplo, a demonstração de seu uso para pesquisar tanto audição quanto visão em macacos, feita por Stebbins e Miller (1964). Este método vem sendo usado para descrever a sensação de brilho e de sonoridade em várias espécies, e os resultados se comportam de forma equivalente aos obtidos para observadores humanos, não só em tarefas semelhantes de tempo de reação, mas comparando dados humanos obtidos usando tempo de reação e estimativa de magnitude (MARSHALL; BRANDT, 1980; PFINGST; HIENZ; KIMM; MILLER, 1975; REASON, 1968).

É possivelmente o método mais usado em psicofísica animal para a pesquisa sobre escalas de sensação. É importante a apreciação de que as várias adaptações anteriormente descritas, além de permitirem a transposição da barreira da linguagem, asseguram a efetiva observância das regras esperadas de comportamento do observador humano explicitadas pela instrução verbal. Com frequência, os procedimentos de psicofísica animal podem, com pequenas adaptações, ser usados em seres humanos, permitindo a validação do uso do comportamento/desempenho animal como modelo do comportamento/desempenho humano. A combinação da psicofísica animal com eletrofisiologia sensorial, explorada nos trabalhos pioneiros de DeValois e DeValois em visão, permitiu um avanço significativo na psicobiologia dos sistemas sensoriais (PASQUALI, 1996).

## **2.6 Estudos psicofísicos de tempo de reação**

O desenho experimental de medidas de lapso entre um estímulo sensorial ambiental e a resposta motora, o tempo de reação, é uma das técnicas mais antigas

e importantes na investigação dos processos cognitivos, e seu emprego como variável dependente adquiriu uma relevância maior e tornou-se ubíqua com a disponibilização dos microcomputadores e o surgimento da moderna psicologia cognitiva, da neurociência e do estudo de função cognitiva cerebral (POSNER, 1978).

Os três tipos principais de desenhos experimentais de tempo de reação utilizados por pesquisadores são (WELFORD, 1980; LUCE, 1986):

- Simples – no qual há somente um estímulo e uma resposta possível.
- Vai / não vai (Go-no-go) – em que alguns estímulos devem ser respondidos e outros não, sendo a resposta comportamental, quando oportuna, sempre a mesma.
- De escolha – em que o participante deve selecionar uma resposta correspondente a um estímulo específico, por exemplo, apertar um dado botão ao aparecimento de um dado estímulo, mas apertar outro botão se o estímulo for diferente.

Um dos estudos pioneiros de tempo de reação foi o de Donders (1868). Ele mostrou que o teste de tempo de reação de escolha é mais longo que o de tempo de reação vai / não vai, e que o teste de tempo de reação simples é o mais curto de todos. Miller e Low (2001) mostraram que o tempo de preparação motora (tencionar os músculos) e a resposta motora (no caso pressionar a barra de espaço do computador) foram os mesmos em todos os tipos de testes de tempo de reação, mostrando que as diferenças nos tempos de reação são devidas a outros fatores.

### **2.6.1 Número de estímulos válidos possíveis**

O foco natural de exploração dos pesquisadores foi dirigido ao estudo dos efeitos do aumento do número de alternativas de estímulos em experimentos de tempo de reação vai / não vai e de escolha sobre o tempo de reação. Hick (1952) descobriu que nos experimentos de tempo de reação de escolha a latência da resposta foi proporcional ao logaritmo do número de alternativas de estímulos. Ou seja, o tempo de reação aumenta com  $\log N$ , onde  $N$  é o número de alternativas do estímulo. Essa relação logarítmica é denominada Lei de Hick-Hayman – que descreve o tempo em que uma pessoa leva para tomar uma decisão com base no número de alternativas disponíveis a serem escolhidas.

Sternberg (1969) observou que o tempo de reação aumenta proporcionalmente com o aumento do número de itens a serem memorizados em experimentos de tempo de reação vai / não vai, isto é, proporcional a N, não a log N. Os tempos de reação variaram de 420 ms para um estímulo válido (ex.: o reconhecimento de uma letra num símbolo) a 630 ms para seis estímulos válidos, aumentando por volta de 40 ms a cada item era adicionado. Nickerson (1972) fez uma revisão de diversos estudos de tempo de reação vai / não vai que corroborou com aqueles resultados.

### **2.6.2 Estímulo**

Muitos pesquisadores confirmaram que a reação simples a um som é mais rápida do que a reação a uma luz, sendo comuns tempos de reação para estímulos auditivos entre 140-160ms e 180-200ms para estímulos visuais (GALTON, 1899; WOODWORTH; SCHLOSBERG, 1954; VON FIEANDT; HUHTALA; KULLBERG; SAARL, 1956; WELFORD, 1980; BREBNER; WELFORD, 1980).

Froeberg, (1907) demonstrou que estímulos visuais de longa duração conduzem a tempos de reação mais longos; Wells, (1993) obteve os mesmos resultados para estímulos auditivos.

Piéron (1920) e Luce (1986) reportaram que quanto mais fraco for o estímulo, mais longo o tempo de reação. Contudo, depois que o estímulo atinge determinada intensidade, há saturação e o tempo de reação se torna constante, independente da intensidade. Kohfeld (1971) demonstrou que a diferença entre os tempos de reação à luz e ao som poderiam ser eliminados caso fosse utilizado um estímulo forte e intenso.

### **2.6.3 Estado de atenção**

A atenção e o estado de relaxamento são dois dos fatores mais investigados em tarefas de tempo de reação. O tempo de reação é mais rápido com um nível intermediário de excitação e é mais lento quando o participante está muito relaxado ou tenso (WELFORD, 1980; BROADBENT, 1971; FREEMAN, 1933).

Etnyre e Kinugasa (2002) demonstraram que participantes que tiveram que reagir a um estímulo auditivo estendendo sua perna tiveram tempos de reação de

respostas mais curtas caso realizassem uma contração isométrica nos músculos da perna três segundos antes de reagir ao estímulo. É possível que se espere que a contração do músculo seja mais rápida por si só (pois o músculo estaria aquecido), porém, o que foi surpreendente foi que a parte da pré-contração no tempo de reação também foi mais curta. Foi como se a contração isométrica tivesse permitido que o cérebro trabalhasse mais rápido.

#### **2.6.4 Idade**

As respostas de tempo de reação são menores na infância até o início dos 30 anos, quando aumentam gradativamente até os 50 e 60 anos e se tornam ainda mais lentas depois dos 70 anos (WELFORD, 1977; JEVAS; YAN, 2001; LUCHIES *et al.*, 2002; ROSE *et al.*, 2002).

Luchies *et al.* (2002) reportaram que na faixa etária dos 70 anos em diante observa-se aumento de tempo de reação para tarefas mais complexas. A variabilidade dos tempos de reação aumenta com o envelhecimento (HULTSCH *et al.*, 2002).

Aparentemente, essa diferença no tempo de reação não é simplesmente devido a fatores mecânicos como a rapidez da condução do sistema nervoso. É possível que isso suceda devido à tendência de as pessoas mais idosas serem mais cuidadosas e monitorarem mais suas respostas (BOTWINICK, 1966). Quando preocupados com uma distração, pessoas mais idosas tendem a dedicar sua atenção exclusivamente a um estímulo e a ignorar outros, o que difere de pessoas mais jovens que são mais flexíveis (REDFERN *et al.*, 2002).

Lajoie e Gallagher (2004) observaram que pessoas idosas que têm tendência de cair em casas de repouso possuem uma resposta de tempo de reação significativamente mais lenta do que aquelas que não tendem a cair.

Um estudo mais antigo, GALTON (1899) reportou que, em adolescentes entre 15 a 19 anos, os tempos de reação para estímulos visuais foram de 187 ms e de 158 ms para estímulos auditivos.

#### **2.6.5 Gênero**

Praticamente em todas as faixas etárias, homens foram mais rápidos em testes de tempo de reação do que as mulheres (NOBLE *et al.*, 1964; WELFORD, 1980;

ADAM *et al.*, 1999; DANE; ERZURUMLUGOGLU, 2003). Bellis (1933) mostrou que os tempos médios para apertar um botão em resposta a estímulo visual foi de 220 ms para homens e 260 ms para mulheres, e para estímulos auditivos 190 ms para homens e 200 ms para mulheres. Jervas e Yan (2001) reportaram que a relação de deterioração do tempo de reação devido à idade é similar entre homens e mulheres.

### **2.6.6 Efeito de retestagem**

Sanders (1998) reportou que, quando os participantes efetuavam uma tarefa pela primeira vez, os tempos de reação de resposta ao estímulo eram menos consistentes do que quando já tinham adquirido uma certa prática. Se o participante cometia um erro (como por exemplo apertar a tecla de espaço antes do estímulo ser apresentado), as subseqüentes respostas ficavam mais lentas, como se estivesse sendo mais cauteloso.

Ando *et al.* (2002) observaram que o tempo de reação a um estímulo visual diminuiu assintoticamente ao longo de três semanas de retestagens. Posteriormente, os mesmos pesquisadores (2004) verificaram que os efeitos da prática persistiram por pelo menos três semanas.

### **2.6.7 Fadiga**

Welford (1968) observou que os tempos de reação são mais curtos quando o participante estava fatigado. Singleton (1953) observou que esta deterioração devido à fadiga era mais acentuada para tarefas de tempo de reação mais complexas. Fadiga mental associada à sonolência causava maior aumento de tempo de reação. Kroll (1973) não observou nenhum efeito de tempo de reação devido à fadiga muscular.

Phillip *et al.* (2004) mostraram que a privação de sono por 24 horas aumenta os tempos de reação em participantes de 20 a 25 anos, mas não provoca o mesmo efeito em participantes de 52 a 63 anos. Takahashi *et al.* (2004) estudaram trabalhadores que tiraram uma pequena soneca durante a jornada de trabalho e não observaram alteração no tempo de reação escolha com o descanso.

### **2.6.8 Distração**

Welford (1980) e Broadbent (1971) revisaram estudos que mostraram que distrações causam um aumento no tempo de reação. Richard *et al.* (2002) e Lee *et al.* (2001) observaram que estudantes universitários tiveram um aumento no tempo de reação ao realizar duas tarefas simultâneas, conduzir um veículo e responder à um estímulo auditivo, esse estudo levou a discussões sobre a segurança de dirigir e utilizar um telefone celular ao mesmo tempo.

### **2.6.9 Efeito de alerta prévia sobre a iminência do estímulo**

Brebner e Welford (1980) demonstraram que os tempos de reação foram mais curtos quando o participante foi alertado que o estímulo estaria por aparecer.

Bertelson (1967) observou que, contanto que o aviso ocorresse mais do que 200 ms antes do estímulo, quanto menor fosse o intervalo entre aviso e estímulo, mais rápido era o tempo de reação. Esse efeito ocorreu possivelmente porque a atenção e a tensão muscular não podem ser mantidas a um nível alto por mais do que intervalos curtos (GOTTSDANKER, 1975).

### **2.6.10 Efeito de alerta prévia sobre danos devido ao uso do álcool**

Filmore e Blackburn (2002) observaram que participantes que haviam bebido uma alta dose de álcool reagiram mais rapidamente quando foram avisados que a dose de álcool ingerida era suficiente para aumentar o tempo de reação. Participantes que não foram alertados e beberam tiveram uma diminuição nos resultados do tempo de reação.

Contudo, os participantes alertados também foram menos inibidos e menos cuidadosos nas respostas. Mesmo os participantes que beberam drinks não alcoólicos e foram alertados falsamente sobre o prejuízo devido ao álcool reagiram mais rápido do que os participantes que não foram alertados e beberam *drinks* não alcoólicos.

### **2.6.11 Álcool**

A maioria dos experimentos que utilizaram como medida a resposta do tempo de reação simples não demonstraram algum efeito devido à ingestão alcoólica, Moskowitz e Robson (1998) concluíram que o tempo de reação simples não é uma

medida muito sensível para avaliar o estado de alcoolemia. Esses experimentos envolveram testes com um único estímulo conhecido e uma única resposta. Os participantes apresentaram tempos de reação similares com e sem ingestão de álcool.

Nos estudos com tempo de reação de escolha, embora grande parte dos testes tenham demonstrado um prejuízo nas respostas devido ao uso de álcool, somente houve um prejuízo significativo do desempenho quando os níveis de alcoolemia estavam acima de 0,06 g/dl. Já com alcoolemias acima de 0,08 g/dl, 80% dos estudos evidenciaram um grande prejuízo nos tempos de resposta, como sumariados na tabela abaixo (MOSKOWITZ, 2000).

Quadro 1 – Resultados de pesquisas feitas com testes de tempo de reação escolha sob o efeito de álcool

<b>Autor</b>	<b>Ano</b>	<b>Tarefa</b>	<b>BAC</b>	<b>Prejuízo</b>
MILLAR <i>et al.</i>	1992	Tempo de reação escolha para 1 entre 5 círculos	0,014	Não
HINDMARCH <i>et al.</i>	1992	Reportar qual das 6 luzes acendeu ou apagou	0,020	Não
MACARTHUR; SEKULER	1982	Tempo de reação escolha	0,020	Não
MACARTHUR; SEKULER	1982	Tempo de reação escolha	0,020	Sim
HINDMARCH <i>et al.</i>	1991	Apagar 1 de 6 luzes	0,027	Não
MAYLOR <i>et al.</i>	1987	Tempo de reação escolha para personagens de um vídeo	0,029	Não
JÄÄSKELÄINEN <i>et al.</i>	1995	Tempo de reação escolha para um estímulo auditivo	0,030	Não
MILLAR <i>et al.</i>	1992	Tempo de reação escolha para 1 ou 5 círculos	0,030	Não
COLRAIN <i>et al.</i>	1993	Tempo de reação escolha para confirmar a	0,032	Sim

		presença de um padrão vertical		
FINNIGAN <i>et al.</i>	1995	Reportar alterações de 1 entre 5 círculos	0,040	Não
GENGO <i>et al.</i>	1990	Reportar qual das 6 luzes acendeu e apagou	0,040	Sim
COLRAIN <i>et al.</i>	1993	Tempo de reação escolha para confirmar a presença de um padrão vertical	0,043	Sim
ANTEBI	1982	Tempo de reação escolha	0,045	Sim
VERMEEREN; O'HANLON	1998	Tempo de reação escolha com pistas distratoras	0,045	Sim
HINDMARCH <i>et al.</i>	1992	Reportar qual das 6 luzes acendeu e apagou	0,052	Não
FINNIGAN <i>et al.</i>	1995	Reportar alterações de 1 entre 5 círculos	0,056	Não
JÄÄSKELÄINEN <i>et al.</i>	1995	Tempo de reação escolha para um estímulo auditivo	0,060	Não
KENNEDY <i>et al.</i>	1993	Quatro opções de tempo de reação	0,060	Sim
MACARTHUR; SEKULER	1982	Tempo de reação escolha	0,060	Não
MACARTHUR; SEKULER	1982	Tempo de reação escolha	0,060	Sim
MILLAR <i>et al.</i>	1992	Tempo de reação escolha para 1 ou 5 círculos	0,060	Não
JÄÄSKELÄINEN <i>et al.</i>	1996	Tempo de reação escolha com distração auditiva	0,062	Sim



FINNIGAN <i>et al.</i>	1995	Tempo de reação escolha para 1 de 5 círculos	0,063	Não
HINDMARCH <i>et al.</i>	1991	Apagar 1 de 6 luzes	0,066	Sim
MAYLOR <i>et al.</i>	1992	2-, 4-, ou 8 escolhas	0,067	Sim
COLRAIN <i>et al.</i>	1993	Tempo de reação escolha para confirmar a presença de um padrão vertical	0,068	Sim
MULVIHILL <i>et al.</i>	1996	Tempo de reação escolha com controle inibitório	0,073	Sim
FINNIGAN <i>et al.</i>	1995	Reportar alterações de 1 entre 5 círculos	0,075	Sim
COLLINS <i>et al.</i>	1987	Tempo de reação para o aparecimento de 1 luz entre 5	0,077	Sim
HINDMARCH <i>et al.</i>	1992	Reportar qual das 6 luzes acendeu ou apagou	0,078	Sim
COLRAIN <i>et al.</i>	1993	Tempo de reação escolha para confirmar a presença de um padrão vertical	0,096	Sim
HINDMARCH <i>et al.</i>	1992	Reportar qual das 6 luzes acendeu ou apagou	0,100	Sim
HINDMARCH <i>et al.</i>	1991	Apagar 1 de 6 luzes	0,104	Sim
KENNEDY <i>et al.</i>	1993	Quatro opções de tempo de reação	0,110	Sim
MAYLOR <i>et al.</i>	1987	Tempo de reação escolha para personagens de um vídeo	0,130	Sim

HINDMARCH <i>et al.</i>	1991	Apagar 1 de 6 luzes	0,142	Sim
KENNEDY <i>et al.</i>	1993	Quatro opções de tempo de reação	0,160	Sim

Fonte: Moskowitz (2000).

### 2.6.12 Exercício

Welford (1980) observou que participantes fisicamente em forma obtiveram resultados de tempo de reação mais rápidos. Levitt, Guttin (1971) e Sjoberg (1975) mostraram que os participantes obtiveram tempos de reação mais curtos quando se exercitaram o suficiente para chegar a 115 batidas do coração por minuto. Kashihara e Nakahara (2005) observaram que exercícios vigorosos diminuíram os tempos de reação, mas somente para os primeiros 8 minutos posteriores ao término do exercício.

Mcmorris *et al.* (2000) não observaram nenhum efeito nos tempos de reação durante um teste de habilidade no futebol. Lemmink e Visscher (2005) relataram que o tempo de reação de escolha e a taxa de erro em jogadores de futebol não foram afetadas por exercícios numa bicicleta ergométrica.

Collardeu *et al.* (2001) observaram que em corredores, o tempo de reação foi mais curto durante o exercício, mas não posterior ao mesmo, o que foi atribuído ao grau de excitação durante o exercício.

### 2.6.13 Drogas estimulantes

O efeito da cafeína tem sido estudado em pesquisas por meio de protocolos de tempo de reação. Lorist e Snel (1997) observaram que doses moderadas de cafeína diminuíram o tempo que os participantes levavam para encontrar o estímulo alvo e para preparar uma resposta a uma tarefa de tempo de reação complexa.

Durlach *et al.* (2002) relataram que a quantidade de cafeína em um copo de café reduziu o tempo de reação e aumentou a habilidade de resistir a uma distração, mesmo vários minutos depois do consumo. Mclellan *et al.* (2005) observaram que soldados estimulados em combates urbanos mantiveram suas habilidades e seus tempos de reação durante um período prolongado, mesmo sem regime de restrição de sono quando testados com cafeína.

### **3 A NEUROCIÊNCIA SAI DO LABORATÓRIO**

#### **3.1 Pesquisas pelo celular**

Em 2021 a Strategy Analytics, empresa de pesquisa e consultoria de mercado, publicou os resultados de sua nova pesquisa sobre uso de smartphones e informou uma estimativa de que 3,85 bilhões de pessoas possuíam um celular. Ao todo, espera-se que a base mundial de conexões móveis — incluindo smartphones, tablets, notebooks e dispositivos IoT — ultrapasse 8,8 bilhões em 2026, sendo que 91% desse total estará conectado às redes de banda larga móvel das redes 3G, 4G e 5G.

No Brasil, o celular para uso pessoal está presente na vida de 155,2 milhões de brasileiros na faixa etária de 10 anos ou mais. Este número representava 84,4% da população nessa faixa etária em 2021, percentual maior que o estimado para 2019 (81,4%). O dado foi revelado pela PNAD Contínua (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios), coletada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

Para muitos usuários, os smartphones já substituíram uma enorme gama de outros dispositivos: telefones fixos, câmeras digitais, álbuns de fotos, gravadores de vídeo, MP3 players de música, rádios, gravadores de voz, navegadores GPS, consoles de jogos portáteis, relógios, despertadores, calendários e calculadoras (MILLER, 2012).

Nas pesquisas em neurociências, os smartphones também podem substituir uma ampla gama de métodos de pesquisas convencionais tais como protocolos baseados em papel e lápis, pesquisas por correio, pesquisas por telefone e, se conectado a certos periféricos, muitos outros estudos em laboratório, estudos de campo e estudos via internet (MILLER, 2012).

O cérebro humano tem capacidade preditiva de perceber, compreender e agir dinamicamente em ambientes complexos em constante mudança. Para produzir reações flexíveis e adaptativas que sejam relevantes e adequadas aos objetivos do indivíduo, o cérebro deve integrar sinais sensoriais e motores multimodais simultâneos, usando feedback contínuo em tempo real para orientar a execução do comportamento contínuo. Apesar dessa realidade dinâmica, no entanto, grande parte das abordagens tradicionais para entender a cognição humana tem sido baseada em

experimentos realizados em ambientes de laboratório relativamente estáticos, muitas vezes simulados. Normalmente, os participantes sentam-se ou deitam-se, recebem instruções explícitas e altamente restritas e atendem a estímulos artificiais enquanto executam respostas estereotipadas cuidadosamente desenhadas. A vantagem de tais abordagens é o controle experimental que ela oferece, por outro lado a desvantagem é a perda de dimensionalidade do mundo real e, talvez, relevância. Uma abordagem alternativa que capitaliza os recentes desenvolvimentos tecnológicos pode permitir que o trabalho experimental seja situado no mundo real (LADOUCE; DAVID; PAUL; IETSWAART, 2017).

Os smartphones oferecem um enorme potencial para reunir informações precisas, objetivas, e coletando dados sustentados e ecologicamente válidos sobre comportamentos e experiências do mundo real de milhões de pessoas, sem exigir que elas tenham que se deslocar aos laboratórios (DUFAU *et al.*, 2011; KWOK, 2009; RACHURI; MASCOLO, 2011; RAENTO; OULASVIRTA; EAGLE, 2009).

Ao tornar os smartphones como instrumento de pesquisa, os estudos em neurociência podem se tornar muito mais robustos, elaborados, internacionais, aplicáveis e baseados no comportamento do mundo real. Os smartphones podem revolucionar todos os campos da psicologia e outras ciências comportamentais se compreendermos seu potencial e passarmos a desenvolver mais pesquisas por meio de aplicativos e métodos de análise de dados desenvolvidos para celular (MILLER, 2012).

O desenvolvimento e evolução das neurociências caminham paralelamente à introdução de novas tecnologias em suas pesquisas, provocando não apenas novas descobertas, mas também a criação de novas áreas de pesquisas, teorias, cursos, aplicações, estatísticas, métodos, planos de carreira e fontes de financiamento. O cenário atual colabora com um ambiente de educação terciária experimentando tecnologia dentro das práticas de ensino e pesquisa. O uso de aplicativos móveis tem sido um componente essencial na alfabetização digital e na realização de novos experimentos na educação. Smartphones permitem rodar experimentos controlados, pesquisar e rodar testes ricos em conteúdo de percepção e variedade de comportamentos, e, neste caso, aplicativos de software para download para smartphones são uma forma mais rápida e prática de recrutar, obter consentimento, monitorar, experimentar e interrogar os participantes – de qualquer pessoa, a qualquer hora e, em qualquer lugar dentro dos aspectos éticos estabelecidos - aproximando-se

mais com a realidade dos estudos e mudando potencialmente as práticas de ensino e pesquisa nas universidades (MILLER, 2012).

O número de publicações com uso de smartphones nas neurociências está em tendência de crescimento. No PubMed.gov, os termos de pesquisa “smartphone e neuroscience” revelaram 51 publicações para 2016, 71 para 2017, 97 para 2018, 122 para 2019 e 170 para 2020, respectivamente. Revisões e metanálises são necessárias para sintetizar os achados tanto para pesquisadores quanto para aplicadores. A revisão e meta-análise apresentada por Goreis *et al.* (2020), examinaram o potencial de aplicativos de smartphones para reduzir os sintomas de estresse pós-traumático. Observou-se uma redução significativa ( $p < 0,001$ ) dos sintomas de estresse pós-traumático nos participantes que usaram aplicativos ( $g = 0,55$ , correspondente ao tamanho do efeito de Hedge grande), porém o tamanho do efeito foi pequeno e a redução dos sintomas não foi significativamente maior nos participantes que usaram os aplicativos ( $g = 0,09$ ,  $p = 0,0574$ ) (GOREIS; FELNHOFER; KAFKA; PROBST; KOTHGASSNER, 2020).

Seifert *et al.* (2018) identificaram seis desafios, coleta de dados em ambientes da vida real, medições em tempo real, dados pessoais, dados passivos, dispositivos smartphones, segurança de dados e questões éticas - para uma pesquisa de smartphone mais inteligente em neurociência e forneceram sugestões para superar esses desafios (PRYSS; LANGGUTH; PROBST; SCHLEE; SPILIOPOULOU; REICHERT, 2021).

A falta de validade ecológica na ciência cognitiva tornou-se problemática com o surgimento de evidências de que a cognição é corporificada (GALLAGHER, 2005; BARSALOU, 2008). Nos últimos 20 anos, tornou-se evidente que a cognição é inerentemente dependente de sua posição situada do indivíduo no ambiente. Chiel e Beer (1997) foram um dos primeiros a argumentar que a compreensão das interações entre cérebro, corpo e ambiente é crucial. A importância dessa visão tornou-se mais aparente por meio de pesquisas recentes que mostram que a experiência corporal de fato molda a maneira como processamos as informações do ambiente. Para deixar claro, a ideia ampla de interdependência entre percepção/ação e o ambiente já havia sido enfatizada por Gibson em sua teoria dos recursos (1979), que afirma que a informação externa de que dispomos é processada em relação às oportunidades de ação que eles providenciam. Embora tenha sido desenvolvida amplamente de forma independente, a teoria da incorporação também argumenta que a cognição é para a

ação e, além disso, que a cognição é realmente dependente da experiência corporal (CLARK, 1999). Compreender a cognição por paradigmas experimentais abstratos que carecem de interação com o ambiente, devido à sua natureza artificial, portanto, fazem pouco sentido de uma perspectiva corporificada (LADOUCE; DAVID; PAUL; IETSWAART, 2017).

O suporte para a incorporação da cognição também pode ser encontrado nas descobertas da neurociência moderna. Por exemplo, evidências sobre a plasticidade neural coletadas nos últimos 20 anos deixaram claro que o cérebro e o comportamento são continuamente moldados por nossa experiência ao interagir com o mundo. Mesmo no nível da organização funcional da visão, é claro que as representações refletem potencialidades de ações *top-down*, em vez de entradas sensoriais *bottom-up* (BRACCI *et al.*, 2012). Um exemplo convincente é fornecido por Thaler *et al.* (2011), que mostraram que pessoas cegas podem usar a ecolocalização para navegar no espaço (ouvir o eco do som de cliques para localizar o ponto de reflexão), dando origem a uma reestruturação funcional de regiões cerebrais tipicamente envolvidas na visão. Talvez o exemplo mais famoso de como nosso comportamento molda nosso cérebro seja o trabalho com motoristas de táxi londrinos que apresentaram aumento do tamanho do hipocampo, que se acredita ser devido à experiência de navegar no complexo labirinto das ruas de Londres (MAGUIRE *et al.*, 2000).

Tomadas em conjunto, essas descobertas destacam o fato de que a interação com o mundo circundante molda a estrutura e a função do cérebro. A partir dessa perspectiva, a aceitação recente da cognição como sendo incorporada enfatiza um problema inerente aos experimentos cognitivos tradicionais – testes experimentais altamente controlados e artificiais tendem a separar a cognição das experiências corporais naturais. Além disso, ao separar a cognição da experiência corporal removemos sua interação intrínseca que define a mente humana como um agente ativo. O conceito de cognição situada, decorrente da estrutura da corporeidade, postula que nossa experiência cognitiva depende da posição do corpo no ambiente (MAGUIRE *et al.*, 2000).

### 3.2 Testes psicofísicos aplicados pelo celular

Testes psicofísicos que apresentam estímulos e registram respostas com precisão são essenciais para o estudo da percepção e da cognição. Eles são comumente executados usando aplicativos de software executados em computadores desktop ou laptop, mas a execução do software em dispositivos portáteis como smartphones ou tablets pode ser vantajosa em algumas situações. Primeiro, seu pequeno tamanho e peso podem facilitar seu uso fora do laboratório em locais como ambientes clínicos (KALIA *et al.*, 2014; BASTAWROUS *et al.*, 2015; MCKENDRICK; CHAN; VINGRYS; TURPIN; BADCOCK, 2018; LINARES *et al.*, 2018; MARIN-CAMPOS; DALMAU; COMPTE *et al.*, 2021). Em segundo lugar, sua interface touchscreen poderia facilitar seu uso por pessoas com pouca experiência com computadores mais tradicionais. Em terceiro lugar, o grande número de pessoas que os possuem e a facilidade de instalação de aplicativos a partir de repositórios comuns para esses dispositivos podem facilitar o acesso aos voluntários e a coleta de dados on-line. E por último, esses equipamentos geralmente são mais baratos do que os dispositivos de desktop ou laptop (MARIN-CAMPOS; DALMAU; COMPTE *et al.*, 2021).

Alguns exemplos de testes psicofísicos realizados em dispositivos móveis com aplicativos personalizados que implementam testes específicos são a avaliação da acuidade visual (BLACK *et al.*, 2013), a sensibilidade ao contraste (DORR; LESMES; LU; BEX, 2013; RODRÍGUEZ-VALLEJO; REMÓN; MONSORIU; FURLAN, 2015; KOLLBAUM; JANSEN; KOLLBAUM; BULLIMORE, 2014), a sensibilidade ao contraste cromático (BODDULURI; BOON; RYAN; DAIN, 2018) ou estereoacuidade (RODRÍGUEZ-VALLEJO; FERRANDO; MONTAGUD; MONSORIU; FURLAN, 2017), o uso de um aplicativo que permitia a apresentação sequencial de imagens criadas *offline* (TURPIN; LAWSON; MCKENDRICK, 2014; MCKENDRICK *et al.*, 2018; NGUYEN *et al.*, 2018) e o StimuliApp, um aplicativo de código aberto desenvolvido para iPadOS e iOS, no qual o pesquisador-usuário pode criar seus próprios testes psicofísicos por meio de um sistema de menus (MARIN-CAMPOS; DALMAU; COMPTE *et al.* 2021), como feito no aplicativo utilizado nesta pesquisa.

## **4 A COLABORAÇÃO ENTRE A NEUROCIÊNCIA E A INDÚSTRIA – INVESTIMENTOS, DESAFIOS E POSSIBILIDADES**

### **4.1 O Investimento em pesquisa**

A academia precisa estar preparada para as transformações da sociedade, bem como ser capaz de ditar ou criar tendências da formação humana e nas diversas fronteiras do desenvolvimento científico e tecnológico. Neste contexto a universidade como instituição encontra-se inserida em um ambiente caracterizado por mudanças organizacionais, por modificações no comportamento dos principais atores envolvidos com o desenvolvimento econômico e social e pela expectativa de que ela se envolva em novos arranjos interinstitucionais que resultem em benefícios baseados em conhecimento científico e tecnológico e na inovação. A partir desse contexto, alguns pesquisadores têm argumentado que a universidade vive um processo de transformação no que diz respeito às suas funções sociais ligadas à produção e transferência de conhecimento para a sociedade (WEBSTER, 1990; WEBSTER; ETZKOWITZ, 1998; GIBBONS *et al.*, 1994; ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 1996, 2000; BRISOLLA, 1998b; ZIMAN, 1999; MARTIN; ETZKOWITZ, 2000; METLAY, 2006).

Dentre as várias possibilidades de dispor o conhecimento acadêmico à sociedade, a transferência de tecnologia tem alcançado significativo destaque, principalmente por meio da execução de projetos de pesquisa e desenvolvimento cooperativos entre universidades e empresas. Em consequência disso, mais recentemente, observa-se uma crescente valorização do uso do sistema de propriedade intelectual como mecanismo de regulação desse processo colaborativo, sendo a patente a sua forma mais conhecida. Embora seja razoavelmente consensual a ideia bastante otimista de que os direitos de propriedade intelectual podem ter impactos positivos quando explorados pelas universidades, alguns autores têm chamado a atenção para o fato de que a maior parte da literatura se refere a essas vantagens sem considerar os custos ou riscos envolvidos nessas atividades. Além disso, as mesmas vantagens são apresentadas sem qualquer evidência empírica com suporte estatístico e, por isso, podem ser consideradas, no estado atual como conhecimentos questionáveis apenas como hipóteses (GEUNA; NESTA, 2004, 2006).



De acordo com um levantamento realizado pela Unesco, em 2017, o Brasil tinha 700 pesquisadores por cada milhão de habitantes. Isso significa que contabilizávamos em torno de 150 mil especialistas dedicados à pesquisa. Na China, essa relação era de 1.100 pesquisadores/milhão de habitantes, na Rússia 3.100/milhão de habitantes, nos Estados Unidos 3.900/milhão de habitantes, em Cingapura e Coreia do Sul 6.400/milhão de habitantes e em Israel 8.300/milhão de habitantes. Nos Estados Unidos, essa grande comunidade de cientistas trabalhando em pesquisa e desenvolvimento estava alocada predominantemente no setor privado (81%), ficando 4% no governo e 15% em universidades (CIOFFI, 2020).

Segundo o (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA), no Brasil 65% dos nossos cientistas atuam em universidades públicas, 27% em empresas privadas e 8% em órgãos governamentais. A pesquisa e desenvolvimento no Brasil está praticamente limitada às verbas nas universidades. Em 2020, o Ministério da Ciência e Tecnologia teve um pequeno incremento de 6,2% em seu orçamento, mas os recursos investidos na Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) caíram nada menos do que 30% e a taxa de fomento a pesquisas do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) sofreu cortes de 80%. Segundo o CNPq, em 2019 foram perdidas 17.892 bolsas de estudos devidas ao chamado contingenciamento de recursos (CIOFFI, 2020).

Uma pesquisa do Fórum Econômico Mundial, realizada em 2018, mostra que o Brasil ocupa o 9º lugar no ranking dos países que investem em pesquisa e desenvolvimento, com gastos em torno de US\$ 42,1 bilhões ao ano. Isso representa 2,3% do investimento global, sendo que os Estados Unidos e a China, juntos, representam, sozinhos, 62% desse montante mundial. A 9ª colocação parece uma boa marca, mas se relacionarmos os gastos com o PIB (Produto Interno do País), o Brasil simplesmente desaparece da lista dos 15 países que mais investem em pesquisa e desenvolvimento. Seguindo essa relação, Israel, que não aparece entre os 15 maiores investidores em valor absoluto, alcança a vice-liderança quando se coloca o volume de gastos diante do PIB do país (CIOFFI, 2020).

Em relação ao investimento em pesquisa da indústria, pode-se observar alguns exemplos. Segundo o diretor do *digital farming* da Bayer, a empresa investe cerca de 4 a 6 bilhões de euros por ano no desenvolvimento de pesquisa. No Brasil a empresa possui uma Academia de Inovação que envolve pesquisadores em temas específicos, já que há necessidade de um profissional multidisciplinar, com

conhecimento que vá além do cultivo de plantas, com entendimento das necessidades dos clientes. Na área de *digital farming*, por exemplo, há engenheiros agrônomos, engenheiros agrícolas, biólogos, cientistas de dados, geógrafos e administradores, entre outros. A IBM tem desenvolvido muitas tecnologias em parceria com universidades, e com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) na área de agricultura digital. A Samsung possui quase 1.200 funcionários trabalhando no Brasil na área de pesquisa e desenvolvimento (P&D), que são profissionais especializados em nível de mestrado, doutorado e pós-doutorado. Segundo o gerente de pesquisa e desenvolvimento da Samsung, a iniciativa veio da própria empresa, que implementou políticas que facilitam a educação continuada (SBIAGRO, 2017).

O corte de recursos feito pelo governo para pesquisa em ciência e tecnologia é um fator crítico, praticamente não existe fundo de investimento público para a pesquisa no Brasil. É preciso que tanto as universidades quanto as indústrias criem programas para apoiar a formação continuada dos profissionais que já estão inseridos no mercado, facilitando a conciliação das atividades profissionais com as acadêmicas. O conhecimento científico é fundamental para contribuir com a atuação nas empresas e não apenas para aqueles que trabalham em ensino e pesquisa nas universidades (SBIAGRO, 2017).

## **4.2 A Neurociência nas práticas de negócios**

As duas últimas décadas assistiram a um aumento considerável de colaborações entre pesquisadores pertencentes à esfera das ciências teóricas experimentais (Merton, 1973) do meio acadêmico e das empresas, como a literatura científica aplicada tem mostrado repetidamente (COHEN *et al.*, 1994; COHEN *et al.*, 1998; MANSFIELD; LEE, 1996, MEYER-KRAHMER; SCHMOCH, 1998; MOWERY, 1998; OCDE, 2000). Se as colaborações ciência-indústria interessaram tanto aos estudiosos quanto aos formuladores de políticas, é por seu importante impacto positivo esperado nos desempenhos econômicos. Por um lado, a maioria dos estudiosos tem destacado seus benefícios sociais (BROOKS, 1994) pelos aumentos do desempenho das empresas colaboradoras, da produtividade de seus processos (DAVID *et al.*, 1992; ZUCKER; DARBY, 2000), da sua capacidade de absorção (COHEN; LEVINHAL, 1989) ou ainda, olhando para os resultados decorrentes do

outro lado das colaborações, e da melhora da relevância econômica da produção de conhecimento científico (GIBBONS *et al.*, 1994; GIBBONS, 1997). Por outro lado, alguns outros têm enfatizado seus riscos e custos expressos em termos de modificações inoportunas de agendas de pesquisa pública em direção a pesquisas mais aplicadas (COHEN; RANDAZZESE, 1996; DAVID, 2000) ou nas restrições de divulgação de conhecimento (COHEN *et al.*, 1994; BLUMENTHAL *et al.*, 1997). Sendo o modo de financiamento uma variável explicativa crítica para a natureza da pesquisa em laboratórios públicos (CROW; BOZEMAN, 1987), esta questão está obviamente longe de ser marginal. De fato, como Berens e Gray (2001) sugeriram, os 7% da pesquisa acadêmica dos EUA financiados pela indústria podem levar, devido a efeitos de alavancagem, a uma parcela de aproximadamente 20% a 25% da pesquisa acadêmica diretamente influenciada pelo financiamento industrial (CARAYOL, 2002).

No entanto, parece não haver uma forma consensual de enunciar esta questão, uma vez que não existe uma forma única e padronizada para a colaboração academia-indústria. De fato, como Mowery (1998) expressou claramente: “[Colaboração] abrange uma gama diversificada de programas, projetos e atores institucionais. Nenhuma receita única para desenho de projeto, políticas de programa ou avaliação se aplica a todas essas entidades díspares. A colaboração é um meio e não um fim”. Isso naturalmente exige uma compreensão clara de como as várias colaborações academia-indústria procedem, incluindo porquê e como diferentes atores, pertencentes a esferas da atividade humana, com diferentes regras e sistemas de recompensa, acham lucrativo colaborar. Esta é, de fato, uma condição necessária para estabelecer e implementar políticas dedicadas a apoiá-los e orientá-los (CARAYOL, 2002).

Nos Estados Unidos, a extensa colaboração entre universidades e a indústria, e a conseqüente transferência de conhecimento científico, é vista como um dos principais contribuintes para o sucesso da inovação tecnológica e do crescimento econômico das últimas três décadas (HALL, 2004). Ao mesmo tempo, de acordo com um relatório da Comissão Europeia (EUROPEAN COMMISSION, 1995), a interação insuficiente entre universidades e empresas na UE tem sido um dos principais fatores para o fraco desempenho comercial e tecnológico da UE em setores de alta tecnologia. Atualmente, aumentar a colaboração universidade-indústria é um objetivo político primário na maioria das economias desenvolvidas (ESTAÑOL; BONET; LAWSON, 2015).

O aumento dos incentivos (ou, como dizem alguns, pressão) para colaborar com a indústria pode ter efeitos colaterais controversos na própria produção da pesquisa científica. Nelson (2004), entre muitos outros, argumenta que a existência de envolvimento da indústria pode atrasar ou suprimir a publicação científica e a divulgação de resultados preliminares, colocando em risco o compartilhamento dos “comuns intelectuais” e a prática da “ciência aberta” (DASGUPTA; DAVID, 1994). Florida e Cohen (1999) argumentam que a colaboração da indústria pode prejudicar a pesquisa básica, pois os laços estreitos e crescentes com a indústria podem estar afetando a escolha dos projetos de pesquisa, “desviando” a pesquisa acadêmica de uma abordagem básica para uma abordagem puramente aplicada (ESTAÑOL; BONET; LAWSON, 2015).

Os acadêmicos que contribuem para a transferência de conhecimento e tecnologia, por outro lado, sustentam que a existência da colaboração da indústria complementa sua própria pesquisa acadêmica, garantindo fundos para estudantes de pós-graduação e equipamentos de laboratório e fornecendo-lhes ideias para suas próprias pesquisas (LEE, 2000; AGRAWAL; HENDERSON, 2002). Siegel *et al.* (2003), por exemplo, relatam que “alguns cientistas mencionaram explicitamente que essas interações melhoraram a quantidade e a qualidade de suas pesquisas básicas”. As ideias provenientes da indústria podem, assim, expandir as agendas de pesquisa tradicionais (ROSENBERG, 1998), beneficiando o desempenho científico geral dos pesquisadores (ESTAÑOL; BONET; LAWSON, 2015).

Um estudo realizado pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) no Paquistão revelou que a indústria realiza cerca de dois terços de pesquisa e desenvolvimento em estudos de ciência e tecnologia. Os 20% restantes do trabalho de P&D são realizados por universidades, enquanto 10% são realizados pelo governo (OCDE, 2017). As melhores universidades do mundo atraem financiamento da indústria para seus projetos e inovações. A indústria farmacêutica é um dos investidores mais proeminentes nas universidades (SHEHATTA; MAHMOOD, 2016). A indústria de TI também começou a investir em academias porque concluiu que é benéfico gastar com alunos e projetos nas universidades. Exatamente 26.355 universidades de todo o mundo estão incluídas em uma pesquisa, realizada em julho de 2016, que lista os países organizados pelo número de universidades no topo do ranking (SHATTOCK, 2017). Com esses dados estatísticos, pode-se concluir que a colaboração entre a indústria e a academia está

crescendo. A realização de pesquisas na indústria abre caminho para maior disseminação do conhecimento, pois as universidades teriam acesso a dados em tempo real, eliminando a dicotomia decorrente das diferenças características entre ambas as partes (AHMED; FATTANI; ALI; ENAM, 2022).

Dentro do âmbito da neurociência, a inter-relação com a indústria e os negócios é ainda um campo em crescimento e amadurecimento que envolve tanto a utilização das pesquisas em neurociência na criação de estratégias e desenvolvimento de negócios, como na utilização da neurociência como forma de negócio.

Podemos tomar como exemplo a ascensão do termo “neuro”. O termo vem sendo amplamente utilizado no desenvolvimento de produtos e serviços e na pesquisa acadêmica. Uma pesquisa bibliográfica publicada nas revistas *Frontiers* em 2022, constatou que o termo “neuroempreendedorismo” foi utilizado em ao menos cinquenta e seis artigos científicos. De acordo com o *PubMed*, nos últimos dez anos, o número de publicações com as palavras “neuromarketing” e “neuroeconomia” aumentou de quarenta para mais de mil. A neurociência está tão popularizada que as publicações com a palavra “cérebro” saltaram de três mil em 1960 para mais de cento e vinte e duas mil em 2022.

Atualmente, a forma mais habitual pela qual as empresas estão utilizando a neurociência, é por meio da pesquisa em marketing. O “neuromarketing” faz o uso de técnicas de imagenética cerebral, como por exemplo o EEG, para estudar as reações do consumidor em relação a produtos, anúncios e marcas. Ao analisar a atividade cerebral dos consumidores enquanto eles interagem com os produtos, as empresas podem obter informações sobre o que motiva o comportamento do consumidor e observar quais tipos de estímulos são mais eficazes para impulsionar as vendas e assim, criar produtos mais atraentes para os consumidores.

Outra área em que as empresas estão usando a neurociência é em recursos humanos para contratação, recrutamento, treinamento e desenvolvimento de funcionários. Ao utilizar testes cognitivos para avaliar e identificar candidatos mais adequados e entender como os funcionários aprendem e lidam melhor com as situações, empresas podem adaptar seus programas de treinamento de acordo com o perfil de competência cognitiva de cada indivíduo, proporcionar um treinamento mais eficaz e obter um maior desempenho do profissional.

O uso da neurociência como forma de negócio ainda é relativamente recente, nem todas às empresas que vendem os serviços e produtos baseados em neurociência, o fazem de forma ética ou com rigor científico necessário, por isso é importante a colaboração com pesquisadores acadêmicos. Deste modo, novas tecnologias podem ser criadas para permitir a aplicação de conceitos e de métodos da neurociência para promover melhores empreendimentos nos negócios.

### **4.3 A Ascensão da neurociência cognitiva na indústria**

A era contemporânea caracteriza-se pelo desenvolvimento de economias do conhecimento em que a investigação científica e a inovação técnica são vistas como o motor de crescimento e de vantagem competitiva. Em nenhum lugar isso é mais aparente do que nas biociências, em que a bioeconomia emergente está cercada de grandes esperanças, mas continua sendo uma área com poucas tecnologias de trabalho entrando em uso rotineiro. Esses desenvolvimentos concentraram a atenção acadêmica no papel performativo que as expectativas sociotécnicas desempenham na constituição de novos domínios científicos e tecnológicos. No entanto, pouco se sabe sobre o papel das expectativas no desenvolvimento comercial de novas tecnologias, na mercantilização do conhecimento e na criação de valor econômico (MARTIN, 2014).

A pesquisa neurocientífica estuda o cérebro como um novo meio de acesso ao conhecimento sobre saúde humana, comportamento e interação social. Nos últimos anos, uma ampla gama de disciplinas acadêmicas, campos profissionais, Indústria, artistas e grupos leigos se envolveram com descobertas e tecnologias desenvolvidas em neurociência (FRAZZETTO; ANKER, 2009; ORTEGA, 2009).

Segundo a empresa Morodor que atua no ramo de inteligência de mercado, análise e consultoria da indústria, prevê-se que o mercado da Neurociência cresça com um CAGR (taxa de crescimento anual composto) de quase 4,1%, até 2027. Certos fatores que estão impulsionando o crescimento do mercado incluem o aumento da carga de doenças associadas ao cérebro, avanço no campo da neurociência e neurotecnologia, aumento dos gastos com pesquisa e desenvolvimento e financiamento do governo. Já o mercado de avaliação e treinamento cognitivo está projetado para crescer de US\$ 3,2 bilhões em 2020 para US\$ 11,4 bilhões em 2025 (MORODOR, 2023).

#### 4.4 O bom, o ruim e o feio

O avanço da pesquisa em neurociência trouxe um maior conhecimento sobre o cérebro e como ele funciona. Mas, nos últimos anos, o entusiasmo muitas vezes ultrapassou os limites do que a ciência atual pode realmente nos dizer, e o campo deu origem a uma neurociência popular, que tenta explicar praticamente tudo sobre o comportamento e a cultura dos seres humanos por meio do cérebro e suas funções (MARCUS, 2013). A popularização da neurociência é bastante positiva pois gera um avanço nas pesquisas, um maior interesse do público e por consequência, um maior investimento da indústria, que busca desenvolver tecnologias, ferramentas e produtos com um teor neurocientífico.

É necessário contudo um pouco de cautela, uma pesquisa publicada em 2008, revelou que as explicações dos fenômenos psicológicos parecem gerar mais interesse público quando contêm informações neurocientíficas e mesmo informações irrelevantes da neurociência em uma explicação de um fenômeno psicológico podem interferir na capacidade das pessoas de considerar criticamente a lógica subjacente dessa explicação (WEISBERG; KEIL; GOODSTEIN; RAWSON; GRAY, 2008). Em vista disso, é importante que a academia busque explorar melhor soluções tanto para uma divulgação mais eficiente e clara em neurociência, quanto para a facilitação de colaborações entre pesquisadores e a sociedade.

A pesquisa em neurociência tem o potencial de mudar nossas visões de responsabilidade pessoal, regulamentação legal, educação e até mesmo a natureza do eu (FARAH, 2005; BLOOM, 2004b). Para dar um exemplo recente, alguns estudiosos jurídicos sugeriram que a tecnologia de neuroimagem poderia ser usada na seleção do júri, para garantir que os jurados fossem livres de preconceitos, ou no interrogatório de suspeitos, para garantir que eles não estivessem mentindo (ROSEN, 2007). Tais evidências apresentadas em um tribunal, sala de aula ou debate político, independentemente do status científico ou relevância dessas evidências, podem influenciar fortemente a opinião além daquilo que as evidências podem apoiar (ver FEIGENSON, 2006). As pessoas são propensas a aceitar explicações que aludem à neurociência, mesmo que não sejam reflexos precisos dos dados científicos e mesmo que, de outra forma, fossem vistas como muito menos satisfatórias. Como é improvável que a popularidade das descobertas da neurociência na esfera pública

diminua tão cedo, vemos nos resultados atuais mais razões para cautela ao aplicar descobertas neurocientíficas a questões sociais. Mesmo que profissionais especializados possam distinguir facilmente as boas explicações da neurociência das ruins, eles não devem presumir que os leigos sejam tão discriminadores (WEISBERG; KEIL; GOODSTEIN; RAWSON; GRAY, 2008).

Outro exemplo se refere a aplicação da neurociência na área da educação. Nos últimos dez anos, tem havido um interesse crescente em aplicar o conhecimento do cérebro humano ao campo da educação e ensino, incluindo leitura, aprendizado, linguagem e matemática. Isso resultou no desenvolvimento de uma série de novas práticas na educação, algumas boas, outras ruins e algumas simplesmente malucas. Há teorias que sugerem que ouvir Mozart poderia aumentar a inteligência, massagear os pés poderia ajudar alunos indisciplinados, ingerir óleo de peixe poderia aumentar o poder do cérebro e até mesmo a ideia de que respirar pela narina esquerda poderia aumentar a criatividade. Infelizmente, há uma lacuna entre o que os neurocientistas ou psicólogos cognitivos sabem sobre as funções do cérebro/mente e a teoria supostamente científica subjacente às práticas usadas diariamente nas escolas (ANDERSON, 2012).

Num artigo publicado em 2012, Adrian North fez um estudo no qual distribuiu oito variedades de vinhos nas gôndolas de um supermercado na Inglaterra, metade deles francês e a outra metade, alemã. Em dias alternados, colocou música francesa ou alemã de fundo. A análise das escolhas dos consumidores revelou que nos dias da música francesa, 77% das garrafas compradas eram da mesma nacionalidade, já quando a música de fundo era alemã, as marcas da bebida do país dominaram 73% das opções de compra (NORTH, 2012). Embora essas investigações sejam bastante interessantes e contribuam tanto para a neurociência como para a prática de negócios, ainda estamos distantes no que se refere à utilização da neurociência como ferramenta para melhorar os negócios. Neste exemplo específico, por exemplo, seria fundamental realizar replicações deste estudo com diferentes populações e cenários para averiguar se é realmente possível aumentar as vendas de um produto ao colocar uma música de fundo específica em um estabelecimento.

Embora algumas aplicações da neurociência no mundo dos negócios podem ser satisfatoriamente válidas até certo ponto, como por exemplo a utilização do eye tracker para identificar o direcionamento do olhar de um sujeito ao visualizar uma propaganda, é necessário considerar que tais aplicações são atendidas por



afirmações amplas que encobrem advertências importantes sobre a aplicação prática da ciência do cérebro, mesmo que seja possível identificar para onde o sujeito direciona seu olhar, não significa que a alteração da posição do produto a ser vendido na imagem, irá gerar mais vendas (HSU, 2015).

Diante disso, também é possível verificar a aplicação da neurociência na utilização de testes cognitivos no mercado. O investimento em testes baseados em psicofísica com o intuito de um aprimoramento cognitivo, que pode ser caracterizado como uma tentativa de aumentar funções cognitivas como atenção ou memória em indivíduos saudáveis. Este tema tem recebido considerável atenção durante a última década, tanto pelo público em geral quanto nos discursos acadêmicos.

É oportuno destacar alguns exemplos:

- A empresa Sensorial Sports é uma empresa financiada pela Fapesp que explora as neurociências e a tecnologia para expandir capacidades humanas. Para isso, desenvolveu plataformas para monitorar e aprimorar o desempenho por meio de avaliações e treinamentos cerebrais.

Figura 7 – Home page da empresa Serorial Sports

Fonte: <http://sensorialsports.com/>.

- A CogniFit é uma empresa pioneira de saúde digital dedicada a avaliar e melhorar a saúde cognitiva. Com serviços disponíveis em 18 idiomas, incluindo o português, a empresa foi fundada por Shlomo Breznitz, autor israelense, psicólogo, ex-professor de

psicologia, ex-reitor e presidente da Universidade de Haifa. A empresa possui colaborações com hospitais de prestígio e instituições de pesquisa em todo o mundo. Segundo informações disponíveis no site da empresa, todos seus testes e exercícios são validados por estudos independentes em populações representativas, usando o sistema de efeito placebo para medir e seguir sua eficácia, e há uma colaboração contínua com pesquisadores e a comunidade científica.

Figura 8 – Home page da empresa Cognifit



Fonte: <https://www.cognifit.com/br>.

Apesar dos avanços nas colaborações entre a pesquisa em neurociência e as práticas de negócios com o intuito de melhorar a vida na sociedade, ainda há muitos desafios a serem superados como alguns revelados entre uma colaboração realizada pela pesquisadora e uma empresa, ao participar de um estudo que já estava em andamento, para avaliar um aplicativo desenvolvido pela empresa para detectar o estado cognitivo do usuário que está parcialmente descrito no Anexo D.

Um desses desafios é a questão dos prazos. Muitas vezes, os prazos praticados pelas empresas não estão consoantes com os prazos necessários para a realização de uma pesquisa científica séria. Com a urgência em implantar a tecnologia desenvolvida, não foi possível realizar a inscrição do projeto no comitê de ética e tampouco realizar mais estudos quando os resultados não se mostraram significativos

por conta da quantidade pequena de participantes, da ausência do período de familiarização e de falhas na obtenção dos dados dos participantes por conta de problemas com o próprio aplicativo desenvolvido. Mesmo com todos esses percalços, a empresa decidiu por manter seus prazos e acabou por implantar a ferramenta desenvolvida.

Outro ponto importante foi a questão do sigilo e da propriedade intelectual, apesar da empresa ter concordado informalmente com a divulgação do estudo realizado, negou, posteriormente, ter conhecimento sobre tal fato. A divulgação científica é imprescindível não somente para o progresso tecnológico como também para o progresso econômico de uma nação, portanto como podemos avançar com a pesquisa científica acadêmica e ao mesmo tempo manter o sigilo de um produto tecnológico comercializado por uma empresa?

Uma abordagem possível decorre das recentes mudanças na política científica e tecnológica brasileira, especialmente a partir da vigência da Lei de Inovação e seu decreto regulamentador. Atualmente, a lei de inovação tem como objetivo estimular a pesquisa científica, aproximar as Instituições de Pesquisa Científico-Tecnológicas (ICT) e o setor produtivo para desenvolvimento tecnológico e fomenta a construção de ambientes de inovação.

O novo decreto, ao longo de seus 10 capítulos e mais de 80 artigos, evidencia maior rigor ao prever diversas situações que, num passado recente, serviram de entraves ao bom andamento de parcerias. Convém destacar os seus principais avanços: (a) introdução de novas regras e procedimentos para a formalização de instrumentos jurídicos de investimentos, parcerias e transferências de tecnologias entre os atores públicos e privados; (b) novas regras para a concessão de recursos de subvenções econômicas; (c) regulamentação do bônus tecnológico, forma de subvencionar microempresas e a empresas de pequeno e médio porte, para o pagamento de compartilhamento, uso de infraestrutura de pesquisa e desenvolvimento tecnológicos e pagamento pela transferência de tecnologia; (d) regulamentação das encomendas tecnológicas, modalidades de contratação, pelo poder público, de instituição de pesquisa sem fins lucrativos, com dispensa de licitação, para atividades de inovação que envolvam risco tecnológico, para solução de problema técnico específico ou obtenção de produto, serviço ou processo inovador; (e) criação de procedimentos específicos e simplificados de prestação de contas, com prioridade aos resultados obtidos; (f) facilitação do remanejamento de recursos dentro

de projetos de CT&I; (g) prioridade no desembaraço aduaneiro de bens, insumos, matérias-primas, máquinas, equipamentos, aparelhos e instrumentos, peças de reposição e acessórios; (h) incentivos à internacionalização das ICTs públicas; e (i) isenção do IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados) e II (Imposto de Importação) eventualmente incidentes na execução de projetos de CT&I desenvolvidas por empresas (ARIENTE; BABINSKI, 2018).

Além dessas novidades, chamou a atenção no novo decreto de inovação a possibilidade de as ICT públicas serem cotistas minoritárias no capital social de empresas de base tecnológica e fundos de investimento à inovação. As universidades, além das conhecidas vocações para ensino, pesquisa e extensão, podem colaborar para o surgimento de empresas com participação de seus professores e alunos (ARIENTE; BABINSKI, 2018).

A regulamentação dessa modalidade de investimento é fundamental para o setor, pois sabemos que se trata de medida adotada há tempos pelas principais universidades e centros de pesquisa do mundo. As *startups* acadêmicas, formas específicas de extensão universitária visando impactar social, econômica e tecnologicamente a sociedade, costumam ter mais sucesso em transferir conhecimento do que outras empresas, porque dispõem de assessoria técnica dos pesquisadores da academia que integram o quadro societário, sabedores dos aspectos técnicos das invenções (ARIENTE; BABINSKI, 2018).

Nesse contexto, surgem possibilidades concretas para os estudos no campo da Análise de Política, com o objetivo de melhor entender o processo de elaboração da política de proteção e comercialização da pesquisa acadêmica em seu conjunto, tanto na dimensão do processo de tomada de decisão pelos atores intervenientes como na identificação de falhas de implementação em relação à formulação dessas políticas. Aspectos envolvidos no processo de conformação da agenda de decisão tais como: conflitos latentes, conflitos encobertos, mecanismos ideológicos e relações de poder estabelecidas entre os agentes são especialmente interessantes para entender os modelos usados pela comunidade acadêmica na formulação de suas políticas internas (OLIVEIRA; VELHO, 2009).

O surgimento do *ethos* ou comercial dentro do ambiente acadêmico e a emergência de conflitos sobre esse desenvolvimento culminam em uma mudança normativa na ciência (ETZKOWITZ, 1998). Dentro dessa concepção de mudança, a “difusão do conhecimento”, um valor tradicional arraigado ao comportamento

acadêmico, passa a apresentar uma relação de compatibilidade com o conceito da “capitalização do conhecimento”. Dessa forma, a norma da ciência que tradicionalmente condena a motivação do pesquisador pelo resultado financeiro – a norma do desinteresse proposta por Merton (1970) – está sendo modificada para permitir o desenvolvimento de um tipo de ciência empreendedora. Essa transição estaria ocorrendo a partir de oportunidades cognitivas, de rearranjos institucionais e de uma mudança normativa que, por sua vez, tem efeitos sobre a agenda de pesquisa futura (OLIVEIRA; VELHO, 2009).

Filiado ao “Pensamento Latino-Americano em Ciência, Tecnologia e Sociedade”, Dagnino (2003) defende que o fortalecimento da relação UniversidadeEmpresa (U-E) deveria passar, necessariamente, por transformações estruturais nos níveis social, econômico e político e pela introdução do tema na agenda do processo de tomada de decisão da comunidade de pesquisa e dos marcadores políticos. Além disso, o autor indica haver algum consenso de que o interesse das empresas sobre os resultados da pesquisa universitária não deve sobrepujar os resultados a serem obtidos pela qualidade dos recursos humanos formados por elas e contratados pelas empresas (OLIVEIRA; VELHO, 2009).

Um recurso interessante seria o de analisar o comportamento dos cientistas enquanto atores sociais envolvidos no processo de proteção e comercialização dos resultados da pesquisa acadêmica, em busca de contribuições consistentes para o campo da Sociologia da Ciência. Aspectos específicos tais como a definição da agenda de pesquisa; a escolha das fontes de financiamento, das fontes de pesquisa bibliográfica e dos meios de publicação; a questão do tempo de dedicação às inúmeras atividades acadêmicas; a escolha do perfil dos alunos de pós-graduação; a escolha de quais grupos de pesquisa participar ou quais grupos formar, a solução individual do “dilema” publicar versus patentear, o sistema de incentivo e de desempenho acadêmico, dentre outros, podem ser objetos de estudos isolados ou associados, dependendo do enfoque específico a ser dado ao estudo (OLIVEIRA; VELHO, 2009).

## 5 A NEUROCIÊNCIA NA AVALIAÇÃO COGNITIVA SOB EFEITO DO ÁLCOOL – O CASO EM ANDAMENTO DA EMPRESA OMNIDATA

### 5.1 Introdução

O transporte rodoviário no Brasil é o principal sistema de deslocamento de cargas e passageiros do país. O Brasil é um país de rodovias.

A importância desse tipo de transporte se dá desde o início da república, quando os governos começaram a priorizar o transporte rodoviário, em detrimento ao transporte ferroviário e fluvial.

A construção de rodovias foi planejada e pensada devido à extensão do país (quarta maior do mundo) visando integrar e formar polos automobilísticos e industriais por toda a sua extensão.

Foi durante a presidência de Juscelino Kubitschek, ao final da década de 1950, que o rodoviarismo foi implementado de maneira contundente. A estratégia do “presidente bossa-nova” pode ser analisada em dois aspectos distintos. Primeiramente, a intenção de Kubitschek foi integrar o Brasil, principalmente com a transferência da capital para Brasília, no coração do território brasileiro. Logo após a inauguração de Brasília foram construídas as rodovias Belém-Brasília, Brasília-Rio Branco e Cuiabá-Porto Velho, no intuito de estabelecer relações comerciais e proporcionar o povoamento em áreas mais afastadas do Centro-Oeste e da região Norte (SILVA, 2023).

O outro aspecto da opção incentivada pelo ex-presidente Juscelino Kubitschek foi o caráter político-econômico. Ampliar a malha rodoviária poderia atrair empresas internacionais do ramo automobilístico. Segundo a Teoria dos Polos Econômicos, a participação de um tipo de indústria como a de automóveis permite efeitos de escala ou de arraste, por atrair empresas correlatas ao ramo central; no caso dos automóveis, empresas de autopeças, componentes elétricos, lubrificantes etc. Em nome dessa estratégia de atração de capitais e geração de empregos, as ferrovias, que tiveram maior importância durante o período do ciclo do café, foram sucateadas e desprezadas em favor do rodoviarismo (SILVA, 2023).

Em 2017, a malha rodoviária brasileira possuía 1.720.700,3 km, incluindo trechos pavimentados e sem pavimentação. A região Sudeste possui a maior malha do país, com um total de 533.795,6 km, equivalente a 31% do total nacional, sendo os estados de Minas Gerais e São Paulo responsáveis por 280.355,2 km e 196.050,2

km, respectivamente. As rodovias pavimentadas representam 12,4% do total, com 213.452,8 km (Confederação Nacional do Transporte, 2019a).

Ainda conforme a Confederação Nacional do Transporte (2019a), o total de rodovias federais pavimentadas cresceu 17,2% de 2001 a 2017, alcançando 65.614,5 km. Ao considerar somente as rodovias federais de pista dupla, a expansão é ainda mais significativa, alcançando 146,95% no mesmo período, sendo os estados de Santa Catarina e Sergipe os que apresentaram maior índice de crescimento (2.926,1% e 2.177,1%, respectivamente). Ao se considerar exclusivamente as informações referentes às rodovias federais pavimentadas de pista dupla, o Sudeste passa a deter 36,3% do total brasileiro, sendo os estados de Minas Gerais e Goiás as unidades da federação com maior extensão de vias (1.057,1 km e 765,8 km, respectivamente).

O transporte rodoviário de cargas é responsável por mais de 61% do volume de mercadorias movimentadas no Brasil e seu custo representa cerca de 6% do Produto Interno Bruto do país. O deslocamento de carga pelas estradas nacionais equivale a mais da metade da receita líquida das empresas da Agroindústria com 62%, e das empresas de alimentos, com 65,5%. São quase 190 mil empresas, além dos cerca de um milhão de caminhões conduzidos por autônomos (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES, 2014).

Essa movimentação de pessoas e cargas provoca hoje cerca de 38 mil fatalidades por ano (quinta maior taxa do mundo) e outras 620 mil vítimas não fatais (DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO – DENATRAN).

De acordo com os dados da Polícia Rodoviária Federal, em 2014, ocorreram 166.223 acidentes nas rodovias federais. Deste total, 35% envolveram caminhões (DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO – DENATRAN).

O impacto econômico total do envolvimento de veículos de carga em acidentes de trânsito foi estimado em 9,7 bilhões de reais (INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS APLICADAS – IPEA).

As principais causas dos acidentes com transportes de carga são: o estado das estradas, falhas mecânicas e fatores humanos, os quais incluem: fadiga, velocidade inadequada, longas jornadas de trabalho e uso de álcool. O fator humano está presente em 66% dos casos de acidentes (POR VIAS SEGURAS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PREVENÇÃO DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO).

Tendo em vista esses fatores e no intuito de criar uma medida mais rigorosa para o cumprimento da Lei n. 12.619/2012, que regula a jornada de trabalho e o tempo de direção do motorista profissional, a empresa Omnidata (<http://www.omnidata.com.br>) se dedica a resolver essas adversidades desenvolvendo hardwares e softwares para empresas transportadoras e seguradoras.

Para isso, desenvolveu um aplicativo em tecnologia móvel chamado Omnidata Cargo para evitar que o motorista realize ações que contradigam o estabelecido em lei. O aplicativo emite alertas em tempo real, informando ao motorista e à transportadora sobre situações às quais ele precisa estar atento, e armazena os dados em um servidor central para análise e registro permanente.

Atualmente, a Omnidata está desenvolvendo com a USP, por meio desta pesquisa, uma série de testes visando detectar se o motorista está apto para conduzir ou se está sob o efeito de álcool. O teste deverá ser incluído no aplicativo Omnidata Cargo já utilizado pelas empresas.

Os testes utilizados nessa pesquisa foram selecionados, inicialmente, com base na literatura referente a experimentos psicofísicos de tempo de reação, memória e associação e, posteriormente, aperfeiçoados para se adequar aos propósitos dessa pesquisa.

Essa pesquisa visa investigar a sensibilidade e a especificidade da aplicação de testes psicofísicos via smartphone ao levar o experimento para o ambiente real e analisar os resultados de acordo conforme o histórico de desempenho do sujeito como um indicador de condição do usuário ao conduzir um veículo.

## **5.2 Hipótese**

Tendo em vista que efeitos da ingestão de álcool estão associados à incidência de acidentes no trânsito, seria possível flagrar a consequência do uso de álcool por testes psicofísicos nos quais as exigências cognitivas sejam semelhantes ou compartilhadas com a condução de veículos, permitindo assim ações que visem diminuir a probabilidade da ocorrência de incidentes.



### 5.3 Objetivo

Desenvolver e avaliar um conjunto de testes psicofísicos, apoiados em tecnologia móvel, cujos resultados alterados em comparação ao perfil pregresso de desempenho médio nestes testes em estado sóbrio sejam capazes de quantificar comprometimentos cognitivos e motores sob influência da alcoolemia elevada.

Implementar instrumentos de testes neuropsicológicos com o uso de tecnologia móvel que permitam avaliar o estado de sobriedade de motoristas profissionais à distância e com isso liberar ou não a continuidade da sua jornada de trabalho.

### 5.4 Projeto-piloto

O projeto-piloto inicial fez parte do trabalho de dissertação de mestrado da pesquisadora executante do presente projeto e está descrito detalhadamente no Anexo A. Os dois testes cognitivos adotados neste estudo foram selecionados e aperfeiçoados com base nos resultados do projeto piloto.

Ao utilizar as facilidades da tecnologia móvel no produto final, pretende-se comparar os resultados dos testes com os dados históricos de desempenhos pregressos dos motoristas armazenados nos servidores da Omnidata.

A adoção do sistema baseado em tecnologia móvel, justifica-se por ser um equipamento de baixo custo e alta disponibilidade, que não incorre em custos adicionais aos motoristas, além de permitir evitar fraudes, pois o executante do teste será monitorado pela câmera do próprio smartphone durante a realização de cada teste. A utilização do bafômetro ou etilômetro implicaria em custos proibitivos aos motoristas e poderia ser facilmente fraudado, uma vez que em situação prática o teste de embriaguez deverá ser realizado em locais remotos sem a supervisão ou vigilância de um avaliador, e o etilômetro poderia ser assoprado por uma terceira pessoa sóbria.

Os resultados também encorajaram a utilização de um desenho experimental de medidas repetidas na mesma unidade experimental, com avaliação sequencial longitudinal, com fase de familiarização e testagem diária, em dois ou mais horários, simulando a rotina de trabalho que um motorista de caminhão precisará realizar para comprovar o seu estado de sobriedade.

Atualmente, a empresa colaboradora deste projeto, juntamente com a pesquisadora executante está em negociação com algumas empresas do setor de

transporte de cargas para realizar o experimento em motoristas de caminhão. A estimativa é que o projeto seja finalizado e implementado até o ano de 2025.

## 5.5 Método

### 5.5.1 Material

Será utilizado um celular Samsung SM-G900MD Galaxy 5 ou superior, um etilômetro BACtrack S80 e o aplicativo Omnidata CargoAptidao, desenvolvido pela empresa Omnidata. O aplicativo foi desenvolvido em linguagem Java para plataforma Android. Todos os dados foram coletados serão enviados para o servidor da empresa Omnidata, extraídos em uma planilha de Excel e analisados posteriormente.

### 5.5.2 Procedimento

O aplicativo inicia com uma tela de cadastro simples, em que é solicitado alguns dados de identificação cadastrais (nome, idade, sexo, peso, dentre outros) e antropométricos para estabelecer os limiares legais dos efeitos da quantidade de álcool ingerido segundo sua estrutura física.

Figura 9 – Tela de preenchimento de cadastro inicial. Cada participante preencherá este cadastro somente uma vez no início de sua adesão ao protocolo de pesquisa

The image displays two side-by-side screenshots of a mobile application's registration screen. Both screens have a blue header with the title 'Cadastro' and a status bar at the top showing the time as 19:29. The left screenshot shows the following fields: 'Digite o seu email' (with a placeholder 'Digite o seu email'), 'Redigite o seu email' (with a placeholder 'Redigite o seu email'), 'Data de nascimento' (with a placeholder 'Data de nascimento'), 'Peso em Kg' (with a placeholder 'Peso em Kg'), 'Altura' (with a placeholder 'Altura'), 'Gênero' (with radio buttons for 'Masculino' and 'Feminino'), 'Grau de instrução' (with a placeholder 'Grau de instrução'), and 'Mão dominante' (with radio buttons for 'Canhoto' and 'Destro'). The right screenshot shows the following fields: 'Data de nascimento' (with a placeholder 'Data de nascimento'), 'Peso em Kg' (with a placeholder 'Peso em Kg'), 'Altura' (with a placeholder 'Altura'), 'Gênero' (with radio buttons for 'Masculino' and 'Feminino'), 'Grau de instrução' (with a placeholder 'Grau de instrução'), 'Mão dominante' (with radio buttons for 'Canhoto' and 'Destro'), 'Tem daltonismo?' (with radio buttons for 'Sim' and 'Não'), and 'Profissão' (with a placeholder 'Profissão'). Both screens have 'Cancelar' and 'Ok' buttons at the bottom.

Fonte: Passaporte Cognitivo Omnidata.

Após preencher o questionário, o participante verá uma tela com a opção de iniciar os testes, ou de fazer os testes de familiarização. Nesta fase, a única opção habilitada é a dos testes de familiarização. Finalizada a fase de familiarização, é mostrada na tela uma mensagem informando ao participante que já pode iniciar os testes.

Figura 10 – Telas de escolha entre Familiarização e Iniciar Testes. Finalizada a fase de familiarização, surge a tela da direita informando que o participante poderá iniciar os testes



Fonte: Passaporte Cognitivo Omnidata.

Ao clicar em iniciar testes, o participante deverá responder um segundo questionário de prontuário para registrar o progresso imediato e seu estado. Neste questionário, o participante deverá informar se dormiu bem na noite anterior, se possui o valor do etilômetro em % BAC, se ingeriu alguma bebida alcoólica nas últimas seis horas, qual bebida ingeriu, qual a quantidade ingerida, se consumiu algum remédio que pudesse afetar seu desempenho e se consumiu café nas últimas quatro horas.

Figura 11 – Telas do segundo questionário



Fonte: Passaporte Cognitivo Omnidata.

Após preencher o segundo questionário, o participante poderá iniciar os testes. A tela de início de cada teste conta com uma descrição e instrução de como será o mesmo. Serão aplicados dois testes:

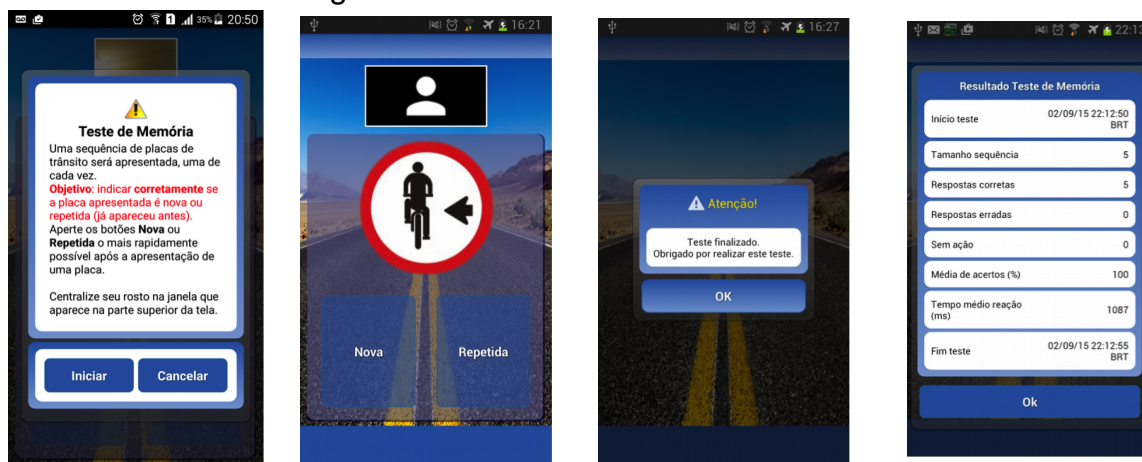
1. Teste de memória. Este teste avalia a memória de trabalho visual de imagens de placas de trânsito usadas pela legislação brasileira. Ao iniciar o teste, uma sequência de placas de trânsito é apresentada na tela do smartphone para o qual o participante deve clicar em uma figura escrito “nova”, informando se a imagem da placa apresentada é nova ou numa figura escrita “repetida”, caso a imagem já tenha sido apresentada na sequência. O teste mede o tempo de reação de resposta e o índice de acertos na realização do teste em participantes

sob e sem o efeito de álcool.

2. Teste de associação. A tarefa consiste em associar figuras a um número seguindo uma tabela de conversão. O teste visa verificar o lapso do tempo de resposta e o índice de acertos do teste em participantes sob e sem o efeito de álcool.

Os testes serão aplicados na seguinte ordem: teste de memória e teste de associação. Ao finalizar os testes, o participante poderá ver na tela seus resultados.

Figura 12 – Telas do teste de memória



Fonte: Passaporte Cognitivo Omnidata.

Figura 13 – Telas do teste de associação



Fonte: Passaporte Cognitivo Omnidata.

Neste projeto, será utilizado o desenho experimental de medidas repetidas na mesma unidade experimental com as retestagens diárias; isto é, treinamentos realizados em sua maior parte em estado de sobriedade. Espera-se assim, que os desempenhos em ambos os testes melhorem e se estabilizem num período previsto

de 3 a 4 semanas de prática que envolve um aprendizado ou memória do tipo implícito ou de habilidade cognitiva e motora.

O desempenho de cada participante será monitorado diariamente via resultados de desempenho enviados após realização de cada retestagem. Após o período de 3 a 4 semanas, se realizará dois dias de avaliações controladas com ingestão de cerveja com álcool e, no outro dia, com ingestão de cerveja sem álcool, em ordem aleatorizada e com desenho duplo-cego, deixando um período de ao menos dois dias entre os dias de testagem.

Para o desenho clássico de medidas repetidas dentro do indivíduo com uma variável independente, isto é, o estado alcoolemia avaliado via BAC, e com diversas possibilidades de variáveis dependentes, iremos considerar o número de acertos ou erros no teste de memória e a média de tempo de resposta, e a média de tempo de resposta no teste de associação.

### **5.5.3 Participantes**

Para o nível de significância de 5%, estima-se que o tamanho de amostra de 30 participantes é adequado para avaliar a qualidade e viabilidade do protocolo (KESELMAN; ALGINA; KOWALCHUK, 2001; Guo *Et Al.*, 2013; GUO; PANDIS, 2015).

Todos os participantes deverão assinar o TCLE, ter uma explicação prévia de como será os testes e ser acompanhados por um experimentador durante todo o experimento. Será também fornecido alimentação e transporte.

### **5.5.4 Critério de Inclusão**

Todos os participantes deverão ser motoristas de caminhão profissional, ter mais que 18 (dezoito) anos e menos de 65 (sessenta e cinco) anos, de ambos os gêneros e qualquer grau de instrução e usuário social de bebidas alcólicas.

### **5.5.5 Critério de Exclusão**

Não ter histórico psiquiátrico, incluindo alcoolismo ou doenças neurológicas. Não ser portador de daltonismo e não estar utilizando medicação que possa ser prejudicada pela ingestão do álcool.

### **5.5.6 Riscos**

Tendo a preocupação de não liberar os participantes até que o nível BAC tivesse regredido a valores normais, e de seleccionar indivíduos que consumiam álcool regularmente, medindo-se a dose e o BAC para não exceder valores aceitáveis (0,06 g/dl), os riscos são mínimos e equivalentes àqueles em que os participantes se expõem em seu cotidiano.

### **5.5.7 Benefícios**

Prevenir ou minimizar acidentes de trânsito.

## **5.6 Análise estatística**

O presente estudo tem duas particularidades que não são observados exemplos da literatura: a) cada participante terá realizado dezenas de retestagens com os dois testes em smartphone e seu desempenho deverá ter atingido um nível estável, assintótico, mimetizando a situação da vida diária de motorista de carga, quando realizar os testes com exposição ou não ao álcool; e b) a detecção do efeito do álcool será feita em comparação com a sua própria média de desempenho pregresso (seu Passaporte Cognitivo), não em comparação com o desempenho médio da população estuda. Como não haverá uma comparação populacional, a detecção da alcoolemia será feita por um teste de comparação de média atual e pregressa, e uma vez que todos os participantes tenham realizado esse procedimento pode-se determinar os índices de desempenho dos dois testes para detectar a presença de álcool calculando sua sensibilidade e especificidade.

Para isso serão utilizados os testes estatísticos usuais para inicialmente detectar diferenças significativas entre o desempenho de participantes com e sem o consumo de uma dose padronizada de álcool. As medidas de desempenho serão quantitativas e avaliadas por meio de tempos de reação de resposta e pelo índice de acertos nas respostas dadas ao executar as tarefas apresentadas comparadas ao seu desempenho médio pregresso de tarefas realizadas sem o consumo de álcool.

## 5.7 Resultados esperados

Os principais resultados que se espera obter com este projeto são:

- Disponibilizar o módulo Passaporte Cognitivo® em aplicativo para dispositivo móvel contendo um conjunto de testes psicofísicos breves por meio do que seja possível estabelecer um perfil de desempenho médio característico em estado sóbrio do motorista, denominado Passaporte Cognitivo®, que permita flagrar com segurança estado de alcoolemia pela detecção do desvio de desempenho cognitivo, mesmo que seja em pequenas doses de ingestão de álcool.
- Providenciar embasamento científico para testes psicofísicos a serem aplicados a motoristas profissionais de forma a determinar com eficiência se o motorista está apto a iniciar o próximo trecho de sua viagem ou não.
- Progredir na caracterização dos efeitos cognitivos da ingestão de álcool.
- Adicionar o teste aprovado no aplicativo OmniCargo®.
- Proporcionar uma diminuição nos acidentes de trânsito das empresas que adotem esta tecnologia de monitoramento.



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O principal objetivo desta pesquisa foi o de investigar possíveis colaborações entre pesquisadores acadêmicos e a indústria onde a neurociência, avanços tecnológicos e os desafios enfrentados pela sociedade pudessem convergir tanto para o avanço da ciência como para a melhora das práticas empresariais.

Apesar da pandemia de Covid-19 demonstrar o potencial da tecnologia móvel na medicina e na neurociência quanto a necessidade de explorar esse potencial (por exemplo, ZHANG *et al.*, 2021), muitos desafios ainda são enfrentados. Essa pesquisa sofreu um grande atraso na realização dos experimentos e foi bastante prejudicada devido à pandemia. De qualquer forma, é impressionante que o número de estratégias de coleta de dados móveis na área da saúde cresça com frequência. Portanto, tópicos e considerações abrangentes são cada vez mais necessários para acompanhar essas tendências, principalmente por meio de sua categorização e avaliação.

A neurociência, o estudo, em todos os níveis, inclusive os mais abstratos, ligados à cognição e à consciência da fisiologia do cérebro e do sistema nervoso, é um campo em rápido crescimento que tem atraído a atenção de muitas empresas. Muitas empresas têm usado a pesquisa neurocientífica, não só para entender o comportamento do consumidor e otimizar seus produtos em busca de melhorar suas estratégias para obter mais lucro, como também para disponibilizar novos produtos e tecnologias para o mercado. Porém, é necessário observar que as tentativas de injetar a ciência do cérebro no mundo dos negócios é, atualmente, nada mais nada menos que abrangente e, muito provavelmente, exagerada.

Portanto, é necessário contudo, considerar primeiramente, algumas limitações que ainda existem dentro da pesquisa acadêmica em neurociência, como por exemplo, o estudo dos mecanismos que ligam a estrutura e a função do cérebro no nível microscópico à cognição e ao comportamento ou aos padrões de atividade em larga escala que observamos nos estudos de imagem. O ideal seria desenvolver ferramentas preditivas eficientes, a fim de possibilitar a observação de conjuntos de dados interligados que pudessem fornecer uma imagem completa tanto de áreas cerebrais individuais, como também de áreas cerebrais em conjunto e em seus diferentes níveis de organização.

Além disso, devido ao número gigantesco de estados e mudanças de estado possíveis em um sistema nervoso, parece improvável que a neurociência hoje, e até num futuro de médio prazo, possa fornecer explicações causais exatas e previsões de comportamento, isso porque ainda há limitações tecnológicas, tanto em relação aos equipamentos de imageamento cerebral, quanto aos softwares desenvolvidos para a pesquisa (MARKAM, 2013).

Cumprir a promessa da neurociência não é apenas uma questão de metodologia ou tecnologia de pesquisa, implica também numa mudança na estrutura e nas práticas desta disciplina. Grandes iniciativas científicas em outras disciplinas, como na física, na astronomia ou na genômica, envolvem grandes equipes multidisciplinares, estreita colaboração entre cientistas e engenheiros e amplo compartilhamento de dados e ferramentas, como por exemplo, por meio da disposição de dados em arquivos e servidores públicos. Na neurociência, ao contrário, a maioria dos laboratórios é relativamente pequeno, com equipes reduzidas e com acesso limitado a recursos de engenharia ou de outras disciplinas. Apesar do surgimento de grandes projetos, como o atlas do cérebro humano, o compartilhamento de dados continua sendo a exceção e não a regra. As tentativas de preencher as lacunas entre os diferentes níveis de organização do cérebro são prejudicadas pela fragmentação da disciplina em subdisciplinas, cada uma com seus próprios periódicos, conferências, estruturas conceituais, vocabulário e métodos experimentais (MARKAM, 2013).

É necessário adotar formas de organização e modos de operação mais adequados às necessidades da ciência e, assim, mudar a forma como a pesquisa em neurociência é conduzida; passando das colaborações de pequena escala, para a de grandes equipes que possam reunir um maior leque de competências, recursos técnicos variados, e investimentos financeiros (MARKAM, 2013), algo a se destacar, principalmente; no que se refere ao investimento em pesquisa no Brasil.

A pesquisa científica fornece soluções para problemas relevantes para a sociedade. Achados publicados em artigos ou apresentados em congressos têm como objetivo o de melhorar algum processo. Com a pesquisa científica, é possível promover o desenvolvimento nacional e melhorar a vida da sociedade, tomemos a pandemia da covid-19 como exemplo, após os avanços científicos descobertos, neste caso a vacina, foi possível diminuir às mortes causadas por esse vírus (Observatório Covid-19 – Fiocruz). Ademais, uma pesquisa brasileira realizada pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) e o Ministério da Ciência,

Tecnologia e Inovação (MCTI) que entrevistou 1.962 pessoas de todas as regiões do país em 2015; revelou que 61% dos entrevistados demonstraram interesse ou muito interesse pelo tema e 78% defendem mais investimento na área (agência Fapesp).

No Brasil, o orçamento de ciência e tecnologia em 2022, foi o menor dos últimos dez anos, os dados do Banco Mundial e do próprio Ministério mostram que o Brasil investe em média, 1% do PIB em ciência e tecnologia e caminha em direção oposta em relação a outros países como Israel e Coreia do Sul, que investem 4% do PIB nessa área e de China, Alemanha e Austrália, com investimentos superiores a 2% do PIB (gov.br).

Vale destacar também um dado bastante interessante, quando se fala em pesquisa aplicada no Brasil, 57% delas estão nas universidades e 37% nas empresas, mesmo sendo uma parte pequena, os industriais são responsáveis por 68,6% do investimento empresarial em pesquisa e desenvolvimento, quase oito em cada dez grandes indústrias fizeram investimentos em 2021, o maior percentual desde 2014 (CNI Conferência Nacional da Indústria).

Investe-se dinheiro público em ciência, mas nem tanto em aplicá-la, na transformação da sociedade, em devolver ao povo o que ele investiu. E este, não vendo a ciência (brasileira) transformar a sociedade, não tem consciência do poder daquela e das pessoas que a fazem. Isso ajuda a aumentar ainda mais os muros entre a universidade e a sociedade e a faz perder voz, por exemplo, quando tenta se manifestar ou entrar em greve. Por não dar ao povo o que é do povo, não recebe muito apoio da opinião pública (COELHO, 2012).

Ao levar em consideração esses fatores, esta pesquisa abre caminho para aplicações inventivas e pragmáticas. A colaboração entre a empresa participante deste projeto e a pesquisadora executante desponta em preencher uma lacuna entre a excelência acadêmica e os requisitos de negócios ao possibilitar um encontro multidisciplinar pela interseção da neurociência com outras áreas como a física, a ciência de dados, a engenharia, a psicologia, a ergonomia, o desenho de produtos e a área comercial e ao permitir o próprio crescimento da pesquisa neurocientífica dentro da academia.

Buscou-se igualmente, investigar soluções para problemas muito específicos e significativos do nosso país, como os relacionados à segurança operacional de trabalhadores do setor de transporte de cargas.

Entende-se que o Brasil é o país com maior concentração de transporte rodoviário de cargas e passageiros do mundo (STRAUB; BIRD, 2020). Os profissionais desse setor, estão constantemente expostos a ambientes perigosos, devem seguir medidas de segurança rígidas para garantir a segurança de si mesmos e dos outros ao seu redor, operam equipamentos pesados que requerem conhecimento técnico específico e possuem rotinas de trabalho intensas e longas jornadas. Todos estes fatores podem contribuir para o aumento de acidentes (OBSERVATÓRIO SST – SMARTLAB, 2021), esta investigação se propôs, portanto, a desenvolver uma ferramenta de baixo custo no intuito de aumentar a segurança das operações envolvidas nessa área e prevenir a ocorrência de acidentes devido a falhas humanas.

Ademais, parte importante deste projeto, foi a de testar a eficácia da tecnologia proposta e validar o uso de telefones celulares para a execução de experimentos psicofísicos, como os descritos nesta pesquisa e também no Anexo D.

Um dos métodos usados pela psicologia para coletar dados em estudos na pesquisa comportamental é principalmente, a partir de autorrelatos dos participantes, são poucos os dados coletados em relação ao comportamento real dos indivíduos, grande parte da coleta é derivada de observações diretas de seus comportamentos diários, de respostas a questionários ou de experimentos realizados em laboratório (BAUMEISTER *et al.*, 2007).

A coleta de dados pelos *smartphones* preenche essa lacuna na pesquisa, e permite que os pesquisadores coletem registros de comportamento naturalístico de forma relativamente objetiva e discreta (BOASE, 2013; RACHURI *et al.*, 2010; WRZUS; MEHL, 2015).

Neste cenário, estende-se a pesquisa para fora do laboratório, em situações ecológicas da vida real, ao utilizar *smartphones* para detectar, armazenar, compartilhar e analisar informações sobre o comportamento humano com o intuito de testar, por meio de protocolos relativamente simples baseados em testes psicofísicos de tempo de reação escolha, de memória e de associação, se é possível revelar a ingestão de álcool pelas alterações cognitivas flagradas na utilização dos aplicativos.

O aplicativo testado neste projeto funcionou mesmo quando testado em ambiente *offline*, e os dados puderam ser recuperados posteriormente. Da mesma forma, foi verificado que os dados registrados em ensaios em que voluntariamente a quantidade de erros e os tempos de reação foram mais longos, curtos e/ou

inexistentes foi fidedigna, logo, os dados registrados correspondiam de fato ao desempenho dos participantes. Argumenta-se, portanto que os smartphones têm o potencial para revolucionar a forma como os dados comportamentais são coletados na neurociência comportamental (GOSLING; MASON, 2015; MILLER, 2012).

Este trabalho dá igualmente margem a investigação de novos protocolos de monitoramento para verificar previamente a relevância de aplicações via telefone celular, a ampliação de pesquisas em relação às demandas cognitivas necessárias para a realização de uma tarefa e a criação de protocolos mais sensíveis. De todas as formas, a expansão e o desenvolvimento de novas tecnologias inspiradas no estudo acadêmico do cérebro, proporcionam benefícios potencialmente enormes tanto para a indústria quanto para a sociedade.

Não é novidade que as condições macroeconômicas brasileiras ainda são bastante desfavoráveis ao capital produtivo. Por vezes, costuma ser mais barato e seguro ao empresariado importar tecnologia estrangeira e montar produtos em solo nacional. Parece, contudo, que não há outra saída para o desenvolvimento sustentável do país a não ser atrelado à economia do conhecimento e à inovação (ARIENTE; BABINSKI, 2018).

## REFERÊNCIAS

- ABTC. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TRANSPORTADORES DE CARGAS. O Brasil está na lista de estradas mais perigosas do mundo. **ABTC Notícias do Setor**, 9 out. 2018. Disponível em: <https://www.abtc.org.br/index.php/noticias/noticias-do-setor/item/5005-o-brasil-esta-na-lista-de-estradas-mais-perigosas-do-mundo>.
- ADAM, J.; PAAS, F.; BUEKERS, M.; WUYTS, I.; SPIJKERS, W.; WALLMEYER, P. 1999. Gender differences in choice reaction time: evidence for differential strategies. **Ergonomics**, v. 42, p. 327, 1999.
- ALBERINI, M. C.; STERN, A. S. Mechanisms of Memory Enhancement. **Wiley Interdiscip Rev Syst Biol Med.**, v. 5, n. 1, p. 37-53, jan. 2013.
- ALISSON, E. População brasileira tem interesse, mas pouco acesso a informação sobre ciência e tecnologia, conclui estudo. **Opera Mundi**. 2015. Disponível em: <https://operamundi.uol.com.br/samuel/41017/populacao-brasileira-tem-interesse-mas-pouco-acesso-a-informacao-sobre-ciencia-e-tecnologia-conclui-estudo>
- AMERICAN MEDICAL ASSOCIATION REPORT. **AMA Annual Report**. 2021. Disponível em: <https://www.ama-assn.org/about/leadership/ama-annual-report>.
- ANDERSON, M. Technology device ownership: 2015. **Pew Research Center**, 20 out. 2015. Disponível em: <http://www.pewinternet.org/2015/10/29/technology-device-ownership-2015/2>.
- ANDO, S.; KIDA, N.; ODA, S. Practice effects on reaction time for peripheral and central visual fields. **Perceptual and Motor Skills**, v. 95, n. 3, p. 747-752, 2002.
- ANDO, S.; KIDA, N.; ODA, S. Retention of practice effects on simple reaction time for peripheral and central visual fields. **Perceptual and Motor Skills**, v. 98, n. 3, p. 897-900, 2004.
- APARECIDO, J. As três leis psicofísicas. **REVIDE**, 2 set. 2014. Disponível em: <https://www.revde.com.br/blog/jose-aparecido-da/as-tres-leis-psicofisicas/>.
- ARAUJO, S. de F. O passado e o futuro da psicologia experimental: contribuições de Fechner, Wundt e James. **Psicol. pesq.**, Juiz de Fora, v. 14, n. 3, p. 23-43, dez. 2020. Disponível em: [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1982-12472020000300004&lng=pt&nrm=iso](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-12472020000300004&lng=pt&nrm=iso).
- ARIELY, D.; BERNS, G. Neuromarketing: the hope and hype of neuroimaging in business. **Nat Rev Neurosci**, v. 11, p. 284-292, 3 mar. 2010. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nrn2795>.
- ARIENTE, E. A.; BABINSKI, D. de O. Impressões sobre o Decreto do Marco Legal da Inovação. **Consultor Jurídico**, 17 abr. 2018. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2018-abr-17/opinioao-impressoes-decreto-marco-legal-inovacao>.

ASCH, S. E.; EBENHOLTZ, S. M. The principle of associative symmetry. **Proceedings of the American Philosophical Society**, v. 106, p. 135-163, 1962.

BARRAL, J.; DEBU, B. Aiming in adults: Sex and laterality effects. **Laterality: Assymetries of Body, Brain and Cognition**, v. 9, n. 3, p. 299-312, 2004.

BARTHÉLÉMY, S.; BOULINGUEZ, P. Manual reaction time asymmetries in human subjects: the role of movement planning and attention. **Neuroscience Letters**, v. 315, n. 1, p. 41-44, 2001.

BARTHÉLÉMY, S.; BOULINGUEZ, P. Orienting visuospatial attention generates manual reaction time asymmetries in target detection and pointing. **Behavioral Brain Research**, v. 133, n. 1, p. 109-116, 2002.

BASHORE, T. R.; RIDDERINKHOF, K. R. Older age, traumatic brain injury, and cognitive slowing: some convergent and divergent findings. **Psychological Bulletin**, v. 128, n. 1, p. 151, 2002.

BEDDALL-HILL, N. L.; JABBAR, A.; AL SHEHRI, S. Social mobile devices as tools for qualitative research in education: iPhones and iPads in ethnography, interviewing, and de-sign-based research. **J. of the Research Center of Educational Technology**, v. 7, n. 1, p. 67-90, 2011.

BELLIS, C. J. Reaction time and chronological age. **Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, v. 30, p. 801, 1933.

BERNARDINO, L. G. Psicofísica no século XXI. **Eu Percebo [Blog]**, 11 nov. 2019. Disponível em: <https://eupercebo.unb.br/2019/11/11/psicofisica-no-seculo-xxi/#:~:text=A%20Psicof%C3%ADsica%20confirma%20e%20complementa,pode%20agora%20se%20tornar%20realidade>.

BERTELSON, P. The time course of preparation. **Quarterly Journal of Experimental Psychology**, v. 19, p. 272-279, 1967.

BOTWINICK, J. Cautiousness in advanced age. **Journal of Gerontology**, v. 21, p. 347-353, 1966.

BOTWINICK, J.; THOMPSON, L. W. Components of reaction time in relation to age and sex. **Journal of Genetic Psychology**, v. 108, p. 175-183, 1966.

BOULINGUEZ, P.; BARTHÉLÉMY, S. Influence of the movement parameter to be controlled on manual RT asymmetries in right-handers. **Brain and Cognition**, v. 44, n. 3, p. 653-661, 2000.

BOWEN, K.; PISTILLI, M. D. Student preferences for mobile app usage. **Educause Research Bulletin**, v. 4, 2012.

BREASTED, J. H. **The Edwin Smith Surgical Papyrus**. Chicago: University of Chicago Press, 1930.

BREBNER, J. T. Reaction time in personality theory. *In*: WELFORD, A. T. (ed.). **Reaction Times**. New York: Academic Press, 1980. p. 309-320.

BREBNER, J. T.; WELFORD, A. T. Introduction: an historical background sketch. *In*: WELFORD, A. T. (ed.). **Reaction Times**. New York: Academic Press, 1980. p. 1-23.

BUCHSBAUM, M.; CALLAWAY, E. Influence of respiratory cycle on simple RT. **Perceptual and Motor Skills**, v. 20, p. 961-966, 1965.

CACIOPPO, J. T.; BERNTSON, G. G. Social psychological contributions to the decade of the brain. Doctrine of multilevel analysis. **Am Psychol.**, v. 47, n. 8, p. 1019-1028, ago. 1992. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1510329/>.

CARLOS, A. Research on the go: Mobile tools for conducting research. **The Reference Librarian**, v. 53, n. 4, p. 433-440, 2012.

CARLSON, N. R. **Fisiologia do Comportamento**. 7. ed. São Paulo: Manole, 2002.

CARPENTER, J. A. Alcohol and higher-order problem solving. **Journal Study on Alcohol**, v. 22, p. 183-222, 1961.

CARPENTER, J. A. Effects of alcohol on psychological processes. **Quart Journal of Alcohol**, v. 23, p. 274-314, 1963.

CASTRO, L. S. **Adaptação e validação do Índice de Gravidade de Insônia (IGI):** caracterização populacional, valores normativos e aspectos associados. 2011. 103 f. Dissertação (Mestrado em Psicobiologia) – Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2011.

CASAD, BETTINA J. AND LUEBERING, J.E.. "confirmation bias". **Encyclopedia Britannica**, 3 Feb. 2023, <https://www.britannica.com/science/confirmation-bias>. Accessed 22 March 2023.

CAVANAGH, P.; ALVAREZ, A. Tracking multiple targets with multifocal attention. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 9, n. 7, p. 359-364, 2005.

CET. COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. **Fatos & Estatísticas de Acidentes de Trânsito**. São Paulo: CET, 1991.

CHOCHOLLE, T. Los tiempos de reacción. *In*: FRAISE, P.; PIAGET, J. (ed.). **Sensation y motricidad**. Paidós: Buenos Aires, 1972.

CISA. CENTRO DE INFORMAÇÕES SOBRE SAÚDE E ÁLCOOL. Disponível em: <http://cisa.org.br/artigo.php?FhldTexto=233>.

CISEK, P. Making decisions through a distributed consensus. **Current opinion in neurobiology**, v. 22, n. 6, p. 927-936, 2012.



CISSE, P.; KALASKA, J. F. Neural mechanisms for interacting with a world full of action choices. **Annual review of neuroscience**, v. 33, p. 269-298, 2010.

CLAYTON, A. B.; MACKAY, G. M. Etiology of traffic accidents. **Health Bulletin**, v. 31, p. 277-280, 1972.

CIOFFI, Regina. Investimento em pesquisas e o desenvolvimento no Brasil. **Blog Dra. Regina Cioffi**, 17 jan. 2020. Disponível em: <https://drareginacioffi.com.br/investimento-em-pesquisas-e-o-desenvolvimento-no-brasil>.

CISLER, D., GREENWOOD, P. M., ROBERTS, D. M., MCKENDRICK, R., and BALDWIN, C. L. (2019). Comparing the relative strengths of EEG and low-cost physiological devices in modeling attention allocation in semiautonomous vehicles. **Front. Hum. Neurosci.** 13:109. doi: 10.3389/fnhum.2019.00109

COELHO, C. Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil: o cenário, as causas, as consequências e as providências! **Blog sbnec**. 2012. Disponível em: <http://blog.sbnec.org.br/2012/11/ciencia-tecnologia-e-inovacao-no-brasil-o-cenario-as-causas-as-consequencias-e-as-providencias/>

COGNITIVE Psychology and Cognitive Neuroscience. Behavioral and Neuroscience Methods. **Wikibooks**, s.d. Disponível em: [https://en.wikibooks.org/wiki/Cognitive\\_Psychology\\_and\\_Cognitive\\_Neuroscience/Behavioral\\_and\\_Neuroscience\\_Methods](https://en.wikibooks.org/wiki/Cognitive_Psychology_and_Cognitive_Neuroscience/Behavioral_and_Neuroscience_Methods).

COLLARDEAU, M.; BRISSWALTER, J.; AUDIFFREN, M. Effects of a prolonged run on simple reaction time of well-trained runners. **Perceptual and Motor Skills**, v. 93, n. 3, p. 679, 2001.

COLLINS, M. W.; FIELD, M.; LOVELL, M. R.; IVERSON, G.; JOHNSTON, K. M.; MAROON, J.; FU, F. H. 2003. Relationship between postconcussion headache and neuropsychological test performance in high school athletes. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 31, n. 2, p. 168-174, 2003.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES. **Boletins – Boletins técnicos e informes CNT/Sest Senat 2014**. CNT, 2014. Disponível em: [https://issuu.com/transporteactual/docs/plano\\_cnt\\_de\\_transporte\\_e\\_logistica](https://issuu.com/transporteactual/docs/plano_cnt_de_transporte_e_logistica).

CONFORTO, A. B.; MARIE, S. K. N.; COHEN, L. G.; SCAFF, M. Estimulação magnética transcraniana. **Arq. Neuro-Psiquiatr.**, v. 61, n. 1, mar. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/anp/a/Mzt9MVSPW3V6q6RNzztLLYm/?lang=pt>.

CONTRAN. Código Nacional de Trânsito. **Lei n. 5.108, de 21 de setembro de 1966**.

CONTRAN. **Resolução n. 476, de 1974**.

CONTRAN. **Resolução n. 734, de 31 de julho de 1989**.

COSTA, M. F. da. **Manual Didático de Teoria e Prática de Psicofísica**. [S.l.: s.n.], s.d. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/6866966/mod\\_resource/content/2/Manual%20Did%C3%A1tico%20de%20Psicof%C3%ADsica.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/6866966/mod_resource/content/2/Manual%20Did%C3%A1tico%20de%20Psicof%C3%ADsica.pdf).

COSTA, M. F. Psicofísica Clínica: Ciência Básica e sua Aplicação na Saúde. **Revista Psicologia e Saúde**, [s.l.], v. 2, n. 1, 2010. DOI: 10.20435/pssa.v2i1.35. Disponível em: <https://pssa.ucdb.br/pssa/article/view/35>. Acesso em: 12 maio 2023.

CRAIG, C. L. *et al.* International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 35, n. 8, p. 1381-1395, 2003.

DAMÁSIO, A.R. O Erro de Descartes: Emoção, Razão e o Cérebro Humano. (São Paulo: **Companhia das Letras**, 1996, ISBN 85-7164-530-2, 336 (Tradução portuguesa do original Descartes' error: Emotion, reason and the human brain, Putnan Pub. Group, 1994, por Dora Vicente e Georgina Segurado).

DELLA SALA, S.; ANDERSON, M. Neuroscience in Education: The good, the bad and the ugly. **Trends in cognitive sciences**, v. 20, n. 5, p. 1-3, 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/297949514\\_Neuroscience\\_in\\_Education\\_The\\_good\\_the\\_bad\\_and\\_the\\_ugly](https://www.researchgate.net/publication/297949514_Neuroscience_in_Education_The_good_the_bad_and_the_ugly).

DENATRAN. DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Anuário 2014**. 2014. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/ctb.htm>.

DONDERS, F. C. On the speed of mental processes. Tradução: W. G. Koster, 1969. **Acta Psychologica**, v. 30, p. 412-431, 1968.

DUFAU, S. *et al.* Smart Phone, Smart Science: How the Use of Smartphones Can Revolutionize Research in Cognitive Science. PLoS ONE, v. 6, n. 9, p. e24974, 28 set. 2011. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0024974>.

DURLACH, P. J.; EDMUNDS, R.; HOWARD, L.; TIPPER, S. P. A rapid effect of daffeinated beverages on two choice reaction time tasks. **Nutritional Neuroscience**, v. 5, n. 6, p. 433-442, 2002.

EBBINGHAUS, H. **Memory: A Contribution to Experimental Psychology**. New York: Teachers College, Columbia University, [1885] 1913.

EICHENBAUM, H.; BUNSEY, M. On the binding of associations in memory: clues from studies on the role of the hippocampal region in paired associate learning. **Curr. Directions Psychol. Sci.**, v. 4, p. 19-23, 1995.

ENGEL, B. T.; THORNE, P. R.; QUILTER, R. E. On the relationship among sex, age, response mode, cardiac cycle phase, breathing cycle phase, and simple reaction time. **Journal of Gerontology**, v. 27, p. 456-460, 1972.

ENCTI – Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012-2015, elaborada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI).

ESTAÑOL, A.B., BONET, M:J., LAWSON C., "[The Double-Edge Sword of Industry Collaboration: Evidence from Engineering Academics in the UK](#)," [Working Papers](#) 491, **Barcelona School of Economics**. 2013.

ESTRADA, C.D., NÓBREGA, L. Covid-19: balanço de dois anos da pandemia aponta vacinação como prioridade. **Agencia Fiocruz de Notícias**. 2022 Disponível em: <https://www.fiocruzbrasil.fiocruz.br/covid-19-balanco-de-dois-anos-da-pandemia-aponta-vacinacao-como-prioridade/>

ETNYRE, B.; KINUGASA, T. Postcontraction influences on reaction time (motor control and learning). **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 73, n. 3, p. 271-282, 2002.

EVANS, L.; SCHWING, R. C. (ed.). **Human behavior and traffic safety**. New York: Plenum Press, 1984.

EYSENCK, M. W. *et al.* Anxiety and cognitive performance: attentional control theory. **Emotion**, v. 7, n. 2, p. 336, 2007.

FARAH, A., MUHAMMAD F.T., RIZWAN, A.S. NOOR, E.R. Strengthening the Bridge Between Academic and the Industry Through the Academia-Industry Collaboration Plan Design Model. **Frontiers in Psychology**. 2022.

FAUBERT, J. Professional athletes have extraordinary skills for rapidly learning complex and neutral dynamic visual scenes. **Sci. Rep.**, v. 3, p. 1154, 2013.

FAUBERT, J.; SIDEBOTTOM, L. Perceptual-cognitive training of athletes. **J Clin Sport Psy**6, v. 85-102, 2012.

FILLMORE, M. T.; BLACKBURN, J. Compensating for alcohol-induced impairment: alcohol expectancies and behavioral disinhibition. **Journal of Studies on Alcohol**, v. 63, n. 2, p. 237, 2002.

FINGER, S. **The Origins of Neuroscience: A History of Explorations Into Brain Function**. New York: Oxford University Press, 1994.

FIORI, N. **As Neurociências Cognitivas**. Tradução: Sonia M. S. Furhmann. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008.

Fisher, H, A Aron, D Mashek, G Strong, H Li and L L Brown (2002) Archives of Sexual Behavior, October 31# 5: 413-9.

FORBES, G. B. Clinical Utility of the Test of Variables of Attention (TOVA) in the Diagnosis of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. **Journal of Clinical Psychology**, v. 54, n. 4, p. 461-476, 1998.

FREEMAN, G. L. The facilitative and inhibitory effects of muscular tension upon performance. **American Journal of Psychology**, v. 26, p. 602-608, 1933.

FROEBERG, S. The relation between the magnitude of stimulus and the time of reaction. **Archives of Psychology**, n. 8, 1907.

FURLEY, P.; WOOD, G. Working memory, attentional control, and expertise in sports: A review of current literature and directions for future research. **Journal of Applied Research in Memory and Cognition**, v. 5, n. 4, p. 415-425, 2016.

GALTON, F. On instruments for testing perception of differences of tint and for determining reaction time. **Journal of the Anthropological Institute**, v. 19, p. 27-29, 1899.

GEIPOT. Inventariança da extinta empresa brasileira de planejamento de transportes. Disponível em: <http://geipot.gov.br>.

GLOBAL DRINKING AND DRIVING: AN INTERNATIONAL GOOD PRACTICE MANUAL. 2007. Disponível em: <http://www.grsproadsafety.org/our-knowledge/drinking-and-driving>.

GOLBERG, L. (ed.). **Alcohol, drugs and traffic safety**. Goteborg: Graphic Systems, 1981. v. II.

GOREIS A, FELNHOFER A, KAFKA JX, PROBST T, KOTHGASSNER OD. Efficacy of Self-Management Smartphone-Based Apps for Post-traumatic Stress Disorder Symptoms: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Front Neurosci**. 2020 Jan 24;14:3. doi: 10.3389/fnins.2020.00003. PMID: 32038153; PMCID: PMC6992648.

GOTTSDANKER, R. The attaining and maintaining of preparation. *In*: RABBITT, P. M. A.; DORNIC, S. (ed.). **Attention and Performance**. London: Academic Press, 1975. v. 5, p. 33-49.

HARARI, G. M.; LANE, N. D.; WANG, R.; CROSIER, B. S.; CAMPBELL, A. T.; GOSLING, S. D. Using Smartphones to Collect Behavioral Data in Psychological Science: Opportunities, Practical Considerations, and Challenges. **Perspectives on Psychological Science**, v. 11, n. 6, p. 838-854, 2016. Disponível em: [https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1745691616650285?url\\_ver=Z39.88-2003&rfr\\_id=ori:rid:crossref.org&rfr\\_dat=cr\\_pub%20%20pubmed](https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1745691616650285?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed).

HICK, W. E. On the rate of gain of information. **Quarterly Journal of Experimental Psychology**, v. 4, p. 11-26, 1952.

HILLS, B. L. Vision, visibility and perception in driving. **Perception**, v. 9, p. 183-216, 1980.

HOFFMANN, M. H. **Serviço de Orientação Psicológica Preventiva para Condutores acidentados e infratores. Dados estatísticos**. jan./jun. 1995. Relatório Técnico n. 001. SEPSITRAN. Escola de Trânsito. DETRAN/SC. Florianópolis, 1995.

HOFFMANN, M. H.; LOPES DA SILVA, E. M. M. **Questionário Situacional dos Psicólogos dos DETRAN's**. Relatório Técnico. SEPSITRAN. Florianópolis: DETRAN/SC, 1994.

HORVATH, J. C. The Limits of Neuroscience in Business. **Inergency**, 28 nov. 2022. Disponível em: <https://inergency.com/the-limits-of-neuroscience-in-business/>.

HOUZEL, A.H. The Human Brain in numbers a linearly scaled-up primate brain. **Frontiers in human neuroscience**, 2009.

HSIEH, S. Tasking shifting in dual-task settings. **Perceptual and Motor Skills**, v. 94, n. 2, p. 407, 2002.

HSU M, YOON C. The Neuroscience of Consumer Choice. **Curr Opin Behav Sci**. 2015 Oct 1;5:116-121. doi: 10.1016/j.cobeha.2015.09.005. PMID: 26665152; PMCID: PMC4671287.

HULTSCH, D. F.; MACDONALD, S. W.; DIXON, R. A. Variability in reaction time performance of younger and older adults. **The Journals of Gerontology**, Series B, v. 57, n. 2, p. 101, 2002.

INSTITUTO AMERICANO NACIONAL SOBRE ABUSO DE ÁLCOOL E ALCOOLISMO. <http://www.alcohol.org>.

INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS APLICADAS. **Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas aglomerações urbanas brasileiras**. Brasília: IPEA/ANTP, 2014. p. 43.

INSTITUTO MODAL. **Panorama do Transporte Rodoviário de Cargas no Brasil: Série Estudos Setoriais**. Brasília: Instituto Modal de Ciência, Tecnologia e Inovação, 2019. 44 p. il. (algumas color.); 29,7 cm. Relatório Técnico - Versão Final, Junho de 2019.

JAMES, W. *The Principles of Psychology*, 2 vols. (1890) **Dover Publications**, 1950, vol. 1: [ISBN 0-486-20381-6](https://www.doverpublications.com/9780486203816), vol. 2: [ISBN 0-486-20382-4](https://www.doverpublications.com/9780486203824).

JEHNIFFER, J. Principais Países Produtores de Petróleo. **Investidor Sardinha**, 1º ago. 2022. Disponível em: <https://investidorsardinha.r7.com/aprender/principais-paises-produtores-de-petroleo/>.

JERSILD, A.T. Mental set and shift. **Archives of Psychology**, v. 89, p. 5-82, 1927.

JEVAS, S.; YAN, J. H. The effect of aging on cognitive function: a preliminary quantitative review. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 72, p. A-49, 2001.

JOHANSON, A. M. The influence of incentive and punishment upon reaction-time. **Archives of Psychology**, n. 54, 1922.

KALANT, H. C.; LE BLANC, A.; WILSON, A. Absorption, diffusion and elimination of ethanol. **Canadian Journal**, v. 112, p. 953-958, 1975.

KARMARKAR, U. R.; PLASSMAN, H. **Consumer Neuroscience: Past, Present, and Future**. **SAGE Journals**, v. 22, n. 1, 13 set. 2017. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1094428117730598>.

KASHIHARA, K.; NAKAHARA, Y. Short-term effect of physical exercise at lactate threshold on choice reaction time. **Perceptual and Motor Skills**, v. 100, n. 2, p. 275-281, 2005.

KEMP, B. J. Reaction time of young and elderly subjects in relation to perceptual deprivation and signal-on versus signal-off condition. **Developmental Psychology**, v. 8, p. 268-272, 1973.

KLEEMEIER, R. W.; RICH, T. A.; JUSTISS, W. A. The effects of alpha-(2-piperidyl) benzhydrol hydrochloride (Meratran) on psychomotor performance in a group of aged males. **Journal of Gerontology**, v. 11, p. 165-170, 1956.

KOELSCH, S. Brain correlates of music-evoked emotions. **Nature Reviews Neuroscience**, 15, 170. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1038/nrn3666>. 2014

KOHFELD, D. L. Simple reaction time as a function of stimulus intensity in decibels of light and sound. **Journal of Experimental Psychology**, v. 88, p. 251-257, 1971.

KROLL, W. Effects of local muscular fatigue due to isotonic and isometric exercise upon fractionated reaction time components. **Journal of Motor Behavior**, v. 5, p. 81-93, 1973.

KRONBAUER, A. L.; SCHOR, P.; CARVALHO, L. A. V. de. Medida da visão e testes psicofísicos. **Arq. Bras. Oftalmol.**, v. 71, n. 1, fev. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abo/a/cYjG7crjBMDZ5mmmj9ptfth/?lang=pt>.

LAJOIE, Y.; GALLAGHER, S. P. 2004. Predicting falls within the elderly community: comparison of postural sway, reaction time, the Berg balance scale and the Activities-specific Balance Confidence (ABC) scale for comparing fallers and non-fallers. **Archives of Gerontology and Geriatrics**, v. 38, n. 1, p. 11-25, 2004.

LAMING, D. R. J. **Information Theory of Choice-Reaction Times**. London: Academic Press, 1968.

LEARK, R. A. *et al.* **Test of Variables of Attention: Clinical Manual**. Los Alamitos: The TOVA Company, 2007.

LEDOUX, J.E. **The Emotional Brain**. New York: **Simon and Schuster**. 1996

LEE, J. D.; CAVEN, B.; HAAKE, S.; BROWN, T. L. 2001. Speech-based interaction with in-vehicle computers: The effect of speech-based e-mail on drivers' attention to the roadway. **Human Factors**, v. 43, n. 4, p. 631, 2001.

LEMMINK, K.; VISSCHER, C. Effect of intermittent exercise on multiple-choice reaction times of soccer players. **Perceptual and Motor Skills**, v. 100, n. 1, p. 85-95, 2005.

LENT, R. **Cem Bilhões de Neurônios: Conceitos Fundamentais de Neurociência**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2010.

LENT, R. **Neurociência da Mente e do Comportamento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

LENZENWEGER, M. F. Reaction time slowing during high-load, sustained-attention task performance in relation to psychometrically identified schizotypy. **Journal of Abnormal Psychology**, v. 110, p. 290, 2001.

LEVITT, H. Transformed up-down methods in psychoacoustics. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 49, Supl. 2, p. 467, 1971.

LEVITT, S.; GUTIN, B. Multiple choice reaction time and movement time during physical exertion. **Research Quarterly**, v. 42, p.405-410, 1971.

LIBET, B. The Timing of Mental Events: Libet's Experimental Findings and Their Implications, **Consciousness and Cognition**, Volume 11, Issue 2, 2002

LIGUORI, A.; ROBINSON, J. H. Caffeine antagonism of alcohol-induced driving impairment. **Drug and Alcohol Dependence**, v. 63, n. 2, p. 123-129, 2001.

LINDER, G. N. The effect of caffeine consumption on reaction time. **Bulletin of the South Carolina Academy of Science**, Annual 2001, p. 42, 2001.

LORIST, M. M.; SNEL, J. Caffeine effects on perceptual and motor processes. **Electroencephalography and Clinical Neurophysiology**, v. 102, n. 5, p. 401-414, 1997.

LUCE, R. D. **Response Times: Their Role in Inferring Elementary Mental Organization**. New York: Oxford University Press, 1986.

LUCHIES, C. W.; SCHIFFMAN, J.; RICHARDS, L. G.; THOMPSON, M. R.; BAZUIN, D.; DEYOUNG, A. J. Effects of age, step direction, and reaction condition on the ability to step quickly. **The Journals of Gerontology**, Series A, v. 57, n. 4, p. M246, 2002.

MALKA, R. *et al.* **Manual de alcoholología**. [S.l.]: Masson, 1988.

MARCUCCI, F. C. I.; VANDRESEN FILHO, S. Métodos de investigação funcional do cérebro e suas implicações na prática da fisioterapia neurológica. **Revista Neurociências**, v. 14, n. 4, p. 198-203, out./dez. 2006. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/neurociencias/article/view/8743/6277>.

MARCUS, G. The Problem with the Neuroscience Backlash. **The New Yorker**, 19 jun. 2013. Disponível em: <https://www.newyorker.com/tech/annals-of-technology/the-problem-with-the-neuroscience-backlash>.

MARIN-CAMPOS, R.; DALMAU, J.; COMPTE, A. *et al.* StimuliApp: Psychophysical tests on mobile devices. **Behav Res**, v. 53, p. 1301-1307, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.3758/s13428-020-01491-4>.

MARKRAM, H. Seven challenges for neuroscience. *Funct Neurol.*, v. 28, n. 3, p. 145-151, jul./set. 2013. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3812747/>.

MARSHALL, W. H.; TALBOT, S. A.; ADES, H. W. Cortical response of the anaesthetized cat to gross photic and electrical afferent stimulation. **Journal of Neurophysiology**, v. 6, p. 1-15, 1943.

MARTIN, P. Commercialising neurofutures: Promissory economies, value creation and the making of a new industry. **BioSocieties**, v. 10, p. 422-443, 13 abr. 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1057/biosoc.2014.40>.

MARTINS, B. G. *et al.* Depression, Anxiety, and Stress Scale: psychometric properties and affectivity prevalence. **J Bras Psiquiatr.**, v. 68, n. 1, p. 32-41, 2019.

MCLELLAN, T. M.; KAMIMORI, G. H.; BELL, D. G.; SMITH, I. F.; JOHNSON, D.; BELENKY, G. Caffeine maintains vigilance and marksmanship in simulated urban operations with sleep deprivation. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 76, n. 1, p. 39-45, 2005.

MCMORRIS, T.; SPROULE, J.; DRAPER, S.; CHILD, R. Performance of a psychomotor skill following rest, exercise at the plasma epinephrine threshold and maximal intensity exercise. **Perceptual and Motor Skills**, v. 91, n. 2, p. 553-563, 2000.

MEGIA, J. M.; GALLUD, J.; RAGA, R. (1989). Accidentabilidad, morbilidad y mortalidad por accidentes de tráfico en la Comunidad Valenciana y España (1959-1986). Conselleria de Sanitat i Consum. **Generalitat Valenciana. Monografias Sanitarias**, Serie A, n. 11, 1989.

MENESES-GAYA, C. *et al.* Is the full version of the AUDIT really necessary? Study of the validity and internal construct of its abbreviated versions. **Alcohol Clin Exp Res**, v. 34, n. 8, p. 1417-1424, 2010.

MILLER, E. K. The prefrontal cortex: no simple matter. **NeuroImage**, v. 11, p. 447-450, 2000.

MILLER, G. The Smartphone Psychology Manifesto. **Perspect Psychol Sci.**, v. 7, n. 3, p. 221-237, maio 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26168460/>.



MILLER, J. O.; LOW, K. Motor processes in simple, go/no-go, and choice reaction time tasks: a psychophysiological analysis. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v. 27, p. 266, 2001.

MILNER B, [PENFIELD W](#). The effect of hippocampal lesions on recent memory. **Transactions of the American Neurological Association**. 42-8. PMID [13311995](#).

MORAES JR., R. de. Psicofísica clínica. **Eu Percebo [Blog]**, 4 dez. 2019. Disponível em: <https://eupercebo.unb.br/2019/12/04/psicofisica-clinica>.

MORDOR Intelligence. Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com>.

MOSKOWITZ, H.; FIORENTINO, D. **A review of the literature on the effects of low doses of alcohol on driving-related skills**. U.S. Department of Transportation National Highway Traffic Safety Administration. 2000.

MOURÃO-JÚNIOR, C. A.; OLIVEIRA, A. O.; FARIA, E. L. B. Neurociência cognitiva e desenvolvimento humano. **Temas em Educação e Saúde**, Araraquara, v. 7, 2017. DOI: 10.26673/tes.v7i0.9552. Disponível em: <https://periodicos.fclar.unesp.br/tes/article/view/9552>. Acesso em: 12 maio 2023. NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE. **PubMed**, s.d. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=neuroscience&filter=years.1965-2023&timeline=expanded>.

NETTELBECK, T. Factors affecting reaction time: Mental retardation, brain damage, and other psychopathologies. *In*: WELFORD, A. T. (ed.). **Reaction Times**. New York: Academic Press, 1980. p. 355-401.

NETTELBECK, T. Individual differences in noise and associated perceptual indices of performance. **Perception**, v. 2, p. 11-21, 1973.

NICKERSON, R. S. Binary-classification reaction times: A review of some studies of human information-processing capabilities. **Psychonomic Monograph Supplements**, v. 4, p. 275-318, 1972.

NOBLE, C. E.; BAKER, B. L.; JONES, T. A. Age and sex parameters in psychomotor learning. **Perceptual and Motor Skills**, v. 19, p. 935-945, 1964.

NORTH, A. C. 2012. "[The effect of background music on the taste of wine.](#)" **British Journal of Psychology** 103 (3): 293-301.

OBSERVATÓRIO SST – SMARTLAB. Frequência de Afastamentos – INSS. **SmartLab SST**, 2021. Disponível em: <https://smartlabbr.org/sst/localidade/0?dimensao=frequenciaAfastamentos>.

PASQUALI, L. (org.). **Teoria e métodos de medida em ciências do comportamento**. Brasília: Laboratório de Pesquisa em Avaliação e Medida; Instituto de Psicologia; UnB: INEP, 1996. 432 p. Disponível em:

[https://www.faecpr.edu.br/site/documentos/teoria\\_metodos\\_ciencias\\_comportamento.pdf](https://www.faecpr.edu.br/site/documentos/teoria_metodos_ciencias_comportamento.pdf).

PANAYIOTOU, G.; VRANA, S. R. O papel do auto-foco, dificuldade da tarefa, auto-relevância da tarefa e ansiedade de avaliação no desempenho de tempo de reação. **Motivation and Emotion**, v. 28, n. 2, p. 171-196, 2004.

PETERS, M.; IVANOFF, J. Performance asymmetries in computer mouse control of right-handers, and left handers with left- and right-handed mouse experience. **Journal of Motor Behavior**, v. 31, n. 1, p. 86-94, 1999.

PIÉRON, H. Nouvelles recherches sur l'analyse du temps de latence sensorielle et sur la loi qui relie ce temps a l'intensité de l'excitation. **Année Psychologique**, v. 22, p. 58-142, 1920.

POR VIAS SEGURAS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PREVENÇÃO DOS ACIDENTES DE TRANSITO. Disponível em: <http://www.vias-seguras.com/>.

PYLYSHYN, Z. W.; STORM, R. W. Tracking multiple independent targets: evidence for a parallel tracking mechanism. **Spat. Vis.**, v. 3, p. 179-197, 1988.

RAO, S. C.; RAINER, G.; MILLER, E. K. Integration of what and where in the primate prefrontal cortex. **Science**, v. 276, p. 821-824, 1997.

READ, J. C. A. The place of human psychophysics in modern neuroscience. **Neuroscience**, v. 296, p. 116-129, jun. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306452214004369?via%3Dihub>.

REDFERN, M. S. *et al.* Attentional dynamics in postural control during perturbations in young and older adults. **The Journals of Gerontology**, Series A, v. 57, n. 8, p. B298, 2002.

RIBEIRO, J., VERZARO, M. How neuroscience can help us to understand Empathy and the fear of Artificial Intelligence eBook: **Kindle Store**.2021

RICHARD, C. M. *et al.* Effect of a concurrent auditory task on visual search performance in a driving-related image-flicker task. **Human Factors**, v. 44, n. 2, p. 108, 2002.

RIZZOLATTI, G. Mirrors in the Brain: How our minds share actions and emotions: How our minds share actions, emotions, and experience. **Oup Oxford**. 2007.

RIZZUTO, D.; KAHANA, M. J. An autoassociative model of paired-associate learning. **Neural Comp**, 2001. No prelo.

ROBERTS, R. Drillers' Situation Awareness model identifies key cognitive skills needed to be a good driller. **Safety and ESG**, 2015.

ROMEAS, T. *et al.* 3D-Multiple Object Tracking training task improves passing decision-making accuracy in soccer players. **Psychology of Sport and Exercise**, v. 22, p. 1-9, 2016.

ROSE, S. A.; FELDMAN, J. F.; JANKOWSKI, J. J.; CARO, D. M. A longitudinal study of visual expectation and reaction time in the first year of life. **Child Development**, v. 73, n. 1, p. 47-61, 2002.

ROZENSTRATEN, R. J. A. **Psicologia do Trânsito: Conceito e Processos Básicos**. São Paulo: EPU, 1988.

RUFF, C. C.; HUETTEL, S. A. Experimental Methods in Cognitive Neuroscience. *In*: GLIMCHER, P. W.; FEHR, E. (ed.). **Neuroeconomics**. 2. ed. Cambridge: Academic Press, 2014. p. 77-108. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780124160088000061>.

SANDERS, A. F. **Elements of Human Performance: Reaction Processes and Attention in Human Skill**. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 1998.

SALIMPOOR, V. N., BENOVOY, M., LARCHER, K., DAGHER, A., & ZATORRE, R. J. Anatomically distinct dopamine release during anticipation and experience of peak emotion to music. **Nature Neuroscience**, 14, 257. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1038/nn.2726>. 2011

SCHWEITZER, K. Preattentive processing and cognitive ability. **Intelligence**, v. 29, n. 2, p. 169-185, 2001.

SEIFERT, A.; HOFER, M.; ALLEMAND, M. Mobile Data Collection: Smart, but Not (Yet) Smart Enough. **Front. Neurosci.**, v. 12, p. 971, 18 dez. 2018. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2018.00971/full>.

SELZER, M. L. *et al.* A psychosocial comparison of drunk drivers and alcoholics. **Journal of Studies on Alcohol**, v. 38, p. 1249-1312, 1977.

SENSORIAL Sports. Disponível em: <http://sensorialsports.com>.

SETH, A. **Being You: A New Science of Consciousness**. Faber & Faber, 2021.

SHEPHERD, G. M. **Creating Modern Neuroscience: The Revolutionary 1950s**. New York: Oxford University Press, 2010.

SILVA, J. A. da; ROZESTRATEN, R. J. A. **Manual Prático de Psicofísica**. [S.l.: s.n.], s.d. Disponível em: <http://www.ieb.usp.br/wp-content/uploads/sites/392/2018/08/manual-de-psicofisica.pdf>.

SILVA, J. C. L. da. A estratégia brasileira de privilegiar as rodovias em detrimento das ferrovias. **Brasil Escola**, s.d. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/por-que-brasil-adotou-utilizacao-das-rodovias-ao-inves-.htm>.

SINGLETON, W. T. Deterioration of performance on a short-term perceptual-motor task. *In*: FLOYD, W. F.; WELFORD, A. T. (ed.). **Symposium on Fatigue**. London: H. K. Lewis and Co., 1953. p. 163-172.

SJOBERG, H. Relations between heart rate, reaction speed, and subjective effort at different work loads on a bicycle ergometer. **Journal of Human Stress**, v. 1, p. 21-27, 1975.

SMART, R. G. Are alcoholics accidents due solely to heavy drinking? **Journal of Safety Research**, v. 1, p. 170-173, 1969.

SMITH, A. et al. Effects of upper respiratory tract illnesses in a working population. **Ergonomics**, v. 47, n. 4, p. 363-369, 2004.

STERNBERG, S. Memory scanning: Mental processes revealed by reaction time experiments. **American Scientist**, v. 57, p. 421-457, 1969.

STOET, G.; SNYDER, L. H. Extensive practice does not eliminate human switch costs. **Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience**, v. 7, p. 192-197, 2007.

Stroebe, M., Schut, H., & Boerner, K. (2017). Cautioning Health-Care Professionals: Bereaved Persons Are Misguided Through the Stages of Grief. **OMEGA - Journal of Death and Dying**, 74(4), 455–473. <https://doi.org/10.1177/0030222817691870>

SURWILLO, W. W. Choice reaction time and speed of information processing in old age. **Perceptual and Motor Skills**, v. 36, p. 321-322, 1973.

SZINNAI, G. H.; SCHACHINGER, M. J.; ARNAUD, L.; LINDER, L.; KELLER, U. Effect of water deprivation on cognitive-motor performance in healthy men and women. **The American Journal of Physiology**, v. 289, n. 1, p. R275-R280, 2005.

TADDEO, Sarah, "Santiago Felipe Ramon y Cajal (1852-1934)". **Embryo Project Encyclopedia** (2014-06-05). ISSN: 1940-5030

TAKAHASHI, M.; NAKATA, A.; HARATANI, T.; OGAWA, Y.; ARITO, H. Post-lunch nap as a worksite intervention to promote alertness on the job. **Ergonomics**, v. 47, n. 9, p. 1003-1013, 2004.

TEICHNER, W. H.; KREBS, M. J. Laws of visual choice reaction time. **Psychological Review**, v. 81, p. 75-98, 1974.

THE NEUROSCIENCE Behind the Successful Talent Development. **Rallyware**, 21 jun. 2018. Disponível em: <https://medium.com/rallyware/the-neuroscience-behind-the-successful-talent-development-a832c7b0304c>.

TOPP, C. W. *et al.* The WHO-5 well-being index: a systematic review of the literature. **Psychother Psychosom**, v. 84, n. 3, p. 167-76, 2015.

TREAT, J. R. *et al.* **Tri-level study of the cases of traffic accidents**. Report n DOT-HS 034-3-535-77 (TAC). Indiana University, 1977.

TREUE, S. Neural correlates of attention in primate visual cortex. **Trends in neurosciences**, v. 24, n. 5, p. 295-300, 2001.

UNICORP JUNDIAÍ. Acidentes de trabalho: por que o Brasil está entre os primeiros do ranking?. **Unicorp Jundiaí**, s.d.. Disponível em: <https://unicorpjundiai.com.br/acidentes-de-trabalho-por-que-o-brasil-esta-entre-os-primeiros-do-ranking/#:~:text=Entre%20os%20setores%20com%20maior,de%20motorista%2C%20pedreiros%20e%20mec%C3%A2nicos.>

VALDECASAS, G. **Farmacologia**. Espasx, 1978.

VERGARA, V.M., NORGAARD, M., MILLER, R. *et al.* Functional network connectivity during Jazz improvisation. **Sci Rep** 11, 19036 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-98332-x>

VIDAL, F. Brainhood, anthropological figure of modernity. **History of the Human Sciences**, 22(1), 5–36. <https://doi.org/10.1177/0952695108099133>. 2009.

VIGNOLA, R.C.; TUCCI, A.M. Adaptation and validation of the depression, anxiety and stress scale (DASS) to Brazilian Portuguese. **Journal of Affective Disorders**, v. 155, p. 104-109, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jad.2013.10.031>.

VON FIEANDT, K.; HUHTALA, A.; KULLBERG, P.; SAARL, K. Personal tempo and phenomenal time at different age levels. **Reports from the Psychological Institute**. Helsinki: University of Helsinki, 1956. n. 2.

WEISBERG, D. S.; KEIL, F. C.; GOODSTEIN, J.; RAWSON, E.; GRAY, J. R. The seductive allure of neuroscience explanations. **J Cogn Neurosci.**, v. 20, n. 3, p. 470-477, mar. 2008. doi: 10.1162/jocn.2008.20040. PMID: 18004955; PMCID: PMC2778755.

WEISS, A. D. The locus of reaction time change with set, motivation, and age. **Journal of Gerontology**, v. 20, p. 60-64, 1965.

WELFORD, A. T. Choice reaction time: Basic concepts. *In*: WELFORD, A. T. (ed.). **Reaction Times**. New York: Academic Press, 1980. p. 73-128.

WELFORD, A. T. **Fundamentals of Skill**. London: Methuen, 1968.

WELFORD, A. T. Motor performance. *In*: BIRREN, J. E.; SCHAIÉ, K. W. **Handbook of the Psychology of Aging**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1977. p. 450-496.

WELLS, G. R. The influence of stimulus duration on RT. **Psychological Monographs**, v. 15, p. 1066, 1913.

WOODWORTH, R. S.; SCHLOSBERG, H. **Experimental Psychology**. New York: Henry Holt, 1954.

YARROW, K.; BROWN, P.; KRAKAUER, J.W. Inside the brain of an elite athlete: the neural processes that support high achievement in sports. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 10, n. 8, p. 585, 2009.

YODER, R. D.; MOORE, R. A. Characteristics of convicted drunken drivers. **Q. Journal Study of Alcohol**, v. 34, p. 927-936, 1973.

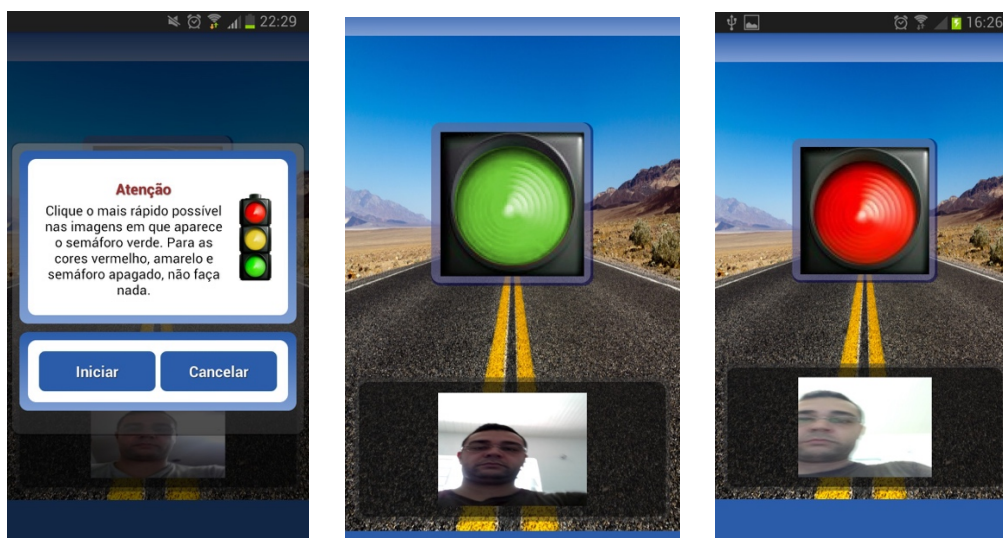
## **ANEXO A – PROJETO PILOTO DESENVOLVIDO EM COLABORAÇÃO COM A EMPRESA OMNIDATA PARA AVALIAÇÃO COGNITIVA SOB O EFEITO DO ÁLCOOL**

O projeto piloto inicial fez parte do trabalho de dissertação de mestrado onde foram considerados e investigados três protocolos experimentais:

1. O primeiro protocolo experimental averiguou a medida de tempos de reação e o índice de acertos, com um teste de tempo de reação simples em que a tarefa era a de clicar em um estímulo (uma imagem imitando um farol), se aparecesse verde, e não clicar caso o estímulo aparecesse vermelho ou amarelo. O experimento contou com 11 participantes, sendo 6 homens e 5 mulheres de idades entre 30 e 53 anos e de escolaridade variando entre segundo grau completo a mestrado completo. Neste protocolo experimental, 5 participantes realizaram os testes com e sem álcool, 5 participantes realizaram o teste sem o efeito de álcool e 1 participante realizou o teste duas vezes somente sob o efeito de álcool. Neste protocolo, os tempos de reação dos cliques no semáforo verde e a porcentagem de acertos nas condições sem e com álcool foram submetidos independentemente a um teste t-student pareado.

Os testes pareados, tanto para os tempos de reação ( $t(5)=0,199$ ,  $p=0,850$ ), quanto para a quantidade de erros ( $t(5)=0,675$ ,  $p=0,529$ ), não apontaram nenhuma diferença significativa entre as condições sem e com álcool. O desvio padrão nos testes sob o efeito de álcool foi maior, o que indica uma maior variação de respostas.

Figura 14 – Telas do teste de tempo de reação



Quadro 2 – Resultados do protocolo experimental 1

	Tempo de Reação de cliques verdes			Acertos		
	Média	Desvio Padrão	N	Média	Desvio Padrão	N
Sem Alcool	800,41	114,539	11	96,45	5,502	11
Com Alcool	779,5	144,137	6	98,17	4,491	6

2. O segundo protocolo experimental incluiu três testes:

a) – Teste de tempo de reação escolha. O teste averiguou a medida de tempos de reação e o índice de acertos em que a tarefa era a de clicar uma figura simulando um semáforo caso aparecesse verde, clicar em outro estímulo, caso aparecesse uma figura de um farol vermelho ou amarelo e manter o dedo pressionado em outro estímulo caso aparecesse um farol apagado.

b) – Teste de memória. O teste averiguou a medida de tempos de reação e o índice de acertos em que a tarefa era a de clicar em uma figura para informar se a imagem que aparecia na tela era nova ou clicar em outra figura caso a imagem fosse repetida.

c) – Teste de associação. O teste averiguou a medida de tempos de reação e o índice de acertos em que a tarefa era a de associar figuras a um número seguindo uma tabela de comparação.

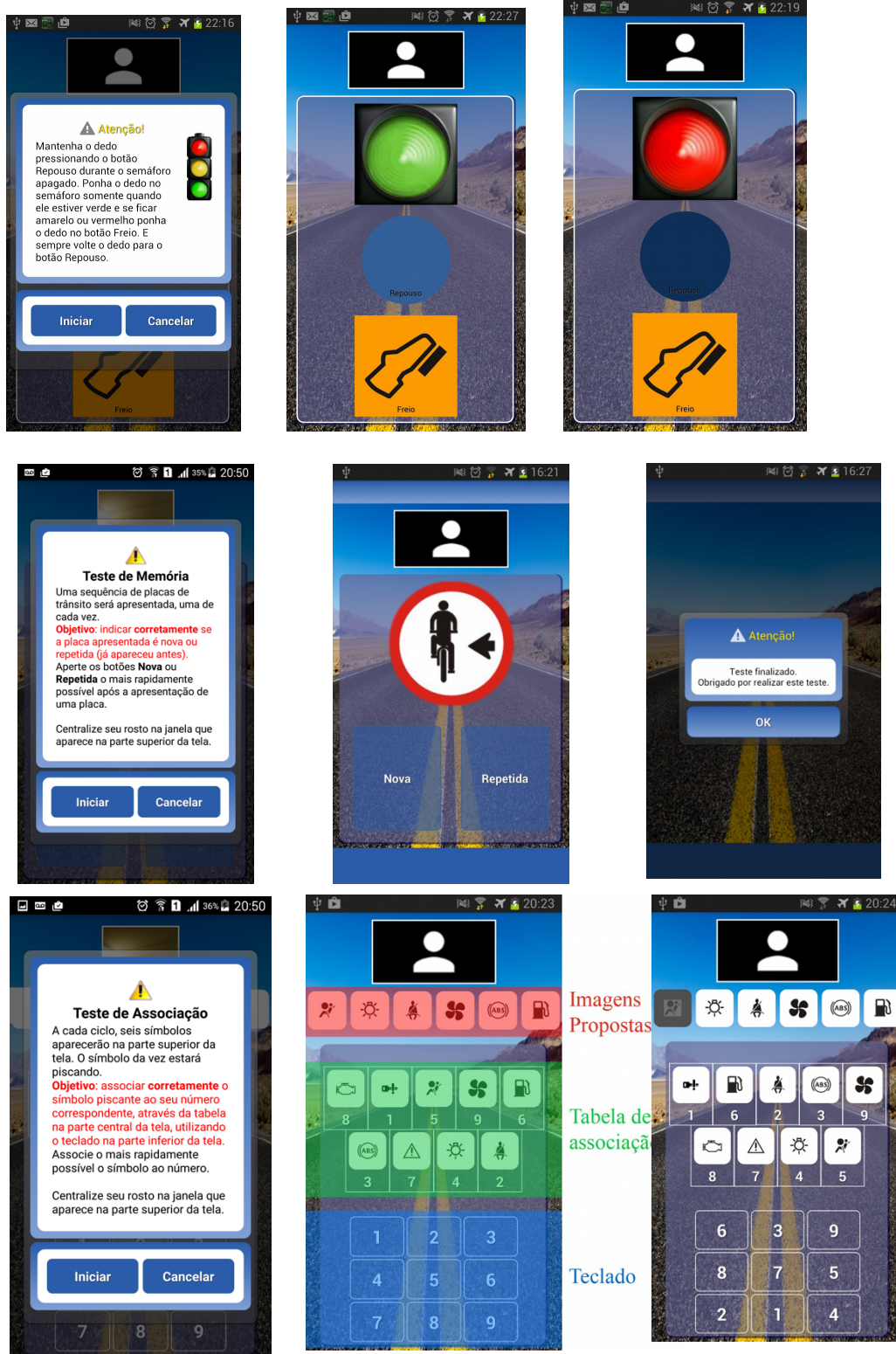


Este protocolo experimental contou com 13 participantes, sendo 13 mulheres de idades entre 18 a 37 anos e de escolaridade variando entre o segundo grau completo a mestrado completo. Todos realizaram o teste de familiarização, realizaram 6 vezes seguidas os testes sem a ingestão de álcool e 3 vezes com diferentes níveis de álcool no sangue, em intervalos de 1 hora entre cada teste, com pausas de 15 minutos sem a ingestão de álcool antes de utilizarem o etilômetro para medir o nível de álcool no sangue.

Neste protocolo experimental os tempos de reação e o número de erros nos testes de reação escolha, de memória e de associação foram submetidos independentemente a uma análise de variância de medidas repetidas (ANOVA-MR de 3 via condição sem álcool, sob efeito de álcool nível < 0,06 %BAC [“blood-alcohol concentration”, do inglês, que corresponde ao número de gramas de álcool em 100 ml de sangue, por peso] e sob efeito de álcool nível > 0,06 %BAC). Foram realizados testes post-hoc no caso de diferenças significativas.

No teste de tempo de reação de escolha as ANOVAs-MR dos tempos de reação e do número de erros não revelaram diferenças significativas para condição ( $F(2,36)=1,175$ ,  $p=0.315$ ,  $h_p^2=0.32$  e  $F(2,36)=1.944$ ,  $p=0.165$ , respectivamente), para cor de semáforo ( $F(2,36)=0.289$ ,  $p>0.5$ ,  $h_p^2=0.16$ ) e tampouco para interação condição x cor de semáforo ( $F(2,36)=0,355$ ,  $p=0.840$ ,  $h_p^2=0.19$ ) (Anexo 12). No teste de memória as Anovas-MR não revelaram nenhuma diferença significativa para a condição dos tempos de reação ( $F(2,36)=0,693$ ,  $p>0,05$ ,  $n2=0,05$ ) e número de erros ( $F(2,36)=0,255$ ,  $p>0.5$ ,  $n=0,02$ ) (Anexo 12). No teste de associação ANOVA-MR revelou uma diferença significativa nos tempos de reação ( $F(2,36)=4,924$ ,  $p=0,016$ ,  $n2=0,291$ ), porém nenhuma diferença foi encontrada para número de erros ( $F(2,36)=0,255$ ,  $p>0,5$ ,  $n2=0,090$ ). A análise post-hoc revelou diferenças significativas somente entre a condição sem álcool e a condição com álcool acima 0.06 %BAC ( $t(1,12)=2,797$ ,  $p=0,016$ ). Não houve diferença entre as condições sem álcool e com álcool até 0.06 %BAC, e entre álcool 0.06 %BAC e álcool maior que 0.06 %BAC.

Figura 15 – Telas dos testes aplicados no segundo protocolo experimental



Quadro 3 – Análises estatísticas do teste de tempo de reação escolha

## Descriptive Statistics

	CorSemafaro	Mean	Std. Deviation	N
TRSimpleSA	amare	776,5385	87,47534	13
	verde	734,5385	102,90337	13
	verme	779,0000	130,10509	13
	Total	763,3590	107,39217	39
TRSimpleCA_Ate6	amare	759,0769	107,89305	13
	verde	748,5385	118,93669	13
	verme	778,0769	123,04231	13
	Total	761,8974	114,35651	39
TRSimpleCA_Acima6	amare	798,0769	141,81705	13
	verde	772,9231	121,62816	13
	verme	782,2308	134,77398	13
	Total	784,4103	129,88248	39

Measure: Semafaro

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>a</sup>
Condition	Sphericity Assumed	12377,556	2	6188,778	1,175	,315	2,350	,250
	Greenhouse-Geisser	12377,556	1,629	7597,398	1,175	,308	1,914	,227
	Huynh-Feldt	12377,556	1,790	6913,217	1,175	,311	2,104	,237
	Lower-bound	12377,556	1,000	12377,556	1,175	,286	1,175	,184
Condition * CorSemafaro	Sphericity Assumed	7479,265	4	1869,816	,355	,840	1,420	,126
	Greenhouse-Geisser	7479,265	3,258	2295,403	,355	,802	1,157	,118
	Huynh-Feldt	7479,265	3,581	2088,691	,355	,820	1,271	,122
	Lower-bound	7479,265	2,000	3739,632	,355	,704	,710	,103
Error(Condition)	Sphericity Assumed	379227,846	72	5267,053				
	Greenhouse-Geisser	379227,846	58,651	6465,881				
	Huynh-Feldt	379227,846	64,455	5883,599				
	Lower-bound	379227,846	36,000	10534,107				

Measure: Semafaro

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Intercept	69349281,4	1	69349281,4	2132,472	,000	,983
CorSemafaro	18789,043	2	9394,521	,289	,751	,016
Error	1170741,85	36	32520,607			

## Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
ErrosTR_SA	,4692	,26257	13
ErrotsTR_CA_Ate6	,2369	,37546	13
ErrosTR_CA_Acima6	,5192	,54907	13

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Condition	Sphericity Assumed	,590	2	,295	1,944	,165
	Greenhouse-Geisser	,590	1,547	,381	1,944	,177
	Huynh-Feldt	,590	1,733	,340	1,944	,172
	Lower-bound	,590	1,000	,590	1,944	,189
Error(Condition)	Sphericity Assumed	3,643	24	,152		
	Greenhouse-Geisser	3,643	18,568	,196		
	Huynh-Feldt	3,643	20,797	,175		
	Lower-bound	3,643	12,000	,304		

#### Quadro 4 – Análises estatísticas do teste de memória

##### Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
TR_MemoriaSA	1281,3846	142,32682	13
TR_MemoriaCA_At e6	1243,7692	98,12760	13
TR_MemoriaCA_Ac ima6	1263,6923	126,77367	13

##### Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Condition	Sphericity Assumed	9207,744	2	4603,872	,693	,510
	Greenhouse-Geisser	9207,744	1,811	5083,768	,693	,497
	Huynh-Feldt	9207,744	2,000	4603,872	,693	,510
	Lower-bound	9207,744	1,000	9207,744	,693	,421
Error(Condition)	Sphericity Assumed	159396,256	24	6641,511		
	Greenhouse-Geisser	159396,256	21,734	7333,806		
	Huynh-Feldt	159396,256	24,000	6641,511		
	Lower-bound	159396,256	12,000	13283,021		

Measure: MEASURE\_1

Source		Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>a</sup>
Condition	Sphericity Assumed	,055	1,386	,153
	Greenhouse-Geisser	,055	1,256	,147
	Huynh-Feldt	,055	1,386	,153
	Lower-bound	,055	,693	,120
Error(Condition)	Sphericity Assumed			
	Greenhouse-Geisser			
	Huynh-Feldt			
	Lower-bound			

Measure: MEASURE\_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Intercept	62206539,1	1	62206539,1	1903,826	,000	,994
Error	392093,897	12	32674,491			

	Mean	Std. Deviation	N
<b>ErrosMemoriaSA</b>	<b>3,0269</b>	<b>1,28855</b>	<b>13</b>
<b>ErrosMemoriaCA_Ate6</b>	<b>3,3692</b>	<b>1,62449</b>	<b>13</b>
<b>ErrosMemoriaCA_Acima6</b>	<b>3,4585</b>	<b>2,82184</b>	<b>13</b>

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	
Condition	Sphericity Assumed	1,349	2	,675	,255	,777
	Greenhouse-Geisser	1,349	1,826	,739	,255	,757
	Huynh-Feldt	1,349	2,000	,675	,255	,777
	Lower-bound	1,349	1,000	1,349	,255	,623
Error(Condition)	Sphericity Assumed	63,494	24	2,646		
	Greenhouse-Geisser	63,494	21,907	2,898		
	Huynh-Feldt	63,494	24,000	2,646		
	Lower-bound	63,494	12,000	5,291		

## Quadro 5 – Análise estatística do teste de associação

	Mean	Std. Deviation	N
<b>TR_AssociacaoSA</b>	<b>2543,3077</b>	<b>207,63204</b>	<b>13</b>
<b>TR_AssociacaoCA_Ate6</b>	<b>2635,6923</b>	<b>214,44439</b>	<b>13</b>
<b>TR_AssociacaoCA_Acima6</b>	<b>2789,4615</b>	<b>418,18908</b>	<b>13</b>

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	
Condition	Sphericity Assumed	402010,308	2	201005,154	4,924	,016
	Greenhouse-Geisser	402010,308	1,529	262875,059	4,924	,027
	Huynh-Feldt	402010,308	1,708	235412,583	4,924	,022
	Lower-bound	402010,308	1,000	402010,308	4,924	,047
Error(Condition)	Sphericity Assumed	979696,359	24	40820,682		
	Greenhouse-Geisser	979696,359	18,351	53385,393		
	Huynh-Feldt	979696,359	20,492	47808,237		
	Lower-bound	979696,359	12,000	81641,363		

Source		Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>a</sup>
Condition	Sphericity Assumed	,291	9,848	,754
	Greenhouse-Geisser	,291	7,530	,665
	Huynh-Feldt	,291	8,409	,702
	Lower-bound	,291	4,924	,532
Error(Condition)	Sphericity Assumed			
	Greenhouse-Geisser			
	Huynh-Feldt			
	Lower-bound			

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Intercept	21157,242	1	21157,242	1,908	,192	,137
Error	133081,828	12	11090,152			

	Mean	Std. Deviation	N
<b>ErrosAssociacaoSA</b>	<b>62,6287</b>	<b>183,43168</b>	<b>13</b>
<b>ErrosAssociacao_Ate6</b>	<b>,2854</b>	<b>,57125</b>	<b>13</b>
<b>ErrosAssociacao_Acima6</b>	<b>6,9604</b>	<b>20,77568</b>	<b>13</b>

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Condition	Sphericity Assumed	30464,218	2	15232,109	1,325	,285
	Greenhouse-Geisser	30464,218	1,019	29908,577	1,325	,273
	Huynh-Feldt	30464,218	1,024	29759,376	1,325	,273
	Lower-bound	30464,218	1,000	30464,218	1,325	,272
Error(Condition)	Sphericity Assumed	275867,797	24	11494,492		
	Greenhouse-Geisser	275867,797	12,223	22569,684		
	Huynh-Feldt	275867,797	12,284	22457,094		
	Lower-bound	275867,797	12,000	22988,983		

3. O terceiro protocolo experimental incluiu os mesmos três testes realizados no segundo protocolo experimental (teste de tempo reação escolha, teste de memória e teste de associação) com apenas uma alteração no teste de tempo de reação escolha, no qual a tarefa então se tornou a de clicar em uma figura imitando um semáforo caso fosse verde, clicar em outro estímulo caso a figura imitando um semáforo fosse vermelha e manter o dedo pressionado em outra figura caso aparecesse uma figura imitando um semáforo amarelo ou apagado.

Este protocolo experimental contou com 8 participantes, sendo 5 homens e 3 mulheres de idades entre 22 e 41 anos e de escolaridade variando entre o segundo grau completo a mestrado completo. Neste protocolo, todos os participantes realizaram um teste de familiarização, realizaram os testes 3 vezes seguidas sem a ingestão de álcool e 3 vezes com diferentes níveis de álcool no sangue, em intervalos de 1 hora para cada teste, com pausas de 15 minutos sem a ingestão de álcool antes de utilizarem o etilômetro.

Neste protocolo experimental, os tempos de reação e o índice de acertos dos testes de tempo de reação escolha, de memória e de associação foram submetidas a um teste t-student nas condições sem álcool %BAC=0, com álcool  $0 < \%BAC < 0,1$  e com álcool %BAC  $> 0,1$ .

No teste de tempo de reação escolha, para percentual de acertos, tempo médio de reação verde e tempo médio de reação vermelho, não houve indícios significantes de uma diferenciação entre seus valores de posição nas condições com e sem álcool. Os níveis descritivos encontrados no teste Kruskal-Wallis foram 0,309, 0,222 e 0,323 para percentual de acerto, tempo médio de reação verde e vermelho, respectivamente.

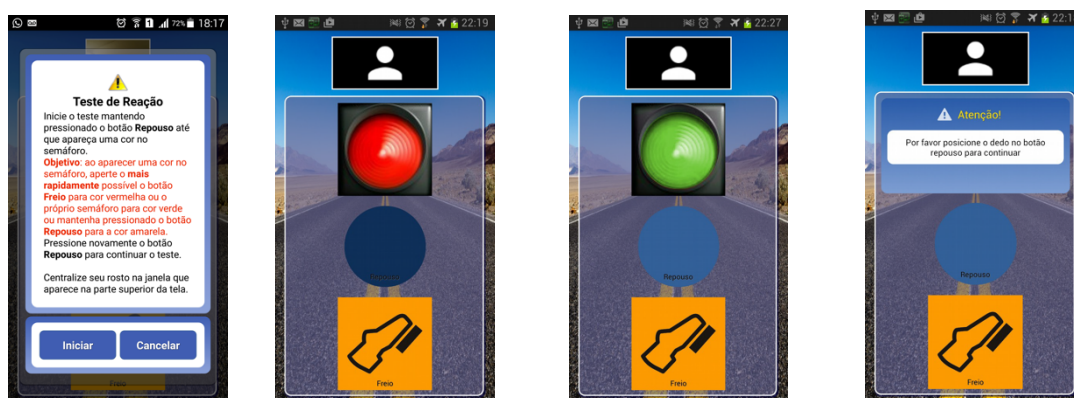
No teste de memória, as variáveis de número de acertos e médias de acertos apresentaram indícios de que algum grupo apresentou médias e medianas distintas dos demais ( $p=0,002$ ). Quanto as variáveis de tempo de reação (média, maior e menor) nenhuma dessas variáveis apresentou indícios estatisticamente significantes ( $p$ - valores 0,633 0,975 e 0,431, respectivamente).

Para as variáveis de acertos, foi realizado ainda a comparação entre os grupos de %BAC dois a dois por meio do teste de Mann-Whitney. Essa análise indicou que o grupo de 0 %BAC (sem álcool) era diferente dos demais grupos, tanto do grupo de 0 a 0,1 %BAC ( $p=0,005$ ), como do grupo maior que 0,1 %BAC ( $p=0,003$ ), porém esses grupos não foram diferentes entre si ( $p=0,238$ ). Esse padrão e índices descritivos valem para ambas as variáveis, a média de acertos e o número de acertos.

No teste de associação a variável tempo de resposta apresentou

evidências estatisticamente significantes de que os grupos não apresentaram valores médios e medianos iguais entre si ( $p < 0,001$ ). Quando comparados os grupos 0 %BAC (sem álcool), de 0 a 0,1 %BAC e maior de 0,1 %BAC entre si, temos que os grupos 0 %BAC (sem álcool) e de 0 a 0,1 %BAC não puderam ser considerados estatisticamente diferentes entre si ( $p = 0,112$ ), porém, houve evidências de que o grupo 0 %BAC (sem álcool) foi diferente do grupo maior de 0,1 %BAC ( $p < 0,001$ ), e que os grupos de 0 a 0,1 %BAC e maior de 0,1 %BAC também foram diferentes entre si ( $p = 0,003$ ).

Figura 16 – Telas do teste de tempo reação escolha





Quadro 6 – Análise estatística do teste de tempo reação escolha

VARIABLE	Total	0 BAC	0 -  0,1 BAC	> 0,1 BAC	p-value
Percentual de acerto					
N	39	15	14	10	
Mean ± SD	96,6 ± 4,3	96,9 ± 3,6	97,9 ± 2,9	94,5 ± 6,0	0,309
Median [25%, 75%]	97 [95; 100]	97 [95; 100]	100 [96; 100]	96 [94; 99]	
Min; Max	84; 100	90; 100	91; 100	84; 100	
Tempo médio de reação Verde					
N	39	15	14	10	
Mean ± SD	900 ± 127	900 ± 171	870 ± 92	942 ± 84	0,222
Median [25%, 75%]	881 [806; 980]	881 [782; 988]	845 [803; 928]	931 [881; 1020]	
Min; Max	653; 1331	653; 1331	736; 1022	825; 1061	
Tempo médio de reação Vermelho					
N	39	15	14	10	
Mean ± SD	922 ± 142	899 ± 161	911 ± 134	974 ± 122	0,323
Median [25%, 75%]	940 [799; 1032]	814 [781; 1018]	905 [793; 963]	1023 [864; 1042]	
Min; Max	677; 1241	677; 1241	719; 1139	794; 1114	
Erros comissão					
N	39	15	14	10	
Mean ± SD	0,23 ± 0,63	0,13 ± 0,35	0,21 ± 0,58	0,40 ± 0,97	NA
Median [25%, 75%]	0,00 [0,00; 0,00]	0,00 [0,00; 0,00]	0,00 [0,00; 0,00]	0,00 [0,00; 0,00]	
Min; Max	0,00; 3,00	0,00; 1,00	0,00; 2,00	0,00; 3,00	
Erros omissão					
N	39	15	14	10	
Mean ± SD	0,10 ± 0,31	0,13 ± 0,35	0,07 ± 0,27	0,10 ± 0,32	NA
Median [25%, 75%]	0,00 [0,00; 0,00]	0,00 [0,00; 0,00]	0,00 [0,00; 0,00]	0,00 [0,00; 0,00]	
Min; Max	0,00; 1,00	0,00; 1,00	0,00; 1,00	0,00; 1,00	
Erros julgamento					
N	39	15	14	10	
Mean ± SD	0,62 ± 1,43	0,27 ± 0,59	0,36 ± 0,74	1,50 ± 2,46	NA
Median [25%, 75%]	0,00 [0,00; 1,00]	0,00 [0,00; 0,00]	0,00 [0,00; 0,00]	0,50 [0,00; 2,00]	
Min; Max	0,00; 8,00	0,00; 2,00	0,00; 2,00	0,00; 8,00	

Quadro 7 – Análise estatística do teste de memória

VARIABLE	Total	0 BAC	0 -  0,1 BAC	> 0,1 BAC	p-value
Média tempo de reação					
N	39	15	14	10	
Mean ± SD	1344 ± 182	1341 ± 133	1337 ± 248	1359 ± 156	0,633
Median [25%, 75%]	1294 [1212; 1453]	1294 [1253; 1432]	1224 [1139; 1476]	1352 [1254; 1458]	
Min; Max	1062; 1792	1179; 1667	1062; 1792	1135; 1642	
Menor tempo de reação					
N	39	15	14	10	
Mean ± SD	974 ± 254	1050 ± 122	1011 ± 184	807 ± 397	0,431
Median [25%, 75%]	1037 [915; 1126]	1052 [956; 1134]	985 [890; 1143]	1042 [548; 1085]	
Min; Max	140; 1335	856; 1262	738; 1335	140; 1208	
Maior tempo de reação					
N	39	15	14	10	
Mean ± SD	2499 ± 950	2351 ± 710	2571 ± 1116	2617 ± 1081	0,975
Median [25%, 75%]	2209 [1763; 2936]	2209 [1917; 2470]	2180 [1628; 3080]	2282 [1762; 3365]	
Min; Max	1437; 4818	1542; 4166	1494; 4654	1437; 4818	
Número de acertos					
N	39	15	14	10	
Mean ± SD	32,8 ± 3,7	35,3 ± 2,5	32,0 ± 2,9	30,3 ± 4,3	0,002
Median [25%, 75%]	33 [31; 35]	35 [34; 38]	33 [31; 34]	31 [28; 33]	
Min; Max	23; 39	31; 39	26; 35	23; 37	
Média de acertos					
N	39	15	14	10	
Mean ± SD	79,5 ± 9,0	85,5 ± 6,1	77,5 ± 6,9	73,5 ± 10,7	0,002
Median [25%, 75%]	80 [75; 85]	85 [81; 92]	80 [76; 82]	74 [67; 80]	
Min; Max	56; 95	75; 95	63; 85	56; 90	

Quadro 8 – Análise estatística do teste de associação

VARIABLE	Total	0 BAC	0 -  0,1 BAC	> 0,1 BAC	p-value
Percentual de acertos					
N	39	15	14	10	
Mean $\pm$ SD	97,7 $\pm$ 3,3	98,4 $\pm$ 2,9	98,3 $\pm$ 3,0	96,0 $\pm$ 3,8	0,155
Median [25%, 75%]	100 [96; 100]	100 [98; 100]	100 [97; 100]	96 [92; 100]	
Min; Max	92; 100	92; 100	92; 100	92; 100	
Número total de tentativas					
N	39	15	14	10	
Mean $\pm$ SD	24,6 $\pm$ 0,8	24,4 $\pm$ 0,7	24,4 $\pm$ 0,8	25,0 $\pm$ 0,9	0,155
Median [25%, 75%]	24 [24; 25]	24 [24; 25]	24 [24; 25]	25 [24; 26]	
Min; Max	24; 26	24; 26	24; 26	24; 26	
Tempo médio de resposta					
N	39	15	14	10	
Mean $\pm$ SD	2933 $\pm$ 466	2663 $\pm$ 321	2883 $\pm$ 322	3407 $\pm$ 483	<0,001
Median [25%, 75%]	2876 [2644; 3234]	2691 [2441; 2810]	2843 [2659; 3120]	3308 [3190; 3513]	
Min; Max	2209; 4588	2209; 3311	2273; 3404	2876; 4588	

Figura 17 – Telas do cadastro inicial

The figure displays two sequential screens of a mobile application's registration process. Both screens have a blue header with the title 'Cadastro' and a status bar at the top showing the time as 19:29.

The left screenshot shows the following fields:
 

- 'Digite o seu email' (input field)
- 'Redigite o seu email' (input field)
- 'Data de nascimento' (input field)
- 'Peso em Kg' (input field)
- 'Altura' (input field)
- 'Gênero' (radio buttons for Masculino and Feminino)
- 'Grau de instrução' (input field)
- 'Mão dominante' (input field)

The right screenshot shows the following fields:
 

- 'Data de nascimento' (input field)
- 'Peso em Kg' (input field)
- 'Altura' (input field)
- 'Gênero' (radio buttons for Masculino and Feminino)
- 'Grau de instrução' (input field)
- 'Mão dominante' (radio buttons for Canhoto and Destro)
- 'Tem daltonismo?' (radio buttons for Sim and Não)
- 'Profissão' (input field)

Both screens feature 'Cancelar' and 'Ok' buttons at the bottom.

Informações requeridas:

- e-mail ou apelido
- data de nascimento
- peso
- altura
- gênero (masculino/feminino)

- altura
- grau de instrução
- mão dominante
- se possui daltonismo

Figura 18 – Telas do segundo questionário



Informações requeridas:

- se dormiu bem na noite anterior
- se possui o valor do etilômetro em %BAC
- se ingeriu alguma bebida alcoólica nas últimas seis horas, qual bebida ingeriu e qual a quantidade ingerida

- se consumiu algum remédio que pudesse afetar seu desempenho
- se consumiu café nas últimas quatro horas e quantas xícaras consumiu

Figura 19 – Telas dos testes de familiarização

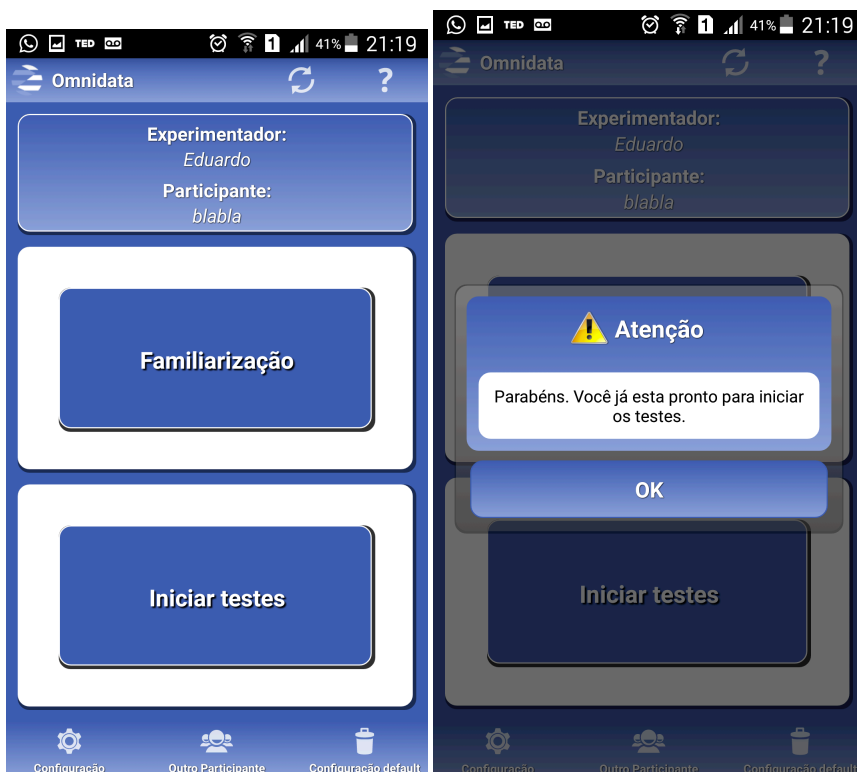


Figura 20 – Telas do teste de memória

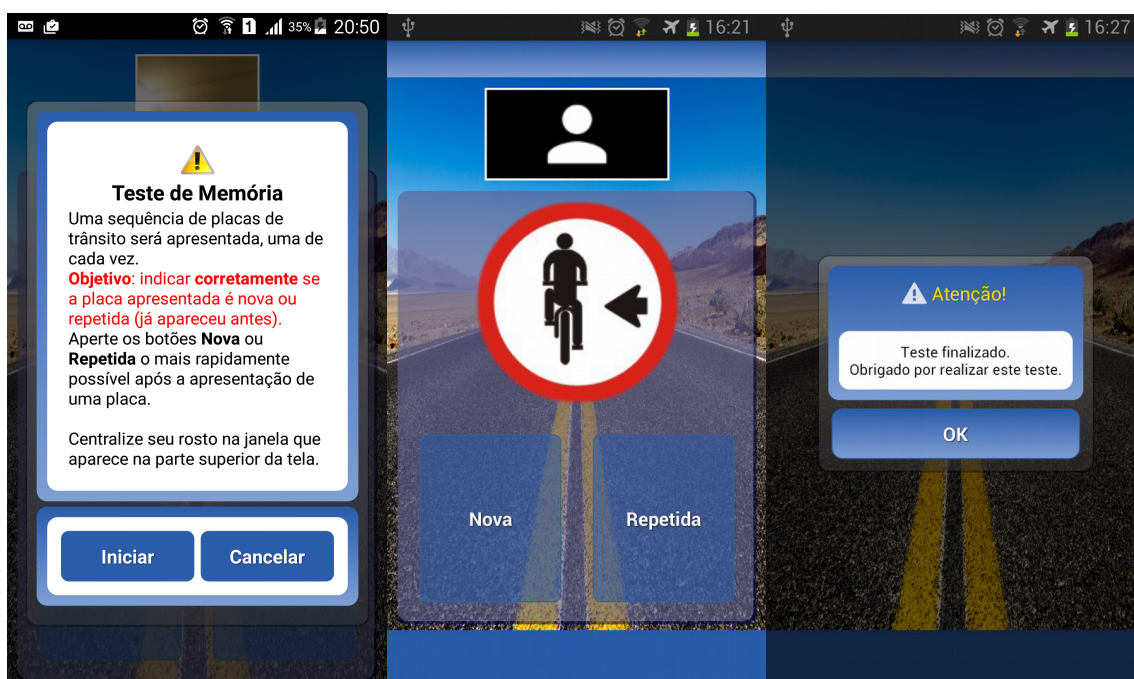


Figura 21 – Telas do teste de associação



Figura 22 – Tela dos resultados dos testes

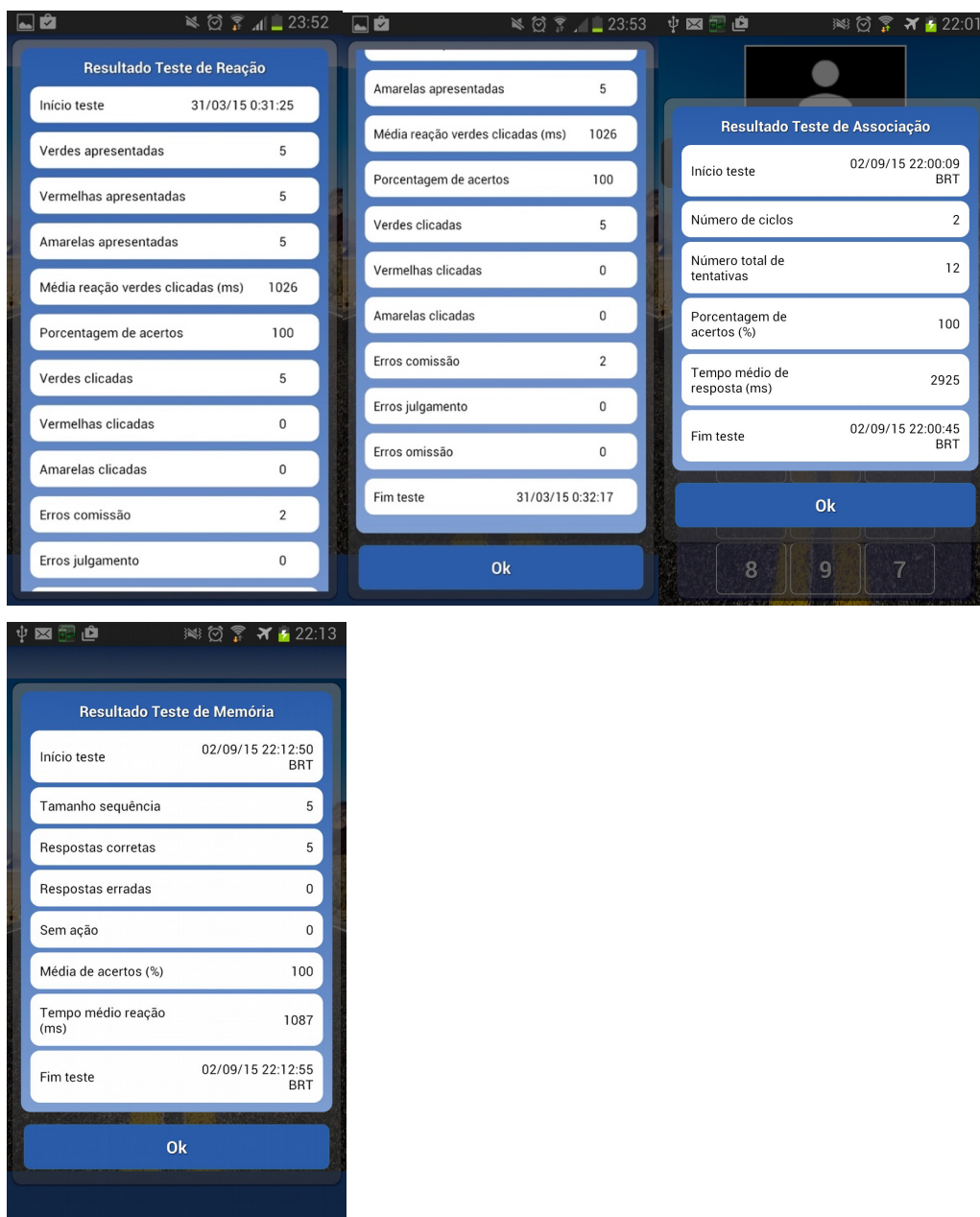
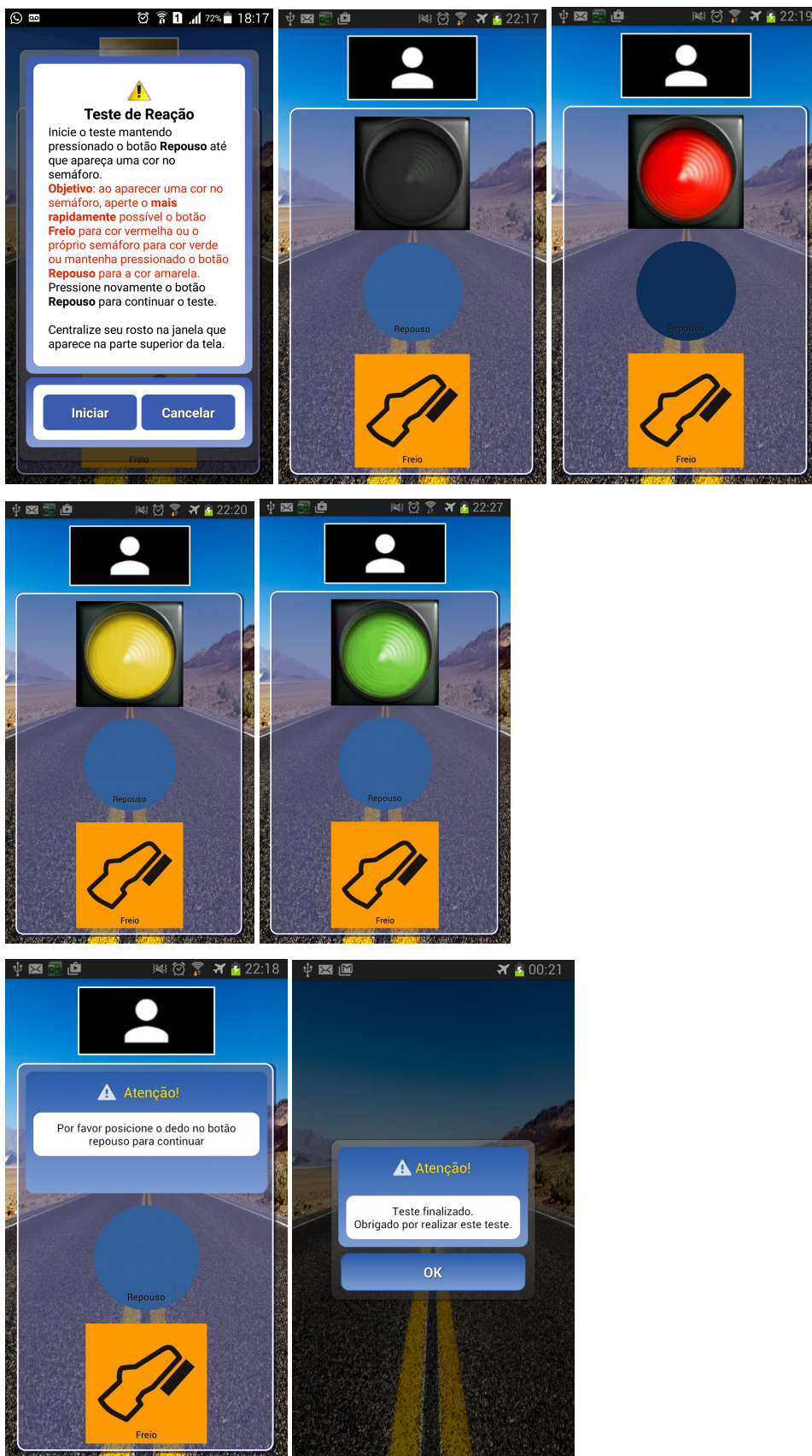


Figura 23 – Telas do teste de reação escolha



## ANEXO B – APROVAÇÃO DO PROJETO NO COMITÊ DE ÉTICA

USP - FACULDADE DE  
MEDICINA DA UNIVERSIDADE  
DE SÃO PAULO - FMUSP



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Passaporte Cognitivo®: Detecção da suspeita de ingestão de álcool por motoristas pela comparação dos resultados de testes psicofísicos com seu histórico de desempenho pregresso utilizando a tecnologia móvel Omnidata

**Pesquisador:** Koichi Sameshima

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 18691519.5.0000.0065

**Instituição Proponente:** FUNDACAO FACULDADE DE MEDICINA

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 3.555.412

#### Apresentação do Projeto:

Passaporte Cognitivo®: Detecção da suspeita de ingestão de álcool por motoristas pela comparação dos resultados de testes psicofísicos com seu histórico de desempenho pregresso utilizando a tecnologia móvel Omnidata.

#### Objetivo da Pesquisa:

O presente projeto visa avaliar e aperfeiçoar um conjunto de testes cognitivos aplicados via smartphone capaz de detectar à distância se um motorista está apto para conduzir o veículo ou se está sob o efeito de álcool.

#### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Não haverá benefício para os participantes. Os participantes do estudo irão receber bebida alcoólica durante os testes, porém o pesquisador assegura transporte para os participantes caso necessário.

#### Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Serão utilizados um etilômetro e um smartphone com o aplicativo Omnidata CARGO-Aptidão® desenvolvido em linguagem Java na plataforma Android. Inicialmente serão avaliados dois testes neuropsicológicos que se mostraram promissores no projeto piloto prévio — o teste de memória e o teste de associação. Nestes testes serão medidos os tempos de reação e os índices de acertos

**Endereço:** DOUTOR ARNALDO 251 21º andar sala 36

**Bairro:** PACAEMBU

**CEP:** 01.246-903

**UF:** SP

**Município:** SAO PAULO

**Telefone:** (11)3893-4401

**E-mail:** cep.fm@usp.br



USP - FACULDADE DE  
MEDICINA DA UNIVERSIDADE  
DE SÃO PAULO - FMUSP



Continuação do Parecer: 3.555.412

dos testes. Serão recrutados 30 participantes. Precedendo a avaliação, os voluntários realizarão testes diários para familiarização usando o mesmo conjunto de testes, cinco dias por semanas com pausas nos fins de semana, por ao menos quatro semanas reproduzindo a atividade diária de um motorista. Após este período de familiarização, os participantes participarão de dois dias de testes, com intervalo de ao menos dois dias, com aleatorização da ordem em que se oferecerá de cerveja com ou sem álcool. Nos dias da avaliação, o voluntário fará os testes antes do consumo de cerveja e em momentos sucessivos após o consumo progressivo de no mínimo 3 latas de cerveja e no máximo 6 latas de cerveja. Em função do peso e índice de massa corporal, a dose a ser consumida será controlada por meio do etilômetro de forma a atingir um BAC de 0,06 g/dl e não ultrapassar 0,08 g/dl. Após a realização dos testes, será oferecido ao voluntário alimentação e bebidas glicosadas não alcoólicas e deverá aguardar até que BAC < 0,02 g/dl. Caso o voluntário não queira aguardar, será oferecida uma condução com motorista até o seu destino. TCLE adequado.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Adequadas.

**Recomendações:**

nenhuma

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Nenhuma.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1400282.pdf	05/08/2019 20:19:44		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Passaporte_Cognitivo_2019_v1.pdf	02/08/2019 19:15:03	Koichi Sameshima	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRostoPlataformaBrasil_assinada.pdf	02/08/2019 17:25:16	Koichi Sameshima	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Passaporte_Cognitivo_v1.pdf	02/08/2019 17:22:30	Koichi Sameshima	Aceito

**Endereço:** DOUTOR ARNALDO 251 21º andar sala 36  
**Bairro:** PACAEMBU **CEP:** 01.246-903  
**UF:** SP **Município:** SAO PAULO  
**Telefone:** (11)3893-4401 **E-mail:** cep.fm@usp.br

USP - FACULDADE DE  
MEDICINA DA UNIVERSIDADE  
DE SÃO PAULO - FMUSP



Continuação do Parecer: 3.555.412

Outros	formCEP.pdf	24/07/2019 05:59:52	Koichi Sameshima	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao_OMNIDATA.pdf	24/07/2019 05:18:09	Koichi Sameshima	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

SAO PAULO, 05 de Setembro de 2019

Assinado por:

**Maria Aparecida Azevedo Koike Folgueira**  
(Coordenador(a))

**Endereço:** DOUTOR ARNALDO 251 21º andar sala 36  
**Bairro:** PACAEMBU **CEP:** 01.246-903  
**UF:** SP **Município:** SAO PAULO  
**Telefone:** (11)3893-4401 **E-mail:** cep.fm@usp.br

## ANEXO C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

## TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

## DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA

1. \_\_\_\_\_ NOME: \_\_\_\_\_

DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº \_\_\_\_\_ SEXO : M  F 

DATA NASCIMENTO: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

ENDEREÇO: \_\_\_\_\_ Nº \_\_\_\_\_

APTO: \_\_\_\_\_

BAIRRO: \_\_\_\_\_ CIDADE: \_\_\_\_\_

CEP: \_\_\_\_\_ TELEFONE: \_\_\_\_\_ DDD (\_\_\_\_)

## DADOS SOBRE A PESQUISA

1. TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA: “Passaporte Cognitivo®: Detecção da suspeita de ingestão de álcool por motoristas pela comparação dos resultados de testes psicofísicos com seu histórico de desempenho progresso utilizando a tecnologia móvel Omnidata”
2. PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Koichi Sameshima  
CARGO/FUNÇÃO: Professor Associado  
PESQUISADORA EXECUTANTE: Mariana Verzaro  
CARGO/FUNÇÃO: Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Neurociência e Comportamento do Instituto de Psicologia – USP  
DEPARTAMENTO DA FMUSP: Radiologia e Oncologia
3. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:
 

RISCO MÍNIMO	<input type="checkbox"/>	RISCO MÉDIO	<input type="checkbox"/>
RISCO BAIXO	<input type="checkbox"/>	RISCO MAIOR	<input type="checkbox"/>
4. DURAÇÃO DA PESQUISA: 24 meses.

## 1. Objetivos e desenho do estudo:

Você está sendo convidado a participar voluntariamente deste projeto que visa avaliar testes cognitivos ou psicofísicos aplicados no smartphone para desenvolver um aplicativo capaz de detectar à distância se um motorista está apto para conduzir o veículo ou se está sob o efeito de álcool. Sua participação é muito importante, pois nos permitirá (1) estudar seu padrão de desempenho em testes cognitivos executados num smartphone diariamente em dois momentos dentro de seu cotidiano ao longo de quatro semanas; e, ao final deste período de treinamento, solicitaremos sua presença no local a ser designado por dois dias para (2) realizar os mesmos testes antes, durante e após o consumo controlado de cerveja em lata **com** álcool num dos dias e **sem** álcool no outro dia, em ordem determinada aleatoriamente, com a finalidade de verificar se o álcool altera o desempenho nos testes.

Você deve ter entre 18 e 65 anos de idade e ser **usuário social de bebidas alcoólicas**, em particular de cervejas. Você deve ter boa acuidade visual para ler as instruções e identificar com facilidade os estímulos apresentados na tela do celular, sendo permitido o uso de óculos ou lentes de contato. Deverá possuir um smartphone na plataforma Android com o qual os testes diários serão executados. Você não deve apresentar histórico de doenças psiquiátricas, dependência alcoólica, doenças neurológicas, ou estar em uso de medicamentos que o álcool possa prejudicar sua ação ou metabolismo. Não deve apresentar deficiências físicas que impeça a realização dos testes, tais como impossibilidade de usar ambas as mãos ou ser portador de daltonismo.

Sua participação (1) se iniciará com a instalação do aplicativo OmnidataCargoAptidão® no seu celular e no primeiro acesso deste aplicativo você deverá preencher um cadastro, recebendo em seguida instruções para se familiarizar com o uso do aplicativo. (2) Fará duas sessões de testes por dia, que se inicia com o preenchimento de um questionário sobre o seu estado informando se dormiu bem na noite anterior, se ingeriu bebida alcoólica, tipo e quantidade de bebida ingerida, se consumiu algum remédio, se consumiu café nas últimas quatro hora etc., seguida de execução dos testes de memória e de associação. A sessão de testes é finalizada com o envio dos resultados e dados do questionário para o servidor da empresa Omnidata. Cada sessão de testes tem duração de aproximadamente 5 minutos e deverá ser executar em momento e ambiente livre de distrações e sem interrupção. (3) Durante este período de treinamento, realizará duas sessões de testes por dia durante quatro semanas com pausas somente aos sábados e domingos. (4) Logo após este período de familiarização, você realizará dois dias de avaliações nas dependências da empresa Omnidata. Em cada um dos dias, você fará os testes antes do consumo de cerveja e em momentos sucessivos, com intervalo de aproximadamente 60 minutos entre os testes, após o consumo progressivo de no mínimo 3 latas de cerveja e no máximo 6 latas de cerveja que será ajustado em função de seu peso e índice de massa corporal. A concentração de álcool no sangue (BAC) será monitorada por meio do etilômetro (ou bafômetro) para que a BAC não ultrapasse o nível considerado seguro de 0,08 g/dl. Em ordem aleatória, em um dos dias será oferecida cerveja **com** álcool e no outro cerveja **sem** álcool, sem que você saiba qual delas estará recebendo. Os testes terão duração estimada de aproximadamente 4 horas, mais o período de recuperação no qual serão oferecidas alimentação e bebidas glicosadas não alcoólicas e aguardar até que a BAC caia ao nível considerado seguro de 0,02 g/dl. Caso não queira aguardar, será oferecida uma condução com motorista até o seu destino. Os testes serão realizados em ambiente confortável, com oferecimento de materiais de leitura e projeção de filmes. A empresa Omnidata localiza-se na rua Quintana, 887 – 10º andar, São Paulo, SP, CEP-04569-011. Você poderá ir até a empresa Omnidata por meio de transportes públicos ou serviço de taxi. Os gastos com transporte serão reembolsados.

**2. Descrição dos desconfortos e riscos esperados nos procedimentos:**

Não há dano à saúde previsto no experimento, assim como nenhum procedimento é considerado doloroso. Os testes com consumo de álcool ocorrerá somente em um dia de avaliação e a bebida alcoólica oferecida será na forma de cerveja em lata obtida no comércio varejista e a quantidade oferecida será dosada em função do seu peso e monitorada por etilômetro, de modo que os riscos serão menores ou equivalentes àqueles em que você se expõe no ato do consumo social de álcool no seu cotidiano podem ser considerados mínimos, riscos. No dia da avaliação em que houver consumo de bebida alcoólica você somente será liberado os níveis de concentração de álcool no sangue tenha baixado para nível considerado seguro, < 0,02 g/dl. Caso não queira aguardar, será oferecida uma condução com motorista até o seu destino.

Os dados e informações pessoais coletados serão mantidos em sigilo, e serão divulgados em anonimato, de modo que nenhuma informação pessoal será associada aos dados ou aos resultados divulgados.

**3. Benefícios para o participante**

Nenhum benefício financeiro ou material será oferecido ao participante. Há benefício acadêmico, uma vez que serão oferecidas informações sobre o conteúdo teórico que motivou a realização do experimento, após a realização do mesmo, e sobre a metodologia utilizada, conforme o interesse do voluntário.

**4. Garantia de acesso**

Em qualquer etapa do estudo, você terá acesso aos pesquisadores responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. O principal investigador é o Prof. Dr. Koichi Sameshima e o pesquisador executante é a psicóloga Mariana Verzaro que poderá ser encontrado no endereço na Rua Professor João Arruda, 364, apto 3, São Paulo, e telefone (11) 99429-1237. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (CEP-FMUSP): Av. Dr. Arnaldo, 251 – Cerqueira César – São Paulo – SP -21º andar – sala 36- CEP: 01246-000 Tel: (11) 3893-4401/4407. E-mail: cep.fm@usp.br.

**5. É garantida a liberdade da retirada de consentimento**

É garantida a liberdade da retirada do consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, inclusive após a coleta, retirando seus dados.

**6. Direito de confidencialidade**

As informações obtidas serão analisadas em conjunto com outros participantes, e em nenhum momento não sendo divulgado a identificação de nenhum participante.

**7. Direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais das pesquisas**

Você terá o direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais das pesquisas, quando em estudos abertos, ou de resultados dos exames, ou qualquer outro procedimento desta pesquisa que sejam do conhecimento dos pesquisadores.

**8. Despesas e compensações**

Não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo, incluindo exames e consultas. Também não há compensação financeira, sua participação nesta pesquisa é voluntária. Se existir qualquer despesa adicional, ela será absorvida pelo

orçamento da pesquisa. Você terá o direito de solicitar indenização no caso de eventuais danos decorrentes da pesquisa.

**9. Compromisso do pesquisador de utilizar os dados e o material coletado somente para esta pesquisa**

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo *“Passaporte Cognitivo®: Detecção da suspeita de ingestão de álcool por motoristas pela comparação dos resultados de testes psicofísicos com seu histórico de desempenho progresso utilizando a tecnologia móvel Omnidata”*.

Eu discuti com o(a) pesquisador(a) sobre a minha decisão em participar neste estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas.

Sendo assim, concordo em participar voluntariamente deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes, durante ou após o mesmo, sem penalidades ou prejuízo.

Assino 2 (duas) vias deste documento, as quais uma ficará com o pesquisador e sua equipe e a outra via será entregue para mim.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do participante

Data    /    /   

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste voluntário para a participação neste estudo.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do pesquisador que obteve o consentimento

Data    /    /

## **ANEXO D – AVALIAÇÃO COGNITIVA POR TESTE PSICOFÍSICO**

### Introdução

Dado à importância das habilidades cognitivas e do ambiente na execução de tarefas foi desenvolvido um teste para identificar qual é o nível de fadiga de um usuário.

O teste é um aplicativo móvel de fácil instalação, baseado em experimentos de tempo de reação já reconhecidos e utilizados dentro da psicofísica e da neurociência.

Essa pesquisa se propôs a testar e averiguar a sensibilidade e a eficácia do aplicativo como revelador da condição em que o usuário se encontra, de acordo com o nível de fadiga, com o intuito de evitar que o usuário possa colocar-se e colocar outros em uma situação de risco dentro do ambiente de trabalho.

### Hipótese

Testes psicofísicos em que as demandas cognitivas são semelhantes ou agrupadas por categorias de trabalho podem ser utilizados para verificar o nível de fadiga de um usuário e possibilitar a implementação de práticas destinadas a reduzir a incidência de acidentes de trabalho.

### Objetivo

O objetivo desta pesquisa é o de averiguar e verificar a eficiência da aplicação de testes de tempo de reação simples e tempo de reação go-no-go, realizados por um aplicativo via celular, que possam demonstrar a condição de fadiga do usuário pela sua performance ao realizar o teste e criar uma regra de avaliação em forma de alertas a partir do resultado do nível de fadiga em que o usuário se encontra.

### Materiais e Métodos

#### Equipamentos

Os testes foram aplicados por meio de um aplicativo móvel desenvolvido pela Empresa. O aplicativo foi elaborado para ser executado via smartphone do próprio participante. Os resultados dos testes foram enviados e armazenados no servidor da empresa logo após a finalização de cada sessão de testes.

### Protocolo Experimental

Foram aplicados dois testes psicofísicos:

- Teste de tempo de reação simples. Este teste avalia o tempo de reação e a quantidade de erros em relação a apenas uma tarefa na qual o usuário deve manter o dedo pressionado na parte inferior da tela e retirar o dedo ao aparecer um estímulo (denominado alvo). O teste mede o tempo de reação de resposta e o índice de acertos na realização do teste em participantes.
- Teste de tempo de reação go-no-go. O teste visa medir o tempo de reação e a quantidade de acertos em relação à duas tarefas: na primeira, o usuário deve manter o dedo pressionado na parte inferior da tela e retirá-lo quando um estímulo (denominado alvo) aparecer e na segunda, deverá manter o dedo pressionado quando outro estímulo (denominado alvo distrator) aparecer.

### Participantes

Foram 20 (vinte) participantes divididos em dois grupos de 10 (dez) pessoas: um grupo experimental e um grupo controle. Os participantes eram todos homens, com idades entre 18 (dezoito) e 60 (sessenta) anos e formações entre 2º grau a mestrado completo.

### Critérios de exclusão

Foram excluídos os participantes com histórico de doença psiquiátrica, dependência alcoólica ou doenças neurológicas; portadores de daltonismo ou que estivessem fazendo uso de medicações em que a falta de sono pudesse prejudicar a sua ação ou metabolismo.



## Procedimento

O aplicativo iniciava com uma tela de cadastro simples, em que o usuário deveria cadastrar um email e uma senha. Após preencher e realizar o cadastro, uma tela abria com um vídeo de boas vindas e, ao finalizar o vídeo, o usuário tinha acesso a uma tela com uma imagem escrita teste 1. Ao clicar na imagem, aparecia uma tela com um texto de boas vindas pedindo também ao usuário para fazer a calibração da medida do toque dos seus dedos na tela.

Antes de iniciar o teste, o usuário contava com uma descrição e instrução de como seria o mesmo. Os testes foram aplicados na seguinte ordem: teste de tempo de reação simples e teste de tempo de reação Go-no-Go.

Ao finalizar os testes, o aplicativo mostrava uma mensagem de agradecimento pela realização do teste.

## Desenho Experimental

Neste projeto, foram averiguadas as coordenadas de normalidade dos dados, a homogeneidade das variâncias, a fase de familiarização e testagens diárias.

Durante duas semanas, todos os usuários realizaram o teste 1 (uma) vez ao dia após despertar. Após esse período, foi realizado um dia de avaliação controlada, no qual os participantes do grupo experimental foram a um local seguro para realizar testes a cada 2 (duas) horas por um período de 24 (vinte e quatro) horas. Durante esse período, os usuários não dormiram.

Os participantes do grupo controle também realizaram testes a cada 2 duas horas no mesmo dia; porém, interromperam a sua realização às 22 (vinte e duas) horas, dormiram e retornaram a realizá-los na parte da manhã do dia seguinte, ao despertar.

## Resultados

Para análise dos resultados, foram realizados testes estatísticos usuais, principalmente Anova para análise da comparação populacional entre os grupos experimental e controle.

Para o desenho clássico de medidas com uma variável independente, ou seja, a fadiga e com diversas possibilidades de variáveis dependentes, foi considerado o número de acertos ou erros e a média de tempo de resposta nos testes.

Ambos os grupos mostraram aprendizado tanto em relação aos tempos de reação quanto à quantidade de erros já no segundo dia de realização dos testes em ambos os testes. Foi possível observar que; no geral, o grupo controle foi mais lento do que o grupo experimental.

Os resultados do dia da avaliação controlada mostraram que não houve diferença significativa entre os tempos de reação em ambos testes realizados.

## Discussão

Os resultados mostraram que às respostas reveladas pela medida basal realizada no período das duas semanas corroborou com a literatura em relação ao tempo de reação na realização dos testes de acordo com a idade, pois a diferença de idade dos participantes do grupo controle, de 30 a 60 anos era maior do que em relação ao grupo experimental, de 20 a 30 anos.

Apesar da literatura mostrar que é possível revelar o nível de fadiga de um usuário pelo tempo de resposta ao realizar testes de tempo de reação, o teste realizado pelo aplicativo não detectou diferenças. Isso pode ter acontecido devido aos testes terem sido realizados via celular ou devido a carga cognitiva dos testes.

Os resultados obtidos pela quantidade de erros na realização do teste de tempo de reação go-no-go, revelaram um possível indicador para definir a regra dos alertas e da verificação do nível de fadiga do usuário.

Essa descoberta possibilitou estabelecer um perfil de desempenho médio característico para flagrar com segurança o estado de fadiga pela detecção do desvio de desempenho cognitivo do usuário ao realizar o teste.

Atualmente o aplicativo está em fase de implantação. É fundamental contudo, ampliar às pesquisas em relação a carga cognitiva dos testes e a criação de protocolos mais robustos e sensíveis.

