



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN**

**EFEITOS DA SOBRECARGA COGNITIVA SOBRE O CONTROLE
VISUAL DE AUTOMÓVEIS EM MOTORISTAS EXPERIENTES E
NOVATOS: IMPLICAÇÕES PARA A ERGONOMIA**

Bethânia Graick Carizio

BAURU - SP

2021

BETHÂNIA GRAICK CARIZIO

**EFEITOS DA SOBRECARGA COGNITIVA SOBRE O CONTROLE
VISUAL DE AUTOMÓVEIS EM MOTORISTAS EXPERIENTES E
NOVATOS: IMPLICAÇÕES PARA A ERGONOMIA**

Tese de doutorado apresentada no Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” UNESP, linha de pesquisa Ergonomia, sob a orientação do Prof. Dr. Sérgio Tosi Rodrigues; como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Design.

BAURU - SP

2021

C277e

Carizio, Bethânia Graick

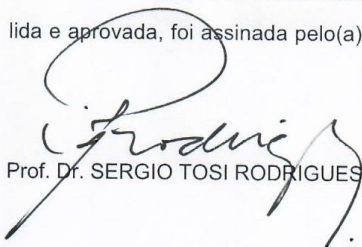
Efeitos da sobrecarga cognitiva sobre o controle visual de automóveis em motoristas experientes e novatos : implicações para a ergonomia / Bethânia Graick Carizio. -- Bauru, 2021
155 f.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design, Bauru
Orientador: Sérgio Tosi Rodrigues

1. Sobrecarga cognitiva. 2. Simulador de direção. 3. Imagens mentais. 4. Movimento dos olhos. 5. Pupilometria. I. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE BETHÂNIA GRAICK CARIZIO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN, DA FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES, COMUNICAÇÃO E DESIGN - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 17 dias do mês de junho do ano de 2021, às 15:30 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de TESE DE DOUTORADO de BETHÂNIA GRAICK CARIZIO, intitulada **Efeitos da sobrecarga cognitiva sobre o controle visual de automóveis em motoristas experientes e novatos: implicações para a ergonomia**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. SERGIO TOSI RODRIGUES (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Programa de Pós-graduação em Design / FAAC/Unesp/Bauru, Prof. Dr. JOAO ROBERTO GOMES DE FARIA (Participação Virtual) do(a) Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo / FAAC/UNESP/Bauru, Prof. Titular LUIS CARLOS PASCHOARELLI (Participação Virtual) do(a) Programa de Pós-graduação em Design / FAAC/Unesp/Bauru, Prof.^a Dr.^a PAULA FAVARO POLASTRI ZAGO (Participação Virtual) do(a) Departamento de Educação Física / FC/UNESP/Bauru, Prof. Dr. CARLOS EDUARDO LOPES VERARDI (Participação Virtual) do(a) Departamento de Educação Física / FC/Unesp/Bauru. Após a exposição pela doutoranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.



Prof. Dr. SERGIO TOSI RODRIGUES

BANCA EXAMINADORA

PRESIDENTE

Prof. Dr. Sérgio Tosi Rodrigues (Orientador)

*Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho-
UNESP.*

TITULARES

Prof. Dr. João Roberto Gomes Faria

*Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho-
UNESP.*

Prof. Dr. Luís Carlos Paschoarelli

*Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho-
UNESP.*

Prof. Dr. Carlos Eduardo Lopes Verardi

*Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho-
UNESP.*

Prof.^a Dr.^a Paula F. Polastri Zago

*Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho-
UNESP.*

Dedico essa Tese à minha querida mãe Sueli Graick Carizio, exemplo de superação e perseverança e ao meu querido pai José Carlos Carizio filho, modelo de generosidade .

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela dádiva da vida, da saúde e o dom da Fé.

Aos meus familiares em especial minha mãe Sueli Graick Carizio e meu pai José Carlos Carizio, que sempre me respaldaram e nos quais eu me inspiro sempre. Minha querida irmã Walkíria Graick Carizio Cuchiaro, por todo apoio e carinho e ao meu cunhado e amigo André Luiz Cuchiaro.

Agradeço a todos meus amigos do programa de pós graduação em Design da Unesp, aos meus queridos amigos integrantes do laboratório LIVIA (Laboratório de Informação, visão e ação), em especial ao Gustavo De Andrade Silva, ao Gabriel Palmeira Paschoalino e ao Rhenan Lucas de Carvalho Crepaldi, que tanto contribuíram para a realização desta tese, principalmente nos momentos de coletas de dados, a Prof.^a Dr.^a Paula F. Polastri Zago por todo apoio, e ensinamentos nos encontros do LIVIA.

Aos professores do programa PPG-Design em especial ao professor Luiz Carlos Paschoarelli, por toda instrução a mim dedicada, ao professor Dr. João Roberto Gomes Faria, por todos ensinamentos e contribuições à minha Tese. Também agradeço imensamente ao Prof. Dr. Carlos Eduardo Lopes Verardi pelas orientações a esta tese.

Agradeço a todos docentes, amigos e familiares que de certa forma fizeram parte desta jornada, meu muito obrigada e que Deus abençoe grandemente a todos!

Por fim faço um agradecimento em especial ao meu grande orientador, Professor Dr. Sérgio Tosi Rodrigues, o qual tenho imensa admiração por sua competência, criatividade, força, extrema inteligência e igualmente imensa humildade. Sinto-me muito honrada em tê-lo como orientador, muito obrigada!

Se clamares por conhecimento, e por inteligência alçares a tua voz, se como a prata a buscares e como a tesouros escondidos a procurares, então entenderás o temor do Senhor, e acharás o conhecimento de Deus. (PROVÉRBIOS 2:3-5).

RESUMO

CARIZIO, B. G. **Efeitos da sobrecarga cognitiva sobre o controle visual de automóveis em motoristas experientes e novatos: implicações para a ergonomia.** 2021. 155f. Tese (Doutorado em Design) – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2021.

A sobrecarga cognitiva decorrente do envolvimento de motoristas em atividades simultâneas na direção afeta a disponibilidade de recursos atencionais para os vários estágios do processamento da informação, podendo interferir na seleção de informações relevantes do tráfego, levando a um desempenho deficiente e risco de acidentes. O presente estudo analisou os efeitos da sobrecarga cognitiva causada pela realização de tarefas concomitantes à direção veicular, níveis de experiência e consequentes alterações na dilatação da pupila, no desempenho na condução, no rastreamento visual e na estabilidade postural de motoristas experientes e novatos. Para investigar tais fenômenos foram realizados dois experimentos. O primeiro experimento avaliou os efeitos do uso do telefone celular (condições viva-voz e na mão) nas tarefas de atender e conversar, e da experiência do motorista, sobre a dilatação da pupila durante a condução de automóvel em adultos jovens. Dez motoristas novatos e dez experientes tiveram o diâmetro da pupila mensurado enquanto dirigiam em um simulador de direção sob condições de 80-120 km/h de velocidade, luz do dia, trajetória linear e baixo nível de tráfego. Os resultados mostraram maior dilatação da pupila somente no grupo dos novatos e na realização da tarefa de conversação (condições mão e viva-voz) durante a direção veicular. O segundo experimento analisou os efeitos da experiência, da sobrecarga cognitiva causada por tarefa auditiva com indução de imagens mentais e mapeamento espacial, e da localização do risco central ou periférico sobre o comportamento perceptual e motor de motoristas na tarefa de condução de automóvel. Seis motoristas novatos e cinco experientes tiveram a cinemática de olhos e cabeça mensurada enquanto dirigiam em um simulador de direção sob condições de 60 km/h de velocidade, luz do dia, trajetória linear e baixo nível de tráfego. Os resultados revelaram que a sobrecarga cognitiva imposta pela dupla tarefa afetou o controle do carro diminuindo a variabilidade do deslocamento lateral, em condições de perigo, diminuindo a velocidade média e aumentando a variabilidade da velocidade do carro, mais acentuadamente na condição de perigo periférico e no grupo dos novatos. Na aquisição visual dos motoristas durante a dupla tarefa, ocorreu um número menor de fixações, com duração e variabilidade das fixações aumentadas em relação à condição controle. Em suma, os resultados mostraram que a sobrecarga cognitiva imposta pela dupla tarefa de conversar em um telefone celular ou participar de tarefas que induzem a evocação de imagens mentais e reação a perigo na pista, afetou negativamente o desempenho de motoristas alterando os mecanismos visuais e motores, causando perturbação na aquisição de informação visual.

Palavras chave: Sobrecarga cognitiva. Simulador de direção. Imagens mentais. Movimento dos olhos. Pupilometria.

ABSTRACT

CARIZIO, B. G. **Effects of cognitive overload on visual control of automobiles in experienced and novice drivers: implications for ergonomics.** 2021. 155f. Tese (Doutorado em Design) – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2021.

Cognitive overload resulting from the involvement of drivers in simultaneous driving activities affects the availability of attentional resources for the various stages of information processing, which can interfere with the selection of relevant traffic information, leading to poor performance and risk of accidents. The present study analyzed the effects of cognitive overload caused by performing tasks concomitantly with driving, experience levels and consequent changes in pupil dilation, driving performance, visual tracking and postural stability of experienced and novice drivers. To investigate such phenomena, two experiments were carried out. The first experiment evaluated the effects of cell phone use (hands-free and in-hand conditions) during tasks of answering and talking and driver's experience on pupil dilation during car driving in young adults. Ten novice and ten experienced drivers had pupil diameter measured while driving in a driving simulator under conditions of 80-120 km/h of speed, daylight, linear trajectory and low traffic level. The results showed greater pupil dilation only in the novice group and when performing the conversation task (hand and hands-free conditions) during driving. The second experiment analyzed the effects of experience, cognitive overload caused by auditory task with induction of mental images and spatial mapping, and the location of central or peripheral risk on the perceptual and motor behavior of drivers in the task of driving a car. Six novice drivers and five experienced drivers had their eye and head kinematics measured while driving in a driving simulator under conditions of 60 km/h of speed, daylight, linear trajectory and low traffic. The results revealed that the cognitive overload imposed by the dual task affected the control of the car, decreasing the variability of lateral displacement, in danger conditions, decreasing the average speed and increasing the variability of the car speed, more markedly in the peripheral danger condition and for the beginners' group. In the drivers' visual acquisition during the dual task, there was a smaller number of fixations, with increased duration and variability of fixations as compared to the control condition. In short, the results showed that the cognitive overload imposed by the dual task of talking on a cell phone or participating in tasks that induce the evocation of mental images and reaction to danger on the road negatively affected the performance of drivers by changing the visual and motor mechanisms, causing disturbance in the acquisition of visual information.

Keywords: Cognitive overload. Driving simulator. Mental images. Eye movement. Pupillometry.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Amostras de imagens de vídeos utilizadas durante a coleta de dados: (A) imagem do olho e as coordenadas do centro da pupila e da reflexão na córnea, (B) imagem das coordenadas da linha do olhar na cana do simulador, e (C) imagem de câmera externa mostrando o ambiente da coleta.	61
FIGURA 2	Dimensões do <i>cockpit</i>	61
FIGURA 3	Curva média ($\pm$ erro padrão) do pico de dilatação da pupila (PICO) e tempo para o pico de dilatação da pupila (TPICO) registrado na condição controle (CON) em um motorista experiente.	66
FIGURA 4	Média ($\pm$ erro padrão) do pico de dilatação da pupila (pixels) registrado nas condições controle (CON), com celular na mão (MÃO) e viva-voz (VIV) pelos grupos de experientes e de novatos. * $p < 0,05$.	67
FIGURA 5	Média ($\pm$ erro padrão) do tempo para o pico de dilatação da pupila (segundos) registrado nas condições controle (CON), com celular na mão (MÃO) e viva-voz (VIV) pelos grupos de experientes e de novatos. * $p < 0,05$.	68
FIGURA 6	Média (linha contínua) e $\pm$ erro padrão (pontos) da dilatação da pupila (pixels) em função do tempo, registrados nas condições controle (CON), com celular na mão (MAO) e viva-voz (VIV) pelos grupos de experientes (EXP) à esquerda, e novatos (NOV) à direita.	69
FIGURA 7	<i>Eyetracker</i> com o sensor de cabeça	82
FIGURA 8	A: Imagem do olho registrada em vídeo pelo <i>Eyetracker</i> através do <i>software</i> ASL. B: Imagem das coordenadas X e Y (localização do olhar na cena) registrada pelo <i>Eyetracker</i> através do <i>software</i> ASL.	83
FIGURA 9	<i>Cockpit</i> (Logitech)	84
FIGURA 10	Cenário sem perigo	85
FIGURA 11	Cenário com perigo central	86
FIGURA 12	Cenário com perigo periférico: mulher	86
FIGURA 13	Cenário com perigo periférico: cachorro	87
FIGURA 14	Exemplo de procedimento para tarefa cognitiva (elaborações de imagens mentais com mapeamento espacial). a) posição inicial do exercício e b) posição final.	90

FIGURA 15	Cena de uma participante novata na condição de perigo central, com tarefa cognitiva. A: Imagem do olho. B: Imagem ambiente de coleta. C: Imagem da cena, com as coordenadas horizontal e vertical indicando a localização do olhar na cena.	91
FIGURA 16	Cena de uma participante novata na condição de perigo central, com tarefa cognitiva no ato da colisão.	92
FIGURA 17	Cena de um participante experiente na condição de perigo periférico, com tarefa cognitiva.	92
FIGURA 18	Cena de um participante experiente na condição de perigo periférico, com tarefa cognitiva,	93
FIGURA 19	Coordenadas espaciais: (A) Vista Superior: ângulo azimutal da cabeça; (B) Vista Lateral: ângulo de elevação da cabeça; (C) Vista posterior: ângulo de torção da cabeça	94
FIGURA 20	Média ($\pm$ erro padrão) da variabilidade do deslocamento lateral do automóvel (metros) registrado nas condições sem tarefa cognitiva e com tarefa cognitiva, pelos grupos de experientes e de novatos. * $p < 0,05$.	96
FIGURA 21	Média ($\pm$ erro padrão) da velocidade média do carro (Km/h) registrado nas condições sem perigo, perigo central e perigo periférico, pelos grupos de experientes e novatos. * $p < 0,05$.	97
FIGURA 22	Média ($\pm$ erro padrão) da variabilidade da velocidade do carro (Km/h) registrado nas condições sem perigo, perigo central e perigo periférico, pelos grupos de experientes e novatos. * $p < 0,05$.	98
FIGURA 23	Média ($\pm$ erro padrão) do número de fixações (unidades) registradas nas condições sem tarefa cognitiva e com tarefa cognitiva, pelos grupos de experientes e de novatos. * $p < 0,05$.	99
FIGURA 24	Média ($\pm$ erro padrão) da duração média das fixações (segundos) registradas nas condições sem tarefa cognitiva e com tarefa cognitiva, pelos grupos de experientes e de novatos. * $p < 0,05$.	100
FIGURA 25	Média ($\pm$ erro padrão) da variabilidade de duração das fixações (segundos) registradas nas condições sem tarefa cognitiva e com tarefa cognitiva, pelos grupos de experientes e de novatos. * $p < 0,05$.	101

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Descrição das condições experimentais – experimento 1	63
TABELA 2	Roteiros das conversas	64
TABELA 3	Descrição das condições experimentais- experimento 2	89

LISTA DE SIGLAS

ADAS	Sistemas avançados de assistência ao motorista.
ASL	<i>Applied Sciences Laboratories</i>
ICA	Índice de Atividade Cognitiva
IVIS	Sistemas de informação no veículo
NHTSA	National Highway Traffic Safety Administration
SIRI	Assistente virtual da marca Apple
TCLE	Termo de Consentimento Livre Esclarecido
TEPR	Resposta pupilar evocada por tarefa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Questão da geral da tese	21
1.2 Objetivo Geral da tese	21
1.3 Hipótese geral da tese	21
2 REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1 Ergonomia cognitiva e condução de automóvel	22
2.2 Estrutura e funcionamento da visão	23
2.2.1. Pupila	25
2.3 Movimento dos olhos	29
2.3.1 Bases neurais do movimento dos olhos e integração sensorial	29
2.3.2 Tipos de movimentos dos olhos e suas medidas	31
2.4 Atenção e sobrecarga cognitiva	34
2.4.1. Atenção visual e espacial	39
2.4.2. Teoria dos múltiplos recursos	41
2.4.3. Sobrecarga Cognitiva	45
2.4.3.1 Implicações da dupla tarefa no comportamento de motoristas	47
2.4.3.2 Imagens mentais evocadas na conversação	51
2.5. Efeito da experiencia em motoristas na direção de automóvel	53
3 EXPERIMENTO 1	57
3.1 Introdução	57
3.2 Objetivo	58
3.3 Hipótese	59
3.4 Método	59
3.4.1 Participantes	59
3.4.2 Equipamentos	60
3.4.3 Procedimentos	62
3.4.3.1Tarefa	63
3.4.4 Análise dos dados	65
3.5 Resultados	66

3.6 Discussão	70
3.6.1 Limitações e sugestões para estudos futuros	76
3.7 Conclusões	76
4. EXPERIMENTO 2	77
4.1 Introdução	77
4.2 Objetivos	80
4.2.1 Objetivo Geral	80
4.2.2 Objetivo Específico	80
4.3 Hipótese	80
4.4 Método	81
4.4.1 Participantes	81
4.4.2 Equipamentos	82
4.4.3 Descrição dos cenários do simulador	85
4.4.4 Procedimentos	87
4.4.4.1 Tarefa	88
4.4.5 Análise de dados	93
4.5 Resultados	96
4.6 Discussão	102
4.6.1 Limitações e sugestões para estudos futuros	109
4.7 Conclusões	110
5. IMPLICAÇÕES PARA A ERGONOMIA	111
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	113
REFERÊNCIAS	114
ANEXOS	147
ANEXO I - Formulário - experimento 1	148
ANEXO II - Termo de Consentimento Livre Esclarecido - experimento 1	149
ANEXO III - Formulário Pré-coleta- experimento 2	150
ANEXO IV - Formulário Pós-coleta – experimento2	151
ANEXO V- Teste de Snellen de acuidade visual	152
ANEXO VI - Instruções da coleta ao participante - experimento 2	153
ANEXO VII- Termo de Consentimento Livre Esclarecido - experimento 2	154

1 INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea tem entendido o período em trânsito muitas vezes como perda de tempo. Com o foco crescente na produtividade, existe uma grande pressão para que as pessoas realizem várias tarefas concomitantes à direção de automóveis, tais como participar de videoconferências, responder a e-mails, navegar na web, ouvir áudio livros, música, conversar, interagir com o computador de bordo, utilizar o GPS, entre outras. No entanto, realizar tarefas concomitantes à condução de automóveis pode ser considerado como imprudência do motorista (GREEN, 2008). A condução veicular é uma tarefa complexa que exige do condutor uma capacidade psicomotora ágil, funções cognitivas intactas, controle visuomotor refinado, percepção, atenção e função executiva acurada (DUKIC; BROBERG, 2012).

Atualmente existe uma variedade de sistemas de informação no veículo (IVIS) como rádio, telefone celular viva -voz e dispositivos de auxílio ao motorista, que envolvem, por exemplo, aviso de colisão, controle de tráfego adaptativo e GPS. A complexidade de uso destes dispositivos tende a aumentar com a sobreposição das atividades. Cada um desses sistemas possui uma interface para o motorista controlar através do monitor e isso pode ser oneroso em nível atencional. Embora esses sistemas tenham a intenção de ser benéficos para os motoristas, existem muitos casos nos quais podem causar distração, desviando o foco da tarefa principal de direção veicular (GREEN, 2008; ISO / DIS 26022, 2007). A direção requer a execução simultânea de tarefas cognitivas, perceptivas e motoras; IVIS normalmente envolvem demandas visuais, motoras e cognitivas, as mesmas exigidas para a tarefa de dirigir e, portanto, é muito provável que causem interferência (WICKENS, 2002).

Acidentes no trânsito se tornaram a nona principal causa de morte em nível mundial. Apesar de todos os esforços para reduzir o número de acidentes, prevê-se que eles se tornem a sétima principal causa de morte até 2030 em todo o mundo (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2015). De acordo com a Administração Nacional de Segurança no Trânsito nas Rodovias dos EUA (NHTSA), uma das principais causas de acidentes de trânsito é a distração do motorista, definida como uma atividade que desvia a atenção do motorista do ato de dirigir, que precisa ser evitada, através da redução de comportamentos perigosos (NHTSA, 2015).

Pesquisa realizada pelo Ministério dos Transportes, Portos e Aviação do Brasil em 2018 mostra que a distração e a imprudência dos motoristas são maiores causadores de acidentes nas estradas federais. Acidentes em rodovias federais foram considerados como uma das principais causas de morte no Brasil em 2018. Segundo dados do Ministério dos Transportes, Portos e Aviação sobre segurança nas rodovias federais, aproximadamente 54% dos acidentes são causados por fatores humanos, pela negligência ou imprudência dos motoristas, sejam por desrespeito às leis de trânsito ou falta de atenção do condutor (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO, 2018).

O National Highway Traffic Safety Administration classifica três tipos de distração do motorista: distração visual, distração manual e distração cognitiva. Em caso de distração visual, o motorista desvia o olhar da estrada para obter informações ou para controlar algum dispositivo, por exemplo, verificar e ajustar um GPS ou alterar a estação de rádio. A distração manual ocorre quando um motorista tira uma mão do volante, por exemplo, para comer, beber ou fumar. A distração cognitiva é definida como a carga de trabalho cognitiva associada a uma tarefa que envolve pensar em algo diferente da tarefa de dirigir (NHTSA, 2010). Cada tipo de distração pode trabalhar individualmente ou em conjunto com outras categorias de distrações.

Em 2012, o NHTSA publicou uma diretriz para a avaliação da distração visual e distração manual, mensurando o comportamento dos olhos (NHTSA, 2012). Contudo, essa diretriz não considerou nenhum método para detectar problemas de distração no âmbito cognitivo. A distração cognitiva é o tipo mais difícil de mensurar, porque este fenômeno acontece em nível de processamento cerebral do motorista.

Pesquisas endossam que a sobrecarga cognitiva gerada em motoristas que estão envolvidos em tarefas duplas de dirigir e conversar em um telefone celular pode prejudicar o desempenho veicular (CAIRD, 2004; STRAYER; DREWS, 2007; CAIRD, 2008, BRIGGS; HOLE; LAND, 2016). O termo cognição pode ser definido por conhecimento implicado em qualquer domínio particular, como ações, distinções, operações, comportamentos, pensamentos ou reflexões (MATURANA, 2001). A carga cognitiva pode ser definida como a quantidade de informações que um indivíduo adquire, retém e processa na memória de trabalho. A memória de trabalho pode ser considerada como a capacidade de evocar e empregar informações relevantes requeridas em uma ou múltiplas atividades (COLLINS, 2020). A sobrecarga cognitiva é definida como a quantidade de trabalho ou esforço mental que um indivíduo faz para

realizar uma tarefa (XIE; SALVENDY, 2000), podendo ser vivenciada quando uma ou mais atividades requerem mais processamento do que os recursos disponíveis, podendo gerar lapsos ou erros em uma ou ambas as tarefas (WICKENS, 2002; STERNBERG, 2000).

A dilatação da pupila é dependente de estratégias de processamento que influenciam o nível de desempenho humano em uma ampla gama de tarefas, por exemplo, de memória, linguagem, tarefas de percepção, bem como tarefas duplas. (ZEKVELD; KRAMER; FESTEN, 2010). As estratégias de busca visual também refletem as estratégias de processamento da informação utilizadas pelo sujeito (FALKMER; GREGERSEN, 2001).

Um estudo clássico de Mourant e Rockwell (1972) sobre a relação entre a experiência veicular e a busca visual, descobriu que o processo de aquisição visual de motoristas novatos era ineficiente e inflexível; os motoristas novatos concentraram sua busca visual em uma área menor da cena e mais próxima do veículo. Motoristas experientes selecionaram estratégias visuais de acordo com a complexidade da pista, aumentando sua varredura no meridiano horizontal em relação ao tipo de estrada (CRUNDALL; UNDERWOOD, 1998). Existem evidências de que estratégias de busca visual são desenvolvidas à medida que o motorista ganha experiência e que essas estratégias são de grande importância para a habilidade de dirigir (FALKMER; GREGERSEN, 2001).

Pensando na generalidade e na relevância das consequências dos aspectos cognitivos e atencionais envolvidos no controle de um veículo, que requer múltiplas atividades simultâneas, a presente tese propôs-se a analisar, do ponto de vista comportamental, como a sobrecarga cognitiva e o nível de experiência do motorista poderiam interagir durante a condução de automóveis, provocando alterações na dinâmica percepção e ação dos motoristas e, conseqüentemente, no desempenho resultante. Para investigar tais efeitos foram realizados dois experimentos: O primeiro experimento avaliou os efeitos do uso do telefone celular (condições viva-voz e na mão) nas tarefas de atender e conversar, e da experiência do motorista, sobre a dilatação da pupila durante a condução de automóvel em adultos jovens. O segundo experimento analisou os efeitos da experiência, da sobrecarga cognitiva causada por tarefa auditiva com indução de imagens mentais e mapeamento espacial, e da localização do risco central ou periférico, sobre o comportamento perceptual e motor de motoristas na tarefa de condução de automóvel.

A avaliação da sobrecarga cognitiva pode ser útil para a segurança no trânsito, especialmente com o avanço na tecnologia de controle dos carros e suporte aos motoristas. Com a rápida diminuição do tamanho e o aumento da resolução das câmeras, bem como os ganhos exponenciais de potência computacional, as medições remotas do olho estão crescendo em popularidade como ferramentas não intrusivas e não distrativas para mensurar a sobrecarga cognitiva em motoristas (MARQUART; CABRALL; WINTER, 2015).

1.1 Questões gerais da pesquisa

A presente tese buscou responder às seguintes questões de pesquisa:

- a) Atender e conversar ao telefone celular, segurando o aparelho na mão ou no modo viva-voz, concomitantemente à direção veicular, gera sobrecarga cognitiva e, conseqüentemente, altera a dilatação da pupila de motoristas experientes e novatos?
- b) Realizar tarefa cognitiva com comandos de voz que evocam imagens mentais com mapeamento espacial, concomitantemente à direção veicular, gera compartilhamento de componentes de processamento visual entre as tarefas em andamento e, conseqüentemente, prejudica o desempenho da condução, o rastreamento visual e a estabilidade postural de motoristas experientes e novatos?

1.2 Objetivo geral da pesquisa

O objetivo desta tese foi analisar os efeitos da sobrecarga cognitiva causada pela realização de tarefas concomitantes à direção veicular, níveis de experiência e conseqüentes alterações na dilatação da pupila, no desempenho na condução, no rastreamento visual e na estabilidade postural de motoristas experientes e novatos.

1.3 Hipótese geral da pesquisa

A hipótese geral estabelecida para esta tese foi:

A experiência e a realização de tarefas concomitantes à direção veicular afetam a sobrecarga cognitiva e, conseqüentemente, alteram a dilatação da pupila, o desempenho na condução, o rastreamento visual e a estabilidade postural de motoristas experientes e novatos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Ergonomia cognitiva e condução de automóvel

A ergonomia é uma ciência que visa compreender as interações entre os aspectos humanos e aspectos do trabalho, com a finalidade de aprimorar tal interação, visando o bem-estar humano e o bom desempenho geral do sistema (IEA, 2000). Para Dul e Neumann (2009), a pesquisa em ergonomia abrange duas grandes áreas. Uma área é a pesquisa sobre as habilidades e limitações humanas, bem como as interações homem-sistema. A segunda área abarca pesquisas metodológicas em ergonomia; estas analisam situações de trabalho para a criação de resultados técnicos e organizacionais de trabalho mais adequados.

A Ergonomia Cognitiva é uma ramificação da Ergonomia responsável por investigar os processos cognitivos de indivíduos envolvidos na resolução de problemas, em seus múltiplos níveis de complexidade (ABRAHAO; SILVINO; SARMET, 2005). Esta vertente embasa a criação de soluções tecnológicas apropriadas às particularidades e às necessidades dos usuários (MARMARAS; KONTOGIANNIS, 2001). A Ergonomia Cognitiva é amplamente fundamentada na Psicologia Cognitiva, ciência que investiga os processos perceptivos, de memória, aprendizado e processamento de informações em indivíduos (STERNBERG, 2000).

Pesquisas na área de Ergonomia Cognitiva prezam por analisar os processos cognitivos envolvidos na realização de tarefas. Estes processos dizem respeito à percepção, à memória (de curto e longo prazo), às estratégias operatórias e à atenção, que são necessárias para perceber, armazenar e evocar informações, a fim de compreender as demandas cognitivas necessárias para a realização de uma determinada tarefa (CAÑAS; WAERN, 2001). Ademais, a realização de tarefas envolve aspectos cognitivos compostos de sequências de ação, de modo operatório, de sucessões de busca, de tratamento de informações e também de identificações de perturbações envolvendo a tomada de decisão. Esses aspectos e processos cognitivos caracterizam a tarefa efetiva realizada pelo indivíduo (WEILL, 1990).

Uma área de aplicação da Ergonomia Cognitiva com longa tradição é a previsão e a prevenção dos chamados erros ou falhas humanas (CAÑAS, 2002). Acidentes de trânsito são crescentes em todo o mundo (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2015), Estes acidentes geralmente ocorrem quando uma pessoa

(motorista) controla uma máquina (o carro), porém com comportamento inadequado (por exemplo, falta de atenção por sobrecarga cognitiva). A ciência Ergonomia Cognitiva fundamenta metodologias de investigação em relação à sobrecarga cognitiva, implicada em tarefas complexas como dirigir e conversar em um telefone celular, bem como interagir com tecnologias multissensoriais de bordo.

Dirigir é uma tarefa extremamente complexa que não requer apenas habilidades motoras para operar os mecanismos do carro, mas também requer habilidades visuais e cognitivas. As habilidades visuais são essenciais para o motorista perceber a estrada, comunicar-se com outros usuários da estrada (dando setas, negociar ultrapassagens) e monitorar os dispositivos eletrônicos no veículo. As habilidades cognitivas são importantes durante a condução e incluem fatores como compreensão da dinâmica do veículo, tomada de decisões dependentes da situação, julgamento de tempo / espaço e detecção de perigos iminentes (MARQUART; CABRALL; WINTER, 2015).

As tarefas visuais e cognitivas estão intimamente relacionadas. Por exemplo, um motorista, ao visualizar um cruzamento, julga simultaneamente as relações de tempo e espaço de outros usuários da pista, a fim de selecionar qual melhor momento para avançar no cruzamento; este tipo de decisão é complexa envolvendo processamento visual e cognitivo.

O motorista, ao interagir com o IVIS, está sujeito a sobrecarregar os mecanismos visuais e cognitivo, essa sobrecarga pode deteriorar a tarefa principal de direção, pois os recursos são limitados (WICKENS, 2002).

2.2 Estrutura e funcionamento da visão

O olho humano é o órgão receptor de radiação luminosa do meio externo, que é composto por estruturas como a córnea, camada mais externa do olho, a íris, que regula a quantidade de luz recebida por meio de uma abertura chamada pupila, o cristalino, uma espécie de lente interna que é responsável pelo foco da imagem sobre a retina e a própria retina. Estas estruturas fazem parte do mecanismo capaz de permitir que a captação da imagem externa aconteça. Na retina, existem mais de cem milhões de células fotorreceptoras que transformam as ondas luminosas em impulsos eletroquímicos (processo chamado de transdução), que são levados até a região do lobo occipital do cérebro para serem decodificados. A fóvea é a região central da retina

onde está a maior concentração das células fotorreceptoras cones responsáveis por decodificar cores. A alta densidade de cones possibilita maior resolução espacial da imagem. A resolução espacial é o nível de detalhamento que se pode discriminar de uma cena ou objeto (HELENE; HELENE, 2011). A fóvea cobre somente de um a dois graus da área central da retina e para se ter uma imagem nítida é necessário que todo mecanismo muscular ocular direcione a imagem a ser formada para esta região (RODRIGUES, 2001).

A resolução espacial varia consideravelmente em todo o campo visual devido a não homogeneidade de distribuição de fotorreceptores por toda a retina. A densidade dos cones é maior na fóvea, enquanto a densidade dos bastonetes aumenta com a excentricidade da retina (CURCIO ET AL., 1990; TROUILLOUD et al., 2020). Portanto, a nitidez da imagem diminui conforme o estímulo move-se para a periferia da retina; ao redor da fóvea, onde está a parafóvea, que cobre cerca de dez graus do arco visual. Os fotorreceptores bastonetes são mais sensíveis à luz e ao movimento (RODRIGUES, 2001).

O processamento visual é bastante complexo. Inicialmente ocorre a fototransdução, que é o mecanismo responsável em captar fótons e convertê-los em sinais elétricos, uma função primordial realizada dentro dos segmentos externos dos fotorreceptores (cones e bastonetes). Após a transdução o sinal é carreado pelas fibras do nervo óptico até os centros nervosos encarregados pela percepção e reconhecimento visual (MAIA, 2018).

Estudos psicofísicos concluíram que o desempenho visual para a realização de tarefas depende da região da retina em que um alvo é projetado. Em geral, há um decréscimo no desempenho com o aumento da excentricidade retiniana (KITTERLE, 1986). Diferenças qualitativas são encontradas no processamento neural entre a visão central (foveal) e periférica. Existem vários fatores que contribuem para essas diferenças. Uma proporção maior do córtex visual é dedicada ao processamento de entrada da região central do campo visual em relação à periferia. Na área V1, aproximadamente 25% do córtex é dedicado para processar o 2,5° central do ângulo visual (DE VALOIS; DE VALOIS, 1988). Estudos detectaram que a atenção melhora a resolução espacial em locais atendidos e pode melhorar o desempenho mais na periferia do que nas localizações centrais; desta forma, a atenção pode minimizar as diferenças de resolução entre a fóvea e a periferia (CARRASCO, 2011).

A atenção otimiza o procedimento de rastreamento espacial, sintonizando seletivamente a rede de processamento visual. O modelo de ajuste seletivo proposto por Tsotsos, Culhane e Cutzu (2001) propõe uma arquitetura de seleção atencional que prevê explicitamente uma zona supressiva em torno do foco de atenção. Este modelo fornece uma descrição da seleção atencional no córtex visual com base em processos hierárquicos que se propagam de centros superiores em direções dos inferiores (chamados de *top down*) por meio do córtex visual (TSOTSOS et al., 1995; TSOTSOS; CULHANE; CUTZU, 2001).

O sistema visual conforme descrito consiste em dois subsistemas, visão central e visão periférica. A visão central é restrita a um ângulo visual de aproximadamente 2 graus em torno de um ponto de fixação; este tipo de visão fornece ao motorista de automóvel, por exemplo, informações de alta resolução, que suportam recursos como reconhecimento (SAMUELSSON; NILSSON, 1996). A visão periférica permite ao motorista detectar alterações no contraste e no movimento, mas com menor acuidade visual. A visão periférica suporta recursos como a orientação do motorista, mas sem que o motorista esteja totalmente consciente desse processo. Esses dois sistemas operam simultaneamente e dependem um do outro. Ao dirigir, o motorista usa sua visão central para detectar pistas direcionais, enquanto o sistema periférico é usado para manter o controle lateral do veículo (ROCKWELL, 1972). A visão periférica também fornece ao motorista uma ampla gama de informações visuais a partir das quais a amostragem foveal de recursos ocorre (FALKMER; GREGERSEN, 2001).

2.2.1 Pupila

A pupila é uma abertura circular localizada próxima ao centro da íris e está envolta por um esfíncter; há uma pupila para cada olho. O diâmetro normal da pupila varia de 2 a 6 mm. Cerca de oitenta por cento dos indivíduos têm o diâmetro das pupilas iguais para os dois olhos; esta igualdade é chamada de isocoria e quando esta igualdade não ocorre, trata-se de uma anomalia denominada anisocoria. O diâmetro da pupila do recém-nascido é bem pequeno e permanece assim nos primeiros meses de vida. Durante a infância há aumento progressivo e fisiológico dos diâmetros das pupilas chegando ao seu máximo na adolescência. Após os 30 anos, os diâmetros das pupilas tornam a diminuir lenta e progressivamente (ALVES, 1985).

As principais funções da pupila são regular a quantidade de luz que chega na retina e variar a profundidade de campo, aumentando-a especialmente na visão de perto (ALVES, 1985). Profundidade de campo é um fenômeno da visão humana (também presente em alguns dispositivos óticos como a câmera fotográfica) no qual, a partir de um ponto de visualização, uma zona focada da cena manifesta total nitidez, enquanto seu entorno se apresenta desfocado. Quanto maior o diâmetro da pupila, menor área do ambiente permanece focada; nestas condições existe uma pequena profundidade de campo. Quanto menor o diâmetro da pupila, maior área da cena permanece focada; nestas condições há uma grande profundidade de campo (VENTURA, 2009).

O diâmetro da pupila é uma medida muito utilizada em estudos na área de psicofisiologia. A abertura na íris recebe informações dos sistemas nervosos simpático e parassimpático e fornece informações relevantes sobre a atividade do sistema nervoso autônomo. A excitação parassimpática e / ou inibição simpática resultam em constrição pupilar, enquanto a excitação simpática e / ou inibição parassimpática resultam em dilatação pupilar (BEATTY; LUCERO-WAGONER, 2000). Desta forma, o comportamento da pupila pode refletir o equilíbrio das ativações simpáticas e parassimpáticas relativas. O diâmetro da pupila tem uma relação estreita com a taxa de disparo do núcleo *Locus Coeruleus*, situado no tronco cerebral que está envolvido no circuito neural que regula a excitação e a função autonômica (SAMUELS, SZABADI, 2008; GILZENRAT et al., 2010; RAJKOWSKI et al., 1993). O aumento da atividade do *Locus Coeruleus* se correlaciona com o tônus simpático mais alto (ELAM et al., 1986; GILZENRAT et al., 2010) e leva à inibição parassimpática do complexo de *Edinger-Westphal* (SAMUELS; SZABADI, 2008), que resulta em dilatação pupilar.

Diferentes correlações entre a atividade da pupila e o esforço atencional ou processamento cognitivo foram estabelecidas desde o início dos anos 60 (HESS; POLT, 1960, 1964; KAHNEMAN; BEATTY, 1966) até recentemente (ARIEL; CASTEL, 2013; KANG et al., 2014; NABER; NAKAYAMA, 2011; CAUSSE et al., 2010, PEYSAKHOVICH et al., 2015). Estudo realizado em primatas confirmou que as dilatações pupilares rápidas se correlacionaram com neurônios disparados no córtex frontal, sugerindo, portanto, uma base neural para a atividade cognitiva (HAMPSON et al., 2010).

Kahneman (1973) apontou em seu estudo a relação entre atenção e esforço, indicando que uma boa medida da atividade cognitiva deve satisfazer a três critérios:

(i) deve ser sensível às variações entre tarefas e (ii) dentro das tarefas, bem como (iii) às diferenças entre os sujeitos. A medida do diâmetro da pupila parece satisfazer todos esses três critérios (KAHNEMAN, 1973; ANDREASSI, 2006; BEATTY; LUCERO- WAGONER, 2000; PEYSAKHOVICH et al., 2015).

Na técnica da pupilometria cognitiva, o cálculo é feito a partir da mudança no diâmetro da pupila em relação ao seu diâmetro em momentos breves antes da atividade mental que está sendo estudada (BEATTY; LUCERO-WAGONER, 2000), importando apenas a dilatação (ou constrição), não o tamanho absoluto da pupila (KLINGNER, 2010 a).

A pupilometria envolve o uso de medida do diâmetro da pupila, considerada um indicador válido de carga de trabalho cognitiva (BEATTY; LUCERO-WAGONER, 2000; HESS; POLT, 1964; BEATTY, 1982; KAHNEMAN, 1973). Flutuações pequenas e involuntárias do diâmetro da pupila até 0,5 mm foram identificados como uma reação a uma tarefa de processamento cognitivo e são chamados de resposta pupilar evocada por tarefa (TEPR) (MARQUART; CABRALL; WINTER, 2015). Exemplos de tais tarefas mentais são o acesso à memória de curto e longo prazo, aritmética, compreensão de frases, vigilância e percepção visual e auditiva (BEATTY; LUCERO-WAGONER, 2000). É válido notar que, uma vez que TEPRs não ocorrem de forma confiável, vários TEPRs devem ser registrados e calculados para obter uma estimativa confiável da carga de trabalho mental de um indivíduo (MARQUART; CABRALL; WINTER, 2015).

Além da atividade cognitiva, o tamanho da pupila é afetado pelas condições de iluminação, conforme descrito anteriormente. Em condições estáveis de iluminação, o tamanho da pupila aumenta com o aumento da carga de trabalho cognitiva (TSAI et al., 2007; NIEZGODA et al., 2015). Por exemplo, o diâmetro da pupila em tarefas aritméticas altamente exigentes pode alterar em mais de 20%, mas a porcentagem dessa mudança varia entre os diferentes tipos de tarefas e esforços cognitivos (HOLMQVIST, 2011). Estudos realizados por Recarte e Nunes (2000, 2003) indicaram aumento consistente no diâmetro da pupila durante o período no qual os motoristas realizaram tarefas duplas que envolviam o processamento de imagens espaciais e tarefas verbais, realizadas durante a condução de veículo.

Estudos sobre carga de trabalho cognitiva usando interações de voz relataram que as pupilas dilatam em resposta à demanda da tarefa, sugerindo que o padrão de aumento do diâmetro da pupila é consistente em diferentes tarefas mentais

(DEMBERG et al., 2013; PALINKO et al., 2010). Niezgoda e colaboradores (2015) apoiam a hipótese de que o diâmetro da pupila é uma variável muito sensível às mudanças na carga cognitiva induzida por tarefas auditivo-verbal-vocais.

Demberg e colaboradores (2013) concluem que existem medidas de pupila mais confiáveis e mais sensíveis do que apenas mudanças simples no tamanho da pupila, por exemplo, o Índice de Atividade Cognitiva (ICA) (MARSHALL, 2000, 2007). Este sistema de medição complexo calcula dilatações pupilares rápidas e pequenas, e provou ser um bom indicador de detecção de carga de trabalho cognitiva em tarefas linguísticas e tarefas de amplitude de dígitos em condições de condução simuladas (DEMBERG et al., 2013; SCHWALM; KEINATH; ZIMMER, 2008) .

O método ICA tem sido usado em uma série de estudos e tem se mostrado um método promissor de mensurar a carga de trabalho mental do motorista (MARQUART; CABRALL; WINTER, 2015). Schwalm foi um dos pioneiros a mostrar que o ICA pode ser um método confiável para identificar as demandas mentais do motorista em simuladores de direção, bem como em ambientes reais (SCHWALM, 2009).

Demberg e colaboradores (2013) usaram o método ICA para estimar a carga de trabalho mental durante a simulação de direção e encontraram um aumento de valores de ICA resultantes da compreensão de frases mais complexas. Palinko, Kun e Shyrokov (2010) usaram um rastreador ocular remoto em um estudo de simulador de direção para estimar a sobrecarga cognitiva do motorista. Mais uma vez, o diâmetro da pupila foi usado como uma forma confiável de medir a carga de trabalho cognitiva, especialmente em ambientes de condução simulados; estes autores introduziram uma nova medição variante do diâmetro da pupila, chamada taxa média de alteração do diâmetro da pupila (MPDCR). Eles sugeriram que esta nova medida poderia ser particularmente útil quando mudanças rápidas na carga de trabalho cognitiva forem ser detectadas.

Estudo realizado por Palinko e Kun (2011) mostrou que é possível separar os efeitos de iluminação e carga de trabalho cognitiva sobre o diâmetro da pupila usando um preditor de reflexo de luz, que tenta prever o reflexo da pupila devido à iluminação. A previsão é então subtraída do sinal da pupila, deixando uma estimativa do TEPR. No estudo realizado por Niezgoda et al., (2015), foram examinados os efeitos da carga de trabalho cognitiva induzida pela tarefa de memória de dígitos atrasados (chamada de *n*-back) durante a condução simulada de automóveis. Foi utilizado um simulador de direção de alta fidelidade e um cenário de rodovia com tráfego moderado e um

eyetracker para analisar os movimentos dos olhos. Este estudo incluiu 46 participantes experientes, e os resultados indicaram que variação no tamanho da pupila foi mais sensível para mensurar mudanças na demanda cognitiva em tarefas auditivo-verbal-vocais, tendo o diâmetro aumentado com o aumento da carga de trabalho cognitiva.

2.3. Movimento dos olhos

2.3.1 Bases neurais do movimento dos olhos e integração sensorial

O córtex parietal posterior, historicamente considerado uma estrutura sensorial, tem, mais recentemente, sido visto como uma área importante para a integração sensório-motora. Entre suas funções está a formação de intenções, que são planos cognitivos de alto nível para o movimento (tanto para movimentos do olho quanto para movimentos do restante do corpo). Existe um mapa de intenções dentro do córtex parietal posterior, com diferentes sub-regiões dedicadas ao planejamento dos movimentos dos olhos, movimentos de alcance e movimentos de preensão. Essas áreas parecem ser especializadas para a integração multissensorial e as transformações de coordenadas necessárias para converter a entrada sensorial em saída motora. Em várias sub-regiões do córtex parietal posterior, essas operações são facilitadas pelo uso de uma representação espacial distribuída comum que é independente tanto da entrada sensorial quanto da saída motora (ANDERSEN; BUNEO, 2002).

O córtex intraparietal lateral é uma sub-região do córtex parietal posterior, participa do fluxo cortical dorsal para visão espacial e processa informações visuais para planejar movimentos oculares sacádicos (STRICANNE; ANDERSEN; MAZZONI, 1996). O córtex intraparietal lateral além de receber conexões em grande parte da área do córtex visual, também recebe conexões de outras áreas visuais (BLATT; ANDERSEN; STONER, 1990).

Evidências sugerem que o córtex intraparietal lateral faz parte de uma rede envolvida nos movimentos sacádicos. Muitos neurônios do córtex intraparietal lateral demonstraram explosões de atividade antes das sacadas (BARASH et al., 1991). A área do córtex intraparietal lateral codifica sacadas pretendidas em coordenadas centradas no olho não somente para estímulos visuais, mas também para estímulos

auditivos. É sabido que o córtex intraparietal lateral converge sinais auditivos e visuais em coordenadas centradas no olho, mas fontes de informação podem ser extraídas em outros quadros de coordenadas, devido à forma como os sinais de orientação dos olhos são incorporados (KOWLER et al., 1995).

Estudos mostraram que estímulos visuais e auditivos oriundos dos campos oculares frontais e colículo superior são conduzidos para um quadro de coordenadas comuns centradas no olho, que tem a função de codificar processos de movimento em direção a um alvo (JAY; SPARKS, 1987; RUSSO; BRUCE, 1994). O colículo superior é uma região importante do sistema nervoso central, pois participa da orientação sensório-motora posicionando olhos e cabeça em relação aos estímulos externos. Esta região recebe aferências dos sistemas visuais, auditivos e somestésicos (LENT, 2004). O colículo superior também participa da preservação da fixação durante os intervalos intersacádicos (GANDHI; KATNANI, 2011).

A função motora predominante do colículo superior é direcionar o olhar à um estímulo localizado no hemisfério contralateral (GANDHI; KATNANI, 2011). A resposta colicular também exibe modulação durante outros aspectos dos movimentos guiados visualmente. Por exemplo, ao alcançar um objeto, o eixo visual muitas vezes muda para a posição alvo e mantém uma fixação prolongada até a mão fazer o contato (NEGGERS; BEKKERING, 2000, 2001).

Como já foi elucidado, o córtex parietal posterior é importante para a integração sensório-motora, particularmente a formação de intenções ou planos cognitivos de alto nível para o movimento. Há um mapa de intenções dentro do córtex parietal posterior com sub-regiões para sacadas, alcance e agarramento. Estas regiões parecem ser especializadas para integração multissensorial e transformações de coordenadas. Em cada sub-região há um mapa do espaço de trabalho. No córtex intraparietal lateral, esses mapas estão em coordenadas centradas no olho, independentemente da entrada sensorial ou do plano de movimento. Dentro desses mapas, a atividade é modulada pelo ganho do olho, cabeça e sinais de posição do membro (ANDERSEN; BUNEO, 2002). O colículo superior vem participar da orientação sensório-motora oriundas de estímulos externos, para favorecer a integração destes realizados nas regiões de córtex parietal posterior e do córtex intraparietal lateral.

2.3.2 Tipos de movimento dos olhos e suas medidas

Na varredura visual de um ambiente são geradas amostragens visuais; o processo de amostragem depende dos movimentos dos olhos. Os músculos do sistema ocular são responsáveis pela iniciação, coordenação e conclusão dos movimentos oculares. O globo ocular está contido nas cavidades orbitárias por meio de uma complexa matriz de fâscias e músculos. Os músculos extrínsecos estão localizados na parte externa do globo ocular, circundando-o; são seis, sendo quatro retos e dois oblíquos. Os músculos retos são o reto medial, o reto lateral, o reto superior e o reto inferior. Os músculos oblíquos são o oblíquo inferior e o oblíquo superior. O músculo reto lateral tem a função de abduzir o olho, e o músculo reto medial tem a função de aduzir o olho. Os outros músculos têm funções que variam conforme a posição do olho. Os músculos retos superior e inferior, bem como os músculos oblíquos, têm ainda funções de ciclotorsão do globo ocular. Os músculos oculares são inervados pelo nervo craniano III (reto medial, reto superior, reto inferior, oblíquo inferior e elevador da pálpebra), pelo nervo craniano VI (reto lateral) e pelo nervo craniano IV (oblíquo superior) (GUYTON, 1981).

A mobilidade do olho humano não está restrita a simples ações musculares, porque ela também está envolvida com comportamentos oculares relacionados à atenção visual, que são amplamente investigados no âmbito da ergonomia cognitiva. Os estudos são crescentes na área de direção de automóveis (CAIRD, 2004, 2008). Os comportamentos dos olhos mais investigados são, movimentos sacádico, fixação, comportamento de perseguição, o reflexo vestibulo-ocular e o diâmetro da pupila. A sacada é um movimento ocular rápido, empregado para dimensionar uma porção nova da cena à fóvea (RODRIGUES, 2001).

Os movimentos oculares sacádicos duram por volta de 40 milissegundos e redimensionam o centro da visão no campo visual. Esses movimentos podem ocorrer várias vezes por segundo, e cada período entre as fixações da visão duram várias centenas de milissegundos (KANDEL et al., 2014, p.554).

As fixações ocorrem durante o intervalo entre os movimentos sacádicos do olhar, por serem comportamentos nos quais o olho permanece estacionário em algum aspecto do ambiente. As fixações permitem um processamento de informações detalhadas da porção do ambiente de interesse; a imagem gerada permanece sempre

situada na região foveal, permitindo mais nitidez e resolução na imagem (RODRIGUES, 2001; LAND, 2006).

O comportamento de perseguição trata do conjunto de movimentos, lentos e contínuos dos olhos, no qual a velocidade ocular é análoga à velocidade do objeto que se acompanha (RODRIGUES, 2001). O reflexo vestibulo-ocular é composto de movimentos conjugados compensatórios dos olhos, induzidos por movimentos da cabeça (COSTA; SOARES; TEIXEIRA, 2007). Esses movimentos estabilizam o olhar, favorecendo a manutenção do objeto de interesse na região foveal durante os movimentos da cabeça (RODRIGUES, 2001).

Ao longo dos anos, muitos parâmetros que caracterizam as fixações oculares foram estudados em relação a carga cognitiva de motoristas, incluindo número de fixações, duração da fixação, número de sacadas, duração sacádica, sacádica amplitude, pico de velocidade sacádica e distribuição do olhar (RECARTE; NUNES, 2000; RECARTE; NUNES, 2003; REIMER, 2009; REIMER et al., 2010; UNDERWOOD; CRUNDALL; CHAPMAN, 2011; VICTOR; HARBLUK; ENGSTRÖM, 2005; YOUNG; MAHFOUD, 2008).

O número de fixações é uma medida bastante divergente em estudos relacionados ao aumento da demanda da carga cognitiva, sendo totalmente dependente do teor da tarefa estudada. Por exemplo, estudo realizado por Carizio (2016) com motoristas que tiveram a cinemática de olhos e cabeça mensurada enquanto dirigiam em um simulador de direção, mostrou que o número de fixações aumentou durante as condições de uso do celular no modo viva-voz e segurando na mão, concomitantes à direção, comparadas à condição controle, na qual os participantes somente dirigiam. Nas duplas tarefas de dirigir e conversar ao telefone celular, a demanda cognitiva foi maior, em relação à condição de somente dirigir. Esta sobrecarga cognitiva foi inferida através das medidas de aumento do número de fixações e diminuição da duração das fixações.

Giang, Chen e Donmez (2017) investigaram a distração causada pelo envio de notificações em relógios inteligentes e *smartphones* em dois experimentos. No primeiro experimento, os participantes realizavam a leitura em voz alta de uma mensagem de texto recebida no dispositivo eletrônico; no segundo experimento, os participantes tinham que responder manualmente questões aritméticas. Os resultados mostraram que na tarefa de leitura de mensagem, a ocupação atencional foi mais rápida no relógio e atribuída à facilidade de acessar a informação, já que o relógio

estava acoplado ao punho que poderia ser mais facilmente manipulado. Porém, a leitura foi mais lenta e a quantidade de fixações do olhar no relógio também foi maior em relação as mesmas tarefas no *smartphone*. A quantidade de fixações maior foi atribuída a maior quantidade de interações a ser realizada no relógio para obter a mesma informação, quando comparada ao *smartphone* (experimento 2). Adicionalmente, esta diferença foi atribuída à troca contínua de foco atencional entre a tela do relógio e a tela do simulador de veículo, resultando em uma atenção dividida.

Gotardi (2018) realizou um estudo no qual foi manipulada a condição de ansiedade em motoristas durante a direção simulada de automóvel. Os resultados mostraram que, na condição de alta ansiedade, os participantes apresentaram piora no controle da velocidade do veículo e causaram mais colisões, mudanças essas acompanhadas pela redução do número de fixações na pista e retrovisores. Neste caso, o aumento da demanda cognitiva com a geração de alta ansiedade revelou, diminuição do número das fixações nos participantes.

A duração da fixação é uma medida amplamente utilizada em estudos comportamentais; acredita-se que a duração da fixação aumenta com a intensificação das demandas de tarefas cognitivas (RECARTE; NUNES, 2000; MALTZ; SHINAR, 1999; MAY et al., 1990; MIURA, 1990; RAYNER; MORRIS, 1990). A duração das fixações foi investigada por vários estudos em relação à percepção de risco do motorista, conforme descritos na revisão da literatura de Underwood, Crundall e Chapman (2011). Esses estudos revelaram durações de fixação aumentadas durante momentos perigosos, indicando aumento da carga cognitiva. As longas durações de fixação são normalmente associadas com alta carga de processamento cognitivo, pois durante esses perigos, os mecanismos visuais estão gastando mais tempo extraindo informações do ambiente (UNDERWOOD; RADACH, 1998; REIMER et al., 2010).

O desvio padrão do local de fixação é uma medida de dispersão e uma forma de expressar a variabilidade da posição das fixações analisadas (NIEZGODA et al., 2015). Pesquisas mostraram que o aumento da demanda de atenção (obtido pelo aumento tanto da demanda visual quanto das demandas cognitivas) produz estreitamento do foco atencional, também chamado de concentração do olhar espacial ou afunilamento (RECARTE; NUNES, 2000; MIURA, 1986, 1990), reduzindo o campo de visão útil. Portanto, as fixações tendem a tornar-se mais concentradas com o aumento da carga de trabalho cognitiva (NIEZGODA et al., 2015).

Recarte e Nunes (2000) investigaram as consequências da realização de tarefas verbais e de imagens espaciais no rastreamento visual, concomitantes à condução de veículos reais; doze participantes dirigiram 84 km em duas rodovias e duas estradas. Em cada rota, eles realizaram duas tarefas verbais e duas tarefas de imagens espaciais enquanto seus movimentos oculares foram gravados. Os mesmos resultados foram repetidos em todas as rotas. O tamanho do campo funcional visual diminuiu horizontal e verticalmente, particularmente para tarefas que incluíam a evocação de imagens com conotação espacial. Comparadas com a condução normal, as fixações foram mais longas durante a tarefa de evocação de imagens espaciais.

Resultados semelhantes do estudo de Recarte e Nunes (2000) sobre a concentração espacial do olhar, devido ao aumento da carga cognitiva, foram encontradas em estudos posteriores (REIMER, 2009; REIMER et al., 2010; VICTOR; HARBLUK; ENGSTRÖM, 2005). Em estudo conduzido por Reimer (2009) em ambiente natural de estrada, a distribuição do olhar dos motoristas foi considerada significativamente menor, enquanto desempenhavam tarefas secundárias apenas auditivas, especialmente durante as tarefas cognitivamente mais difíceis, em relação às tarefas controle.

2.4 Atenção e sobrecarga cognitiva

Atenção é “o fenômeno pelo qual processamos ativamente uma quantidade limitada de informações disponíveis através de nossos sentidos, de nossas memórias armazenadas e de outros processos cognitivos” (STERNBERG, 2000, p. 78). A partir dessa concepção, o fenômeno da atenção possibilita o uso criterioso dos limitados recursos mentais.

Tudo aquilo que se percebe depende diretamente de onde a atenção está dirigida. Neste contexto, o ato de prestar atenção independe da modalidade sensorial, pois essa ação aumenta a sensibilidade perceptual para a discriminação de alvo, além de reduzir a interferência causada por estímulos distratores (PESSOA; KASTNER; UNGERLEIDER, 2003).

As diferentes modalidades sensoriais têm a disposição de detectar seletivamente os estímulos recebidos (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2002). No caso do sistema visual, é possível concentrar-se em um único produto no meio de

vários outros, em uma gôndola do mercado, por exemplo. No caso do sistema auditivo, em uma festa, é possível prestar atenção em uma única conversa em detrimento das demais.

Até aqui, foram apresentadas algumas definições de atenção, sua relação com a consciência, a memória e a percepção. Adicionalmente, categorizar os tipos de atenção pode ajudar a entender seus mecanismos e suas diferenciações. Com referência ao caráter multifatorial da atenção, pode-se dividir seu estudo em diferentes vertentes. Com relação a sua natureza e sua origem, a atenção pode ser voluntária ou involuntária (DALGALARRONDO, 2000). Outros termos correspondentes encontrados na literatura são atenção controlada ou automática, respectivamente (LIMA, 2005).

A atenção controlada (voluntária) envolve a seleção ativa e intencional do indivíduo em uma determinada tarefa, que está diretamente ligada às expectativas, motivações e interesses (DALGALARRONDO, 2000). “Os processos automáticos não envolvem o controle consciente; em comparação, os processos controlados não somente são acessíveis ao controle consciente, mas também o exigem” (STERNBERG, 2000, p. 81). Michael Posner e Charles Snyder, psicólogos norte-americanos e importantes pesquisadores dos fenômenos da atenção, em trabalho publicado por eles no ano de 1975, sugeriram três características dos processos automáticos: por sua definição, os processos automáticos são ocultos da consciência, involuntários e consomem poucos recursos de atenção (POSNER; SNYDER, 1975). Muitas tarefas que começam com processo controlado podem se tornar automáticas (STERNBERG, 2000), como nos casos de dirigir um carro, aprender um instrumento musical, uma nova língua e andar de bicicleta. Essas ações possuem, no início, um processamento controlado, porém, com a experiência, elas passam por estágios de automação. É comum no aprendizado da direção de um automóvel o iniciante olhar frequentemente para o câmbio ao mudar a marcha; isto revela que o processamento da informação ainda é voluntário, exigindo um respaldo sensorial, que neste exemplo foi obtido pela visão e pelo tato, reforçando assim o aprendizado da tarefa.

A atenção voluntária é intermediada pelo processamento cortical das informações, no qual os efeitos facilitadores da tarefa desempenhada são acompanhados pelos efeitos inibidores sobre as atividades concorrentes (MACAR, 2001). Desse modo, ao realizar uma tarefa de leitura, por exemplo, outras modalidades podem ficar inibidas, como escutar o barulho da rua, sendo esta inibição

essencial para que aconteça a concentração na tarefa (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2002).

“O processo que muda do estado de altamente consciente para o estado relativamente automático é automatização” (STERNBERG, 2000, p. 82). A automatização acontece com a prática; no exemplo de dirigir um automóvel, com as muitas repetições da mesma operação, o motorista vai automatizando os movimentos da tarefa (STERNBERG, 2000). Como a automatização da tarefa requer um mínimo processamento, nesse estágio, é possível acontecerem lapsos, que são erros na realização de tarefas, que podem ocorrer quando uma ação automática é interrompida abruptamente durante sua execução (REASON et al., 1990). A automação de tarefas é um recurso cognitivo e fisiológico necessário, pois exige processamento menos complexo do sistema nervoso central do que na realização de tarefas altamente conscientes, possibilitando a realização da tarefa dupla (ANDERSON, 2000).

Dando prosseguimento às categorias de atenção, a literatura oferece uma subdivisão da atenção baseada no modo como é operacionalizada, que resulta em quatro tipos de atenção: seletiva, sustentada, alternada e dividida (DALGALARRONDO, 2000; SARTER; GIVENS; BRUNO, 2001). A atenção seletiva é entendida como a habilidade de o indivíduo selecionar distintos estímulos em detrimento de outros; é a predisposição de focar a atenção para uma determinada porção do ambiente, enquanto os demais estímulos ao redor são ignorados (DALGALARRONDO, 2000; NAHAS, 2001). Está diretamente ligada ao mecanismo clássico atencional, o foco.

A atenção sustentada ou vigilância representa a aptidão que o indivíduo tem em manter o foco atencional em um devido estímulo ou conjunto deles, ao longo de um determinado tempo para a realização de uma tarefa. Trata-se de um estado de prontidão por um longo período de tempo (SOHLBERG; MATEER, 2009; DALGALARRONDO, 2000; STERNBERG, 2000; SARTER; GIVENS; BRUNO, 2001; NAHAS, 2001). A atenção alternada é a capacidade de flexibilidade mental que permite que os indivíduos mudem seu foco de atenção, movendo-se entre tarefas com diferentes exigências cognitivas. Equivale a desengajar o foco de um estímulo (tarefa) e engajar-se em outro (SOHLBERG; MATEER, 2009; LIMA, 2005).

A atenção dividida é a capacidade de responder simultaneamente a várias tarefas ou múltiplas demandas. Essa capacidade possibilita o desempenho de duas tarefas simultâneas (SOHLBERG; MATEER, 2009; SARTER; GIVENS; BRUNO,

2001). Para que haja a divisão da atenção na realização de tarefas simultâneas, uma das tarefas deve estar automatizada para que a outra tenha caráter consciente (LIMA, 2005). Por exemplo, o motorista experiente, ao falar em um telefone celular enquanto dirige seu automóvel, sua atenção será dividida, pois o ato de dirigir estará automatizado e a conversa no celular será consciente, exigindo processamento mais complexo do que a tarefa de dirigir. Porém, para o motorista novato, falar ao celular nas mesmas condições exigirá processamento complexo tanto para a tarefa de dirigir, como para a tarefa de conversar, enquadrando-se na categoria de atenção alternada.

Para Posner e Fan (2001), a atenção também pode ser executiva. É aquele tipo de atenção requisitada em situações que envolvem planejamento ou tomada de decisões, detecção de erros e resposta a ações não habituais (autorregulação), gerando uma nova ação ou novos ajustes no percurso.

Além das categorias de atenção supra descritas, William James descreveu dois tipos distintos de atenção (JAMES, 1890); a primeira trata-se de um tipo de atenção ativa e voluntária, denominada endógena, com tipo de processamento cerebral de cima para baixo (*top down*), a segunda trata-se de uma atenção ativada por um evento externo, sendo reflexiva e involuntária, denominada atenção exógena e tem como característica de processamento cerebral de baixo para cima (*bottom up*). Evidências comportamentais têm demonstrado que são dois sistemas de atenção que facilitam o processamento e seleção de informações. O primeiro é um sistema voluntário que corresponde à capacidade humana de monitorar informações deliberadamente em um determinado local; o último é um sistema involuntário que corresponde a uma resposta de orientação automática a um local onde a estimulação repentina ocorreu (CARRASCO, 2011). Atenção endógena também é conhecida como atenção "sustentada" e a exógena como atenção "transitória". Esses termos se referem à natureza temporal de cada tipo de atenção, levando cerca de 300ms para implantar atenção endógena (CARRASCO, 2011). Considerando que os observadores parecem ser capazes de sustentar o desdobramento voluntário de atenção para um determinado local pelo tempo que for necessário, a fim de realizar uma tarefa, o desdobramento involuntário de atenção é transitório, o que significa que aumenta e decai rapidamente, com pico em cerca de 100 a 120 ms (HEIN; ROLKE; ULRICH, 2006; LIU; LARSSON; CARRASCO, 2007).

As diferentes características temporais e graus de automaticidade desses sistemas sugerem que eles podem evoluir para diferentes propósitos e em diferentes

momentos. O sistema exógeno / transiente pode ser filogeneticamente mais antigo (CARRASCO, 2011), o que permite respostas automáticas às demandas ambientais e a reação rápida frente aos estímulos que provavelmente fornecerão informação relevante ao comportamento (CHEAL et al., 1991; NAKAYAMA; MACKEBEN, 1989; YANTIS; JONIDES, 1996).

Vários estudos têm mostrado que as regiões occipital, parietal e o córtex frontal exibem respostas aumentadas na atenção espacial durante mudanças endógenos e exógenas (GANDHI et al., 1999; LIU; LARSSON; CARRASCO, 2007; LIU; PESTILLI; CARRASCO, 2005). Atualmente não há consenso sobre a existência de redes neurais e processamento neurofisiológicos comuns à atenção endógena e exógena; grande parte dos estudos apoia uma visão que as redes subjacentes a esses dois tipos de atenção são parcialmente sobrepostas, porém independentes (CARRASCO, 2011). Peelen, Heslenfeld e Theeuwes (2004) constataram que não há diferenças nas redes neurais que mediam esses sistemas. Alguns estudos têm mostrado que a atenção endógena tem processamento cortical por natureza e a atenção exógena subcortical (ROBINSON; KERTZMAN, 1995; ZACKON et al., 1999). Para Zackon e colaboradores (1999) além do circuito responsável pela atenção endógena (voluntária, sustentada) ser cortical, este sistema é sobreposto a um circuito subcortical mais antigo.

Estudos recentes mostraram que a atenção endógena também modula as respostas visuais no núcleo geniculado lateral e o núcleo reticular talâmico (MCALONAN; CAVANAUGH; WURTZ, 2008; ROBINSON; KERTZMAN, 1995; ZACKON et al., 1999), e que o colículo superior, uma estrutura subcortical, é necessário para o controle da atenção endógena (LOVEJOY; KRAUZLIS, 2010). Um estudo eletrofisiológico realizado em macacos demonstrou que a atenção exógena e endógena é controlada por dois mecanismos distintos, mas em interação, baseados no mesmo sistema de capacidade limitada, com atenção exógena tendo um curso de tempo de processamento muito mais rápido do que atenção endógena (BUSSE et al., 2008). Os mecanismos de atenção endógeno e exógena representam dois sistemas de atenção que podem afetar o processamento de informações de maneiras distintas (MCALONAN; CAVANAUGH; WURTZ, 2008; ROBINSON; KERTZMAN, 1995; ZACKON et al., 1999).

2.4.1 Atenção visual e espacial

Os seres humanos são confrontados com uma grande quantidade de informações quando abrem os olhos; apesar disso, são dotados de uma capacidade de compreensão do ambiente visual aparentemente instantânea. Isso requer selecionar informações comportamentais relevantes de ruídos irrelevantes (BICHOT; DESIMONE, 2005). A atenção é a chave para este processo; é o mecanismo que transforma o ato de olhar em ver. Na percepção humana, ignorar informações irrelevantes é o que torna possível atender e interpretar importantes fragmentos do que se vê. A atenção permite processar seletivamente a vasta quantidade de informações disponíveis no ambiente, priorizando alguns aspectos da informação em detrimento de outros, focando em um determinado local ou aspecto da cena visual (CARRASCO, 2011).

A visão é importante na coleta de informações de uma cena, os seres humanos empregam muitos recursos neurais na pesquisa visual a fim de detectar e processar informações comportamentais relevantes na cena (NOBRE, et al., 2000; CORBETTA; SHULMAN, 2002). Estudos comportamentais encontraram uma forte ligação funcional entre atenção e movimentos oculares (CARRASCO, 2011). Os mecanismos atencionais em parceria com movimentos dos olhos levam a um aumento das respostas de neurônios do córtex visual para o objeto relevante (TREUE; MAUNSELL, 1999), restringindo o mecanismo de reconhecimento de objeto no córtex temporal para apenas um único estímulo relevante no instante da detecção (DESIMONE; DUNCAN, 1995).

Por mais de um século o estudo da atenção visual atraiu alguns grandes pensadores da psicologia, neurofisiologia e ciências da percepção, incluindo Hermann von Helmholtz, Wilhelm Wundt e William James. Muitos psicólogos, como Michael Posner, Anne Treisman, Donald Broadbent e Ulric Neisser forneceram teorias distintas e desenvolveram paradigmas para investigar os mecanismos atencionais e como esses mecanismos afetam os processos perceptivos (CARRASCO, 2011).

Nos últimos 30 anos tem havido um interesse crescente nos mecanismos de atenção visual e indagações referentes a como a atenção visual modula a sensibilidade espacial e temporal dos primeiros filtros perceptuais, como a atenção influencia a seleção de estímulos de interesse, como e onde as respostas neuronais

são moduladas, como acontecem os processos de seleção e como os movimentos dos olhos interagem com a atenção. A investigação em atenção visual avançou significativamente, pois a pesquisa psicofísica em humanos caracterizou sistemas de atenção distintos e seus efeitos na percepção. Estudos de neuroimagem, como a imagem de ressonância magnética funcional (fMRI), relacionada a eventos potenciais (ERPs), potenciais visuais evocados em estado estacionário (SSVEP) e magnetoencefalografia (MEG), permitiram o estudo do cérebro humano enquanto está envolvido em tarefas de atenção. Avanços na tecnologia de rastreamento ocular possibilitaram imagens de alta resolução dos movimentos oculares durante tarefas que envolvem percepção e atenção, enquanto descobertas psicofísicas permitiram a identificação de mecanismos cerebrais plausíveis aos efeitos da atenção na percepção. Além disso, estudos neurofisiológicos distinguiram as redes neurais empregadas no processamento seletivo de informações e possibilitaram a identificação de áreas cerebrais corticais e subcorticais envolvidas na atenção (CARRASCO, 2011).

Dados de neuroimagem revelaram três redes relacionadas a diferentes aspectos da atenção: alerta, orientação e controle executivo (POSNER; PETERSEN, 1990). Alerta é definido como manter um estado de alta sensibilidade aos estímulos de entrada, e está associado com as regiões frontal e parietal do hemisfério direito (MARROCCO; DAVIDSON, 1998). Orientação, trata-se da seleção de informações de entrada sensorial, e está associada à áreas posteriores do cérebro incluindo o lobo parietal superior (relacionado à área intraparietal lateral em macacos), a junção parietal temporal e os campos oculares frontais (CORBETTA, et al., 2000; POSNER, 1980). O controle executivo envolve os mecanismos de resolução de conflitos entre as respostas possíveis, ativando o cíngulo anterior e o lateral, bem como o córtex pré-frontal (BUSH; LUU; POSNER, 2000). Esta rede de atenção, relacionada ao controle executivo, tem impacto no processamento visual atuando para otimizar a representação de estímulos para fins de seleção (CARRASCO, 2011).

Em geral, a influência da atenção aumenta ao longo da hierarquia das áreas visuais corticais, resultando em uma representação neural do mundo visual afetado pela relevância comportamental da informação (TREUE, 2001). Importantes estudos de imagem por ressonância magnética funcional (fMRI) de atenção, publicados em 1999, mostraram que a atenção espacial afeta o córtex visual primário, V1 (GANDHI; HEEGER; BOYNTON, 1999; KASTNER et al., 1999).

A combinação de avanços em psicofísica, neurofisiologia, neuroimagem e modelagem contribuiu para fornecer uma caracterização mecanicista da atenção que reside no cruzamento entre percepção e cognição (CARRASCO, 2011). Atenção é atualmente um tópico central na pesquisa de visão, cognição e neurociência, reunindo cientistas da psicofísica, psicologia e ergonomia cognitiva, neurociência computacional, neurofisiologia e neuropsicologia. Compreender os mecanismos de atenção é um desafio fundamental em todos estes ramos do saber.

A atenção acontece por fenômenos de seleção. A seleção é necessária, pois existem limites na capacidade humana de processar informações. Esses limites são impostos pelo montante fixo de energia disponível para o processamento cortical de informações, dependentes de alto custo energético (CARRASCO, 2011); esse custo metabólico da atividade cerebral é amplamente dominado pela atividade neuronal, para o qual a demanda de energia depende fortemente das taxas de ativação (ATTWELL; LAUGHLIN, 2001). Dado que a quantidade de consumo total de energia disponível para o cérebro é essencialmente constante (CLARKE; SOKOLOFF, 1994), o alto custo bioenergético dos picos de processamento requer o uso de códigos representacionais eficientes que contam com uma coleção dispersa de neurônios ativos (BARLOW, 1972), bem como a alocação flexível de recursos metabólicos de acordo com as demandas da tarefa. Estas limitações de energia, que permitem apenas uma pequena fração do maquinário cerebral serem acionadas simultaneamente, fornecem uma base neurofisiológica para a ideia de que a atenção seletiva é decorrente da capacidade limitada de processar informações (LENNIE, 2003).

A atenção tem a capacidade de selecionar estímulos comportamentais relevantes, mesmo na presença de estímulos distratores muito intensos (REYNOLDS; DESIMONE, 2003). O foco da atenção espacial foi comparado a um holofote (POSNER, 1980), uma lente de zoom (ERIKSEN; YEH, 1985), e também a uma distribuição gaussiana (DOWNING; PINKER, 1985), otimizando o processamento de estímulos visuais dentro de uma região circunscrita do espaço (CARRASCO, 2011).

2.4.2 Teoria dos múltiplos recursos

As origens de teorias sobre processamento de informação podem ser atribuídas ao conceito do "gargalo de canal único", limitando a capacidade do

indivíduo de executar duas tarefas de alta velocidade simultâneas (CRAIK, 1948; BROADBENT, 1958; WELFORD, 1967). Essa visão sugeriu que o tempo era um recurso muito limitado não podendo ser compartilhado entre tarefas. Moray (1967) descreveu que o ser humano possuía um “processador central de capacidade limitada” que poderia ser compartilhado com parcimônia entre tarefas. Tal conceito foi capturado por um modelo de atenção proposto por Kahneman (1973), bem como no trabalho de Rolfe (1973). Esse último modelo de atenção assume que os recursos mentais de uma fonte limitada podem ser fornecidos (alocados) conforme necessário para atender às demandas da tarefa definidas em conjunto pelo nível de dificuldade da referida tarefa e pelo nível de desempenho exigido. Esses recursos restantes (recursos residuais ou “capacidade não utilizada”) podem ser alocados para outras tarefas. Portanto, se uma tarefa exigir mais recursos, ela interferirá mais em uma tarefa simultânea. As tarefas que não exigirem recursos são consideradas “automatizadas” (FITTS; POSNER, 1967; SCHNEIDER, 1999). As tarefas que exigem a alocação total de recursos para obter o máximo desempenho são consideradas totalmente “limitadas por recursos”. Tarefas para as quais o desempenho máximo pode ser obtido investindo apenas recursos parciais são consideradas “limitadas por dados” (A NORMAN; BOBROW, 1975).

O modelo de múltiplos recursos proposto por Wickens (2002) se pauta na capacidade humana em executar multitarefas de alta carga de trabalho, como guiar um automóvel em tráfego pesado enquanto o motorista manipula o computador de bordo, ou pilotar uma aeronave durante o pouso. O modelo postula que em múltiplas tarefas podem haver dimensões de interação e interferência no processamento, sendo: compartilhamento de modalidades sensoriais (auditiva; visual; tátil) de estágios de processamento (percepção, cognição, incluindo memória de trabalho e resposta) e/ou de canais de informação visual (visão central ou periférica) (WICKENS, 2002, 2008).

A importância do conceito de múltiplos recursos no contexto teórico, reside em sua capacidade de prever níveis de interferência de tarefas duplas entre tarefas executadas simultaneamente, de ser consistente com os mecanismos neurofisiológicos subjacentes ao desempenho da tarefa e de explicar a variabilidade na interferência de tarefas. Esta teoria no contexto aplicado, tem o objetivo de discriminar diferenças operacionalmente significativas no bom desempenho humano em um ambiente de múltiplas tarefas. Essas diferenças podem estar diretamente

relacionadas ao comportamento do operador (Indivíduo) ou ao design da tarefa (tipo de atividade) (WICKENS, 2002).

O conceito de recursos considera algo que é limitado e alocável, podendo ser distribuído entre tarefas. O conceito de múltiplo se refere ao contexto de processamento, que pode ser paralelo, separado ou relativamente independente. Vários recursos formalmente definem a interseção entre esses dois conceitos, mas cada um por si só tem muito a contribuir para entender o desempenho do compartilhamento de tempo (várias tarefas) (WICKENS, 2002).

A teoria de múltiplos recursos e suas previsões de desempenho geralmente estão intimamente relacionadas a outros dois conceitos da psicologia e ergonomia cognitiva: atenção e carga de trabalho. Carga de trabalho é entendida como um campo de interação entre as exigências da tarefa e a capacidade de realização humana (BAUMER, 2003), representando o conjunto de esforços físicos, cognitivos e emocionais empenhados a atender às exigências de tarefas (SELIGMANN-SILVA, 1994). O conceito de carga de trabalho na teoria de múltiplos recursos está estreitamente alinhado com o aspecto “recursos”, porém muito menos com o aspecto “múltiplos” (WICKENS, 2002).

Os recursos podem ser definidos como um conceito de 'energia' (KAHNEMAN, 1973) como esforço cognitivo, que pode ser caracterizado independentemente de sua influência no desempenho de tarefas duplas. Em decorrência de um modelo geral de recursos de interferência de tarefas proposto por Kahneman (1973), que levava em consideração a perda nos níveis de desempenho de uma ou ambas as tarefas em função de seu desempenho simultâneo, surgiram evidências de que variações no desempenho de tarefas duplas poderiam não ser atribuídas apenas à dificuldade (demanda quantitativa de recursos) de uma ou mais tarefas componentes, nem à política de alocação de recursos entre elas (ou seja, qual tarefa é 'favorecida' e qual é 'negligenciada'). Em vez disso, foram fornecidas evidências de que diferenças nas demandas qualitativas por estruturas de processamento de informações levaram a diferenças na eficiência do compartilhamento de tempo (KANTOWITZ; KNIGHT 1976; WICKENS, 1976). Tais estruturas se comportavam como se fossem apoiadas por recursos separados (limitados). O compartilhamento de tempo entre duas tarefas era mais eficiente se as duas utilizassem estruturas de processamento separadas do que estruturas comuns (KANTOWITZ; KNIGHT, 1976; WICKENS, 1976). Tarefas funcionalmente diferentes, em termos de processamento e resposta, podem ser

realizadas simultâneas com menos decréscimo do que tarefas funcionalmente similares (NORTH, 1977). Um exemplo dessa distinção estrutural seria entre o processamento visual e processamento auditivo (WICKENS, 2002). Em muitas circunstâncias, o desempenho da dupla tarefa é pior quando duas tarefas visuais devem ser compartilhadas em tempo do que em uma configuração na qual as informações equivalentes para uma das tarefas são apresentadas auditivamente (TREISMAN; DAVIES, 1973). Para exemplificar a questão das interações das estruturas supracitadas, um motorista terá mais êxito na condução de um automóvel ao ouvir um conjunto de instruções do que ao ler o mesmo conjunto (PARKES; COLEMAN, 1990); neste caso, os olhos e os ouvidos se comportariam como duas estruturas de processamento ou "recursos" diferentes. (WICKENS, 2002).

Wickens (1980) realizou uma meta-análise com uma grande quantidade de experimentos que utilizaram em suas metodologias múltiplas tarefas. Nestes estudos, as alterações estruturais entre pares de tarefas foram comparadas. Wickens encontrou fortes evidências das estruturas de processamento, como auditivo e visual, comportando-se como recursos separados. Na teoria de economia de recursos escassos, Navon e Gopher (1979) expuseram a interseção entre os componentes "multiplicidade" e "recursos" (nível de demanda). Esta teoria fez previsões explícitas sobre as diferentes transações entre duas tarefas compartilhadas no tempo, que resultam em função de seu grau de recursos compartilhados, suas demandas quantitativas de recursos e a política de alocação adotada pelo executor em relação a tarefa favorecida. Wickens (1980) identificou as dimensões estruturais particulares do processamento de informações humanas que atendiam aos critérios conjuntos de contabilização de mudanças na eficiência do compartilhamento de tempo e de estar associado a mecanismos neurofisiológicos que podem definir recursos. Esse conjunto específico de dimensões e recursos forneceu a base para o modelo de múltiplos recursos, descrito neste capítulo.

Duas tarefas que exigem um nível de uma determinada dimensão (por exemplo, percepção visual) interferem umas nas outras mais de que em duas tarefas que exigem níveis separados na dimensão (por exemplo, uma tarefa visual, uma auditiva) (WICKENS, 2002). Liu e Wickens (1992) propuseram que haverá uma interferência substancial entre tarefas perceptivas que demandam recursos e tarefas cognitivas envolvendo memória de trabalho para armazenar ou transformar informações.

Recursos e carga de trabalho mental são dois conceitos relacionados que costumam ser confundidos; eles se sobrepõem, mas são distintos. Para distinguí-los, é importante lembrar que a arquitetura do modelo de múltiplos recursos consiste em componentes relacionados a: demanda, sobreposição de recursos e política de alocação (WICKENS, 2008). O conceito de carga de trabalho mental se relaciona mais fortemente ao primeiro deles, caracterizando pela demanda imposta por tarefas ao indivíduo (MORAY, 1979). É importante ressaltar que essa demanda pode ser conceitualmente associada a uma das duas "regiões" do nível de demanda da tarefa (WICKENS; HOLLANDS, 2000). A primeira é aquela em que a demanda é menor do que a capacidade de recursos disponíveis (ou seja, há "capacidade residual" não utilizada no desempenho da tarefa). Este é o estado ideal porque significa que o executor da tarefa terá alguns recursos disponíveis caso circunstâncias inesperadas sejam impostas. A segunda região é aquela em que a demanda excede a capacidade humana podendo até interromper a atividade, ou proporcionar um desempenho ruim (NAVON; GOPHER, 1979). A distinção entre essas regiões é referida como uma "linha vermelha" de carga de trabalho (GRIER et al., 2008).

Na região onde a sobrecarga cognitiva é imposta por múltiplas tarefas, a teoria de recursos múltiplos contribui de forma importante, ao prever quanto o desempenho falhará ou o tamanho de decrementos da dupla tarefa, uma vez que a sobrecarga foi atingida. Neste tipo de situação, a teoria de recursos múltiplos pode também fornecer orientação sobre como redesenhar o layout das tarefas a fim de realocar o desempenho humano para a região de capacidade residual, ou seja, uma região segura de processamento (WICKENS, 2008).

2.4.3 Sobrecarga Cognitiva

O termo carga cognitiva pode ser definido como a quantidade de informações que um indivíduo mantém e processa na memória de trabalho; a memória de trabalho pode ser considerada como a capacidade de evocar e utilizar informações relevantes durante uma atividade (COLLINS, 2020).

A carga cognitiva de trabalho é a carga de trabalho induzida por aspectos informacionais e de decisão da tarefa, e representa os custos associados à

capacidade limitada dos recursos de processamento de informações disponíveis para o operador humano manter o desempenho de uma tarefa (GAILLARD; KRAMER, 2000). De acordo com a teoria de múltiplos recursos, o desempenho de tarefa dupla gera sobrecarga cognitiva de trabalho quando a fonte de atenção compete por recursos simultâneos (WICKENS, 1993; WICKENS, 2002).

A avaliação da carga cognitiva de trabalho pode ser útil para a segurança no trânsito, especialmente com o avanço na tecnologia de controle dos carros e suporte aos motoristas. Com a rápida diminuição do tamanho e o aumento da resolução das câmeras, bem como os ganhos de potência computacional exponencial, as medições remotas do olho estão crescendo em popularidade como ferramentas não intrusivas e não distrativas para avaliar a carga de trabalho de motoristas (MARQUART; CABRALL; WINTER, 2015).

Proporções alarmantes de erros humanos, como percepção equivocada, erros de processamento de informações, distração e decisões inadequadas frequentemente são identificadas como causa dos acidentes (NHTSA, 2015). O uso de uma ampla variedade de sistemas de informação no veículo (IVIS), como rádios de automóveis, telefones celulares portáteis ou mãos livres, e sistemas de navegação podem levar à distração do motorista, prejudicando a segurança rodoviária (ISO / DIS 26022, 2007). A avaliação da carga cognitiva de trabalho dos motoristas pode ser útil para melhorar as tarefas de direção, reduzindo o número de acidentes (MARQUART; CABRALL; WINTER, 2015) e auxiliando na criação de dispositivos de monitoramento do motorista.

De Waard (1996) realizou uma extensa revisão da literatura sobre o tema da mensuração da carga cognitiva de trabalho dos motoristas. Desde então, muitas pesquisas foram realizadas neste campo, resultando em novos insights e o desenvolvimento de novas técnicas de mensuração da performance do motorista (MARQUART; CABRALL; WINTER, 2015). Dentro do domínio de rastreamento ocular, os pesquisadores utilizam diferentes variáveis para medir a carga de trabalho cognitiva, como mudanças no diâmetro da pupila, taxa de piscadas, duração do piscar, movimentos sacádicos, taxa de permanência, durações de fixação, taxa de fixação e locais de fixação. Essas medidas são definidas por organismos de padronização e pesquisadores, por exemplo, ISO, 2002, NHTSA, 2012, Holmqvist, 2011.

2.4.3.1 Implicações da dupla tarefa no comportamento de motoristas

Existem investigações recorrentes na ergonomia cognitiva a respeito da capacidade humana de realizar duas tarefas concomitantemente. Conforme aumentam as capacidades tecnológicas e informacionais existentes em um ambiente físico ou em dispositivos digitais, a quantidade de fluxos de informações disponíveis aumenta e, portanto, as oportunidades para multitarefas complexas também aumentam (JUST; KELLER; CYNKAR, 2008).

A multitarefa de dirigir e interagir com tecnologias de bordo através de comandos de voz está disponível, mas intuitivamente parece perigosa em algumas circunstâncias. Embora a direção se torne cognitivamente automatizada (SCHNEIDER, 1999), permitindo que motoristas experientes executem outras tarefas concomitantes, como manter uma conversa, interagir com o GPS, vários estudos comportamentais mostraram que executar outra tarefa cognitiva enquanto se dirige automóvel degrada substancialmente o desempenho de direção (ALM; NILSSON, 1995; HORREY; WICKENS, 2004; KUBOSE et al., 2006; LIU; LEE, 2005; RANNEY; HARBLUK; NOY, 2005; SANTOS et al., 2005; STRAYER ; DREWS, 2007; TÖRNROS; BOLLING, 2006). Horrey e Wickens (2006) realizaram uma meta-análise e constataram um decréscimo geral no desempenho de direção quando uma tarefa secundária é adicionada.

As tarefas duplas podem ocorrer basicamente através de duas formas. Uma delas é através da atenção dividida, de modo que, necessariamente, uma tarefa deve estar automatizada e somente a outra deve utilizar processamentos corticais superiores, como no caso de um motorista experiente conversando temas complexos no viva-voz através do computador de bordo. Outra forma é através da atenção alternada, de modo que duas tarefas exigentes do processamento cortical superior são realizadas alternadamente (STERNBERG, 2000), como no caso de um motorista novato conversando temas complexos no viva-voz, ora o motorista engaja sua atenção nos mecanismos do carro, ora dialoga no viva-voz.

É importante ressaltar que assim como em outras tarefas na vida, o desempenho na direção melhora com a prática e feedback, de modo que quanto mais praticada esta tarefa, mais ela (ou partes dela) pode ser automatizada e, conseqüentemente, mais capacidade de atenção é deixada para outras tarefas. Desta

forma, a prática em uma tarefa pode permitir que uma pessoa compartilhe o tempo e capacidades cognitivas efetivamente com outras tarefas (SHINAR; TRACTINSKY; COMPTON, 2005; WICKENS; HOLLANDS, 1999).

Na atenção dividida, a ativação no córtex pré-frontal dorsolateral aumenta no caso de dupla tarefa em relação a uma tarefa única, supostamente devido ao aumento da demanda em processos executivos pré-frontais que coordenam o desempenho das duas tarefas (D'ESPOSITO et al., 1995; DUX et al., 2006). Para tarefas que envolvem dois fluxos simultâneos de pensamento, no caso da atenção alternada, as regiões ativadas isoladamente por cada uma das tarefas são maiores do que quando realizadas simultaneamente, presumivelmente por causa da competição pelos mesmos recursos neurais (KLINGBERG; ROLAND, 1997; VANDENBERGHE et al., 1997). A região cerebral envolvido em tarefas duplas concorrentes é o córtex cingulado anterior (DREHER; GRAFMAN, 2003). É possível haver um limite na quantidade geral de ativação cerebral em uma situação de dupla tarefa simultânea, mesmo que as duas tarefas utilizem redes corticais diferentes (JUST; KELLER; CYNKAR, 2008).

Galpin, Underwood e Crundall, (2009) e Strayer e Johnston (2001) constataram que motoristas que realizam algum tipo de dupla tarefa mostram diminuição da percepção de perigo, desenvolvem tempos de reação mais longos para eventos críticos (STRAYER; DREWS, 2007), pouca disciplina na pista (REED; ROBBINS, 2008) e aumento do risco de acidentes (REDELMEIER; TIBSHIRANI, 1997). Além disso, os condutores de dupla tarefa geralmente usam estratégias compensatórias. Eles podem dirigir mais devagar (STEVENS; MINTON, 2001) e dispensar tarefas como verificar espelhos (REED; ROBBINS, 2008). Estas estratégias compensatórias são consistentes com a ideia de que o desempenho de direção é prejudicado devido a um aumento generalizado na carga de trabalho: os motoristas podem usar essas estratégias na tentativa de diminuir as demandas operacionais, para que mais recursos estejam disponíveis a fim de permitir a continuação de tarefas duplas, o que é considerada uma explicação de domínio geral (PLATTEN ET AL., 2014). No entanto, uma literatura de pesquisa emergente está explorando explicações mais específicas do controle para os efeitos observados da dupla tarefa no desempenho de condução. Isso sugere que o desempenho se deteriora porque as duas tarefas compartilham componentes de processamento (BRIGGS; HOLE; LAND, 2016).

De acordo com a teoria de múltiplos recursos (WICKENS, 1984, 2002; HORREY; WICKENS, 2004) a maioria das tarefas possuem três aspectos: a modalidade sensorial, através da qual a informação é inserida para processamento, um código de processamento (codificação espacial para entrada visual, codificação verbal para entrada falada) e uma resposta (uma resposta vocal ou manual).

O ato de dirigir envolve entrada visual (visão focal para detecção de perigos e visão ambiental para manutenção de faixas), codificação de informações e respostas manuais (direção, frenagem e outras). Conversar enquanto se dirige requer entrada auditiva, codificação verbal e respostas vocais. Receber comando de voz, também requer entrada auditiva, verbal, codificação e respostas, porém estas respostas podem ser motoras e não necessariamente verbais. Portanto, em teoria, deve ser possível combinar a direção e o uso de conversas ou interação com comando de voz em um dispositivo como o GPS, no computador de bordo. No entanto, na prática, a extensa literatura de pesquisa mostra enfaticamente que conversar enquanto se dirige leva a sério risco no trânsito. Isso implica que os recursos que são teoricamente atribuídos apenas à tarefa da conversa também podem ser necessários para a tarefa de dirigir, ou vice-versa, levando à competição por recursos (COLLET; GUILLOT; PETIT, 2010). Estudos sugerem que duas tarefas complexas executadas simultaneamente utilizam algum recurso limitado e compartilhado; portanto, os recursos disponíveis para executar cada tarefa são diminuídos na situação simultânea em relação a quando a tarefa é executada sozinha (NEWMAN et al., 2007). Essa interpretação é consistente com a noção de que existe uma restrição fundamental que limita a capacidade de conduzir e processar a linguagem ao mesmo tempo (JUST; KELLER; CYNKAR, 2008).

Graydon e colaboradores (2004) avaliaram o efeito de uma detecção visual simples em um cenário de direção realista gravado em vídeo. Este estudo encontrou diminuição da ativação na tarefa dupla em relação à condição de visualização passiva de tarefa única em várias áreas frontais (giro frontal superior esquerdo, giro frontal orbital esquerdo e o giro frontal inferior direito). A diminuição da ativação do córtex frontal na presença de uma tarefa visual secundária sugere uma limitação dos recursos disponíveis para o processamento da informação visual relacionada à direção, pelo menos neste caso de duas tarefas visuais, uma tarefa de detecção visual simples e a de visualização passiva de um motorista assistindo vídeos de trânsito realistas.

Just, keller e Cynkar (2008) realizaram um estudo no qual os participantes dirigiam enquanto ouviam frases de conhecimento geral e as verificaram como verdadeiras ou falsas usando botões de resposta mantidos em sua mão esquerda. O desempenho comportamental na tarefa de compreensão foi avaliado em termos de tempo de reação e precisão de resposta; o desempenho na tarefa de condução simulada foi avaliado em termos de erros de manutenção da estrada e medição do desvio lateral do carro. A tarefa de ouvir frases degradou de forma considerável o desempenho geral de direção e resultou em diminuições na ativação cortical nas áreas envolvidas no processamento espacial associado à direção. Houve um aumento geral na ativação das áreas da linguagem quando a tarefa de compreensão foi adicionada à tarefa de dirigir. Esse aumento foi proeminente nas áreas auditivas primárias e secundárias bilaterais do lobo temporal e na região da *pars triangularis* da área de Broca no hemisfério esquerdo e na região homóloga do hemisfério direito.

Os resultados do estudo de Just , keller e Cynkar (2008) reforçam que a adição de uma tarefa de escuta de sentenças diminui a ativação do cérebro associada à realização de uma tarefa de dirigir, apesar do fato de que as duas tarefas se baseiam em áreas corticais não sobrepostas (JUST et al., 2001; NEWMAN et al., 2007). Quando a tarefa de compreensão auditiva foi adicionada à tarefa de dirigir, aconteceu uma diminuição da ativação nas áreas visuais secundárias parietais e extraestriadas superiores. Essas áreas foram ativadas quando a simulação de direção foi comparada com uma tarefa de visualização passiva (CALHOUN et al., 2002). As áreas parietais que mostram uma diminuição neste estudo participam não apenas nos tipos de processamento espacial associados à direção, mas também na alocação da atenção espacial visual (RUSHWORTH; PAUS; RANNEY, 2001). A diminuição da ativação parietal na condição de dupla tarefa pode indicar tanto uma diminuição no processamento espacial associados à direção, quanto uma diminuição na atenção espacial geral. Esses achados de ativação cerebral fornecem uma explicação biológica para a deterioração no desempenho de direção que ocorre quando o motorista está envolvido em tarefas de processando de linguagem (JUST; KELLER; CYNKAR, 2008).

Diversos estudos comportamentais constataram que a dupla tarefa de conversar, seja com um telefone celular ou com um passageiro ao lado, deteriora o desempenho do motorista, desviando a atenção da tarefa de principal de dirigir (LIU, LEE, 2005; RANNEY; HARBLUK; NOY, 2005; RECARTE; NUNES, 2003; SANTOS et

al., 2005; SHINAR; TRACTINSKY; COMPTON, 2005; STRAYER; DREWS, 2007). Este desvio de atenção aponta para capacidades e recursos atencionais que, sendo limitados, devem ser distribuídos pelas duas tarefas. Esse limite de capacidade pode ser considerado uma restrição biológica que reduz a quantidade de atividade neural sistemática que pode ser distribuída por partes do córtex (JUST; KELLER; CYNKAR, 2008).

Contudo, pode ser perigoso combinar a capacidade humana especial de processar a linguagem com uma habilidade de controlar um veículo que se move rapidamente entre outros objetos, devido ao desempenho comprometido imposto por restrições cognitivas e neurais.

2.4.3.2 Imagens mentais evocadas na conversação

Com o avanço no desenvolvimento de interfaces viva-voz, de usuário em automóveis, designers e engenheiros são cada vez mais confrontados com o problema de como avaliar a carga de trabalho desses sistemas no contexto de multitarefa do motorista (DEMBERG et al., 2013). À medida que essas novas tecnologias possibilitam ao motorista a realização de tarefas complexas concomitantes à direção, a necessidade de uma maneira de projetar interfaces que gerenciem ativamente o nível de carga de trabalho se faz necessário (DEMBERG; SAYEED, 2011).

Um pré-requisito para projetar tais interfaces é a capacidade de mensuração dos efeitos de tarefas secundárias sobre a tarefa de condução primária. Exemplos de tarefas secundárias envolvendo processamento e resposta às informações complexas incluem instruções de direção como o GPS, reservas de restaurantes e voos, gerenciamento de calendário, dentre outras. Os sistemas dependem cada vez mais da interação vocal / auditiva, por exemplo a Siri, assistente virtual da marca Apple que é capaz de compreender e realizar funções que estejam relacionadas ao sistema operacional do celular usando o comando de voz (BARROS, 2021). Esses sistemas com interação de voz é amplamente utilizado no ambiente de direção, onde a tarefa veicular já demanda recursos cognitivos consideráveis do usuário (DEMBERG et al., 2013). Diversos estudos mostraram que os seres humanos, automaticamente e inconscientemente, tendem a se envolver em evocações imagéticas ao executar

tarefas com funções cognitivas de alto nível e categorização (BARSALOU, 1999), como no caso de dirigir e interagir com a Siri da Apple .

Existe evidências crescentes de que a compreensão da linguagem envolve a ativação de imagens mentais do conteúdo das declarações (BERGEN; NARAYAN; FELDMAN, 2003; NARAYAN; BERGEN; WEINBERG, 2004; RICHARDSON et al., 2003). Essa imagem pode ter conteúdo motor ou perceptivo. As imagens, tem o potencial de interferir (KASCHAK et al., 2005; RICHARDSON et al., 2003) ou facilitar (GLENBERG; KASCHAK, 2002) o desempenho real das ações ou a percepção dos objetos, dependendo da tarefa.

Bergen, Medeiros-Ward, Wheeler, Drews e Strayer (2013) sugerem que a maneira pela qual compreendemos diferentes tipos de sentença pode explicar a interferência e as consequentes dificuldades de dupla tarefa. Bergen, Lindsay, Matlock e Narayanan (2007) mostraram que determinadas palavras em uma frase podem desencadear imagens mentais para ajudar na compreensão das referidas frases. Ao usar tarefas simultâneas de compreensão de sentenças e recursos visuais de categorização, eles mostraram que sentenças que denotam movimento para cima e para baixo interferiam seletivamente na participação da capacidade de categorizar objetos na mesma parte do campo visual. Isso implica que os mesmos recursos visuais foram necessários para ambas as tarefas. Pesquisas também mostraram que, além das imagens mentais, a linguagem sobre ações pode desencadear movimento real (GLENBERG; KASCHAK, 2002) e ativação em áreas motoras do cérebro (TETTAMANTI et al., 2005).

Em situações nas quais uma conversa tem um componente visual, os referidos efeitos terão implicações para os motoristas que conversam ao dirigir. O uso da linguagem visual pode levar à criação de imagens mentais, que por sua vez pode concorrer com os recursos cognitivos necessários para percepção visual de uma cena (BRIGGS; HOLE; LAND, 2016). A sugestão de que imagens mentais e percepção visual usam recursos e áreas corticais semelhantes não é nova. Embora haja divergências sobre especificamente quais áreas do córtex visual são usadas nas imagens (D'ESPOSITO et al., 1997; FARAH, 1988), os dados de varredura cerebral identificaram que a percepção e as imagens produzem efeitos de padrões neurais semelhantes ao da ativação. Na tentativa de explicar as consequências de uma interação entre imagens e percepção visual, Craver-Lemley e Reeves (1992) argumentaram que as imagens mentais diminuem a sensibilidade às alterações de

imagens em uma exibição visual; em pesquisa realizada pelos autores, os participantes relataram persistir com a imagem apresentada a eles por até seis segundos depois que os participantes relataram ter parado a visualização. No contexto da direção, esses achados podem ter sérias consequências para a percepção de perigo. Pesquisas sobre movimentos oculares em motoristas, na realização de dupla tarefa, revelaram uma demonstração de afunilamento (do inglês, “*tunnelling*”) cognitivo e visual em tarefas com sobrecarga cognitiva (BRIGGS; HOLE; LAND, 2011; RECARTE, NUNES, 2002), podendo o motoristas não perceber perigos na periferia da pista (BRIGGS; HOLE; LAND, 2016).

2.5 Efeito da experiência em motoristas na direção de automóvel

Os acidentes de trânsito são a principal causa de morte de jovens no mundo desenvolvido. As razões que causam acidentes de trânsito são numerosas; no entanto, a maioria dos pesquisadores concorda que a falta de experiência de direção é um dos os principais fatores contribuintes (KONSTANTOPOULOS; CHAPMAN; CRUNDALL, 2010). Deery (1999) argumenta que a maior taxa de acidentes entre jovens motoristas é devido a habilidades cognitivas pobres e não devido à falta de controle do veículo. Em uma revisão, Underwood (2007) sugeriu que a eficiência da busca visual é uma das mudanças fundamentais na habilidade que marca a transição de iniciante para motorista experiente. Além disso, desatenção visual tem sido considerada como um fator contribuinte para acidentes no tráfego (CRUNDALL et al., 2003).

Underwood (2007) afirma que motoristas experientes se adaptam às estratégias de busca visual para antecipar várias demandas de diferentes condições de condução, em contraste com os jovens condutores. Em uma revisão de modelos de comportamento de dirigir, Ranney (1994) destacou que a investigação do comportamento visual de motoristas deve ser um aspecto central para mensurar a sobrecarga dos processamentos cognitivos desta categoria. A identificação de informações salientes, tanto de objetos estáticos quanto daqueles em movimento, é extremamente importante no nível estratégico da atividade, envolvendo navegação e escolha de rota, e no nível tático que envolve manobras em relação a outros veículos

a fim de evitar perigos inesperados. Falha na varredura do olhar na estrada e negligência das informações importantes para a segurança dos motoristas favorecem a colisão de veículos (RANNEY,1994).

Summala, Nieminen e Punto (1996) mostraram que os novatos tendem a olhar para a estrada em um ponto mais próximo do veículo do que motoristas experientes, sugerindo que os novatos utilizam pouco a visão periférica na direção. Se eles olham mais para os marcadores de estrada próximos ao veículo, eles têm escopo limitado para olhar para outros objetos na estrada. Os motoristas experientes são mais capazes de usar a visão periférica para dirigir; esta vantagem se deve à experiência prática, pois esta categoria de motoristas é capaz de perceber o ambiente da estrada antes, durante, depois e em ambos os lados da estrada enquanto dirigem, e se adaptam para perceber o tráfego ao redor de forma eficiente em viagens de longa distância ou de longa duração (LI et al., 2013).

Um fato indiscutível é a importância do sistema visual como um canal de entrada para as informações necessárias ao dirigir (SPIJKERS, 1992; SIVAK, 1996). Konstantopoulos, Chapman e Crundall (2010) pesquisaram instrutores de direção e motoristas aprendizes. Os resultados mostraram que os instrutores de direção tiveram número de fixações maior, menor tempo de processamento e uma varredura mais ampla da estrada em relação aos motoristas aprendizes. Essa varredura mais ampla da estrada pode ser possivelmente explicada pelo padrão de inspeção da estrada, que revelou que os instrutores de direção fixavam mais em espelhos laterais do que os motoristas aprendizes.

Em um experimento de laboratório usando sequências de vídeo, Miltenburg e Kuiken (1990) investigaram a relação entre a experiência de tráfego e as estratégias de busca visual, com resultados divergentes; eles mostraram que os motoristas experientes tinham um número maior de fixações na pista que os motoristas novatos. Allen, Schroeder e Ball (1978) encontraram diferenças entre motoristas experientes e novatos em relação à amplitude, mas não à frequência e duração dos movimentos oculares. Chapman e Underwood (1998) observaram que motoristas novatos tinham durações de fixação mais longas do que motoristas experientes, principalmente em situações perigosas. Motoristas experientes tiveram menos fixações e menor variação vertical das fixações do que motoristas novatos, caracterizando que motoristas experientes selecionaram estratégias visuais distintas de acordo com a complexidade da estrada, como aumentar a busca no meridiano horizontal a fim de fiscalizar

pedestres, carros estacionados e outras fontes de perigo potencial, criando uma janela de inspeção mais elíptica (CHAPMAN; UNDERWOOD, 1998). Para Crundall e colaboradores (2012), a experiência tende a aumentar a velocidade com que os perigos são detectados, afetando a velocidade de processamento (ou seja, duração de fixação sobre os perigos), e também modulando o comportamento dos motoristas, com redução na velocidade, por exemplo.

As estratégias dos motoristas iniciantes, por outro lado, foram consideradas inflexíveis (MOURANT; ROCKWELL, 1972; EVANS, 1991; CRUNDALL; UNDERWOOD, 1998). Os motoristas novatos apresentam padrões de fixação diferentes dos motoristas experientes, o que tem impacto nos processos de busca visual horizontal (CRUNDALL et al., 2012). A amostragem visual é baseada em processos cognitivos; os processos de amostragem dependem dos movimentos dos olhos. Os movimentos oculares são direcionados por um esquema mental individual do motorista (NEISSER, 1967), que é atualizado com informações coletadas por amostragem periférica e foveal. Para Crundall e colaboradores (2003), a extensão da atenção periférica mostrou ser dependente de fatores da cognição, como carga de processamento, que pode ser moderada por experiência de condução.

No estudo realizado por Underwood, Crundall e Chapman (2002), motoristas experientes usavam seus espelhos retrovisores mais do que novatos. Os novatos não usavam seus espelhos seletivamente, enquanto motoristas experientes direcionaram sua atenção mais para os espelhos retrovisores, onde informações sobre veículos na via adjacente estavam disponíveis. Adicionalmente, motoristas novatos e experientes aumentaram o uso do espelho retrovisor no trecho da estrada onde a mudança de faixa envolvia negociações com movimentos rápidos do tráfego na rodovia principal, mas esse aumento na seletividade foi mais proeminente nos motoristas experientes. Ainda neste estudo foi indicado que a verificação de espelhos por motoristas é reduzida à medida que a carga mental de condução aumenta.

A verificação dos espelhos laterais pode ser uma medida válida para determinar a carga cognitiva ao dirigir, pois não se trata de uma parte essencial do controle do veículo, exceto na mudança de faixa (UNDERWOOD; CHAPMAN; BOWDEN; CRUNDALL, 2002). a frequência de verificação nos espelhos também varia com a experiência do motorista, experientes os utilizam com mais frequência que os novatos. Schweigert e Bubb (2001) confirmaram haver menos fixações em espelhos e outros objetos não essenciais à medida que as demandas de direção aumentam. Com o

aumento das demandas de uma tarefa secundária, os motoristas tendem a compensar, reduzindo a frequência de olhar nos espelhos e aumentando a distância do carro à frente (RECARTE: NUNES, 2000).

Brown e Groeger (1988) descreveram a detecção de perigos como uma função conjunta da experiência e habilidade de manuseio de veículos. A experiência oferece uma oportunidade para encontrar situações perigosas que são lembradas e que subsequentemente modificam o comportamento do motorista quando circunstâncias semelhantes se apresentam. A experiência ajuda no desenvolvimento da habilidade de controle de veículos; a automatização de algumas dessas habilidades serve para liberar recursos mentais para tarefas, como vigilância na pista (BROWN; GROEGER, 1988).

Em suma, há evidências de que estratégias de busca visual são desenvolvidas à medida que o motorista ganha experiência e que essas estratégias são de grande importância para a habilidade de dirigir (FALKMER; GREGERSEN, 2001).

Esta seção abordou o conceito de ergonomia cognitiva, fundamentado na psicologia cognitiva, assim como suas implicações na tarefa veicular. Aspectos estruturais, funcionais e comportamentais do olhar estão presentes e embasaram a metodologia dos experimentos que serão apresentados a seguir. Fenômenos atencionais e sobrecarga cognitiva, bem como teorias de processamento cognitivo são importantes para a compreensão das duplas tarefas utilizadas nos experimentos. Por fim, foram apresentados alguns efeitos da experiência em motoristas na direção de automóveis para análise de como experiência prévia do motorista pode interferir nos padrões de aquisição e processamento de informação no ato de direção.

3. EXPERIMENTO 1

Dilatação da pupila como indicativo de sobrecarga cognitiva: Efeitos do uso de celular e da experiência do motorista durante a condução de automóveis em adultos jovens

3.1 Introdução

O diâmetro da pupila aumenta com o aumento do esforço mental e reflete, sistematicamente, a carga de processamento de tarefas e alocação de recursos em vários domínios do funcionamento cognitivo (BEATTY, 1982; WICKENS, 1992; STEINHAEUER; HOEKS, 1995; VERNEY et al., 2004). Beatty (1982) mostrou que as respostas pupilares são capazes de refletir as variações, em nível cognitivo, das demandas evocadas por diferentes tarefas e variações interindividuais na carga cognitiva. A dilatação da pupila é dependente de estratégias de processamento que influenciam o nível de desempenho humano em uma ampla gama de tarefas, por exemplo, de memória, linguagem, tarefas de percepção, bem como tarefas duplas (ZEKVELD; KRAMER; FESTEN, 2010). É importante ressaltar que fatores como iluminação ambiental, medicamentos, idade, dor, diabetes, sonolência, fadiga e aspectos emocionais, como a ansiedade, também têm efeitos sobre a pupila (HOLMQVIST, 2011).

O indivíduo, ao experimentar um aumento da carga de trabalho cognitiva (de vigilância ou memória de curto prazo), tem como atividade cerebral resultante uma dilatação das pupilas via sistema simpático (ANDREASSI, 2006). Estudos em ergonomia cognitiva têm confirmado que conversar ao telefone celular no modo viva-voz ou segurando o equipamento na mão interferem no mecanismo atencional e tendem a perturbar o comportamento perceptual e motor dos motoristas, produzindo riscos de acidentes (MCEVOY et al., 2005; HORREY, WICKENS, 2006; CAIRD et al., 2008). A experiência em dirigir tende a melhorar a estratégia de busca visual do motorista de acordo com a complexidade da estrada, favorecendo a percepção de perigos iminentes, bem como modulando o comportamento do motorista frente à sobrecarga cognitiva (CHAPMAN; UNDERWOOD, 1998; GRUNDALL et al., 2012).

Avanços metodológicos propostos por Klingner (2010a, 2010b) resultaram na técnica de média baseada em alinhamento temporal dos dados pupilométricos e do início das fixações, possibilitando uma análise mais acurada da sobrecarga cognitiva e minimizando os efeitos de outros fatores intervenientes, como iluminação e

contraste. Os casos de leitura de legenda em mapa e de tarefa de busca visual foram estudados por Klingner (2010a) para implementar seu método. Em particular, a tarefa de busca visual mostrou que a magnitude da resposta pupilar média em fixações longe dos alvos de busca não aumentava após o início das fixações, enquanto que nas fixações nos alvos ocorria acentuada dilatação; nestes casos, surpreendentemente, a dilatação começava aproximadamente um segundo antes do início da fixação no alvo. Uma análise subsequente separou as fixações no alvo em dois tipos: um quando cada alvo era fixado pela primeira vez (chamado de descoberta) e outro quando um alvo já tinha sido fixado antes (chamado de revisita). Somente as revisitas mostraram o início da dilatação ao menos um segundo antes do início da fixação no alvo, enquanto a dilatação das descobertas ocorre após o início das fixações, sugerindo envolvimento da dinâmica de memória nos aspectos temporais da resposta pupilar, como a lembrança do alvo previamente identificado ou planejamento do movimento sacádico para reconfirmar sua localização; nestas circunstâncias, o alcance do pico da dilatação da pupila ocorreu antes nas revisitas do que nas descobertas, após o início das fixações em ambas situações (KLINGNER, 2010a).

Em suma, a resposta pupilar reflete a soma das demandas resultantes de processamento cognitivo associadas à tarefa e em relação aos recursos disponíveis (BEATTY, 1982; JUST; GRANHOLM et al. 1996; JUST et al. 2003; FISH; GRANHOLM, 2008). A mensuração da reação do sistema nervoso autônomo no presente estudo, através do método de pupilometria, particularmente a proposta de Klingner (2010a, 2010b) adaptada para tarefa de condução de automóvel, foi utilizada para determinar o quanto a tarefa dupla de dirigir e conversar em um telefone celular, tanto com o aparelho na mão quanto em viva-voz, sobrecarrega cognitivamente os motoristas experiente e novatos durante a condução de automóvel.

3.2 Objetivo

O objetivo do presente estudo foi determinar os efeitos do uso do telefone celular (condições viva-voz e na mão) nas tarefas de atender e conversar, e da experiência do motorista, sobre a dilatação da pupila durante a condução de automóvel em adultos jovens.

3.3 Hipótese

A hipótese deste estudo foi que o uso de telefone celular para atender e conversar, nas condições na mão e viva-voz, durante a condução de automóvel, afetaria significativamente a dilatação da pupila, causando um maior pico de sua magnitude e um menor tempo para alcançá-lo, em ambos os grupos, mas mais acentuadamente no grupo de novatos.

3.4 Método

3.4.1 Participantes

Dez motoristas novatos e dez motoristas experientes, todos destros, com visão normal ou corrigidas para normal participaram do estudo. A participação de todos os voluntários foi condicionada à autorização por escrito, através do termo de consentimento livre e esclarecido, devidamente aprovado pelo Comitê de Ética da Faculdade de Ciências da UNESP – Campus de Bauru, CAAE nº 41371515.2.0000.5663.

O grupo dos novatos foi composto por cinco homens e cinco mulheres, com média de idade de 21,03 anos ($DP = 3,07$), e média do tempo em que dirigem automóveis de 2,78 anos ($DP = 2,68$). Este grupo foi composto por indivíduos com até 15.000km rodados durante a vida. O grupo dos experientes foi composto por cinco homens e cinco mulheres, com média de idade de 31,12 anos ($DP = 12$), e média do tempo em que dirigem automóveis de 11,10 anos ($DP = 6$). Os experientes eram indivíduos com mais de 30.000km rodados. Este método para quantificar a experiência dos motoristas foi adotado no estudo de Lehtonen et al. (2014), que investigou o efeito da experiência de motoristas em antecipação das fixações na curva de pistas. Lehtonen e colaboradores (2014) fundamentou a quantificação da experiência baseado em estudos de Summala, Nieminen e Punto (1996), que constataram que depois de 30.000 km, o motorista é capaz de usar sua visão periférica de forma eficaz, para a manutenção das posições na pista. Para o grupo dos novatos, foi adotado até 15.000km a fim de obter um intervalo distinto entre os grupos. A estimativa de quilometragem percorrida foi calculada através dos dados descritos pelos participantes em um formulário (anexo I), neste possui perguntas como: Tem habilitação e dirige a quantos anos? Dirige quantos quilômetros por mês?

Desta forma era realizado um cálculo de multiplicação das quilometragens mensais, pela quantidade de anos que o participante dirige.

Os critérios de inclusão para os participantes foram: (i) não possuir histórico de problemas musculares, neurológicos, posturais e locomotores; (ii) possuir acuidade visual normal ou corrigida para normal, através do uso de óculos ou lentes; (iii) possuir Carteira Nacional de Habilitação; e (v) ter idade entre 18 e 40 anos. Os dados referentes a inclusão dos participantes também foram colhidos a partir da descrição dos relatos contidos no formulário do experimento (anexo I), coube ao pesquisador realizar apenas o teste para verificação da acuidade visual (teste de Snellen - anexo V).

3.4.2 Equipamentos

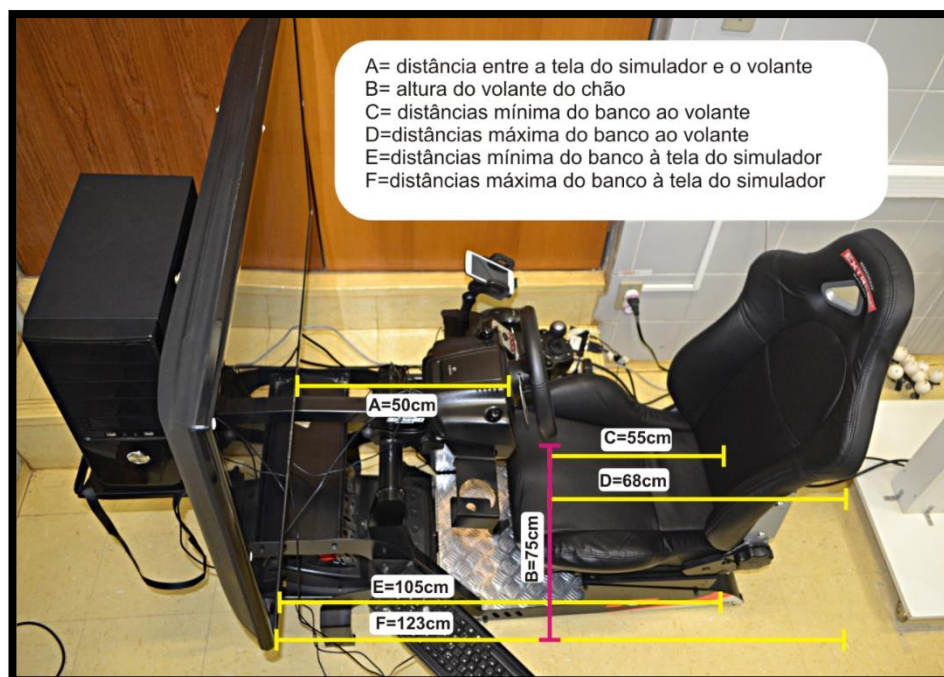
Os motoristas tiveram a cinemática de olhos mensurada com um *Eyetracker* da marca *Applied Sciences Laboratories* (ASL, modelo H6) (detalhes do *Eyetracker* no capítulo - 4.4.2), enquanto dirigiam no um simulador de direção modelo *City Car Driving* da empresa *Forward Developments*, versão 1.0, sob condições de 80-120 km/h de velocidade, luz do dia, trajetória linear e baixo nível de tráfego (Figura 18) em um *cockpit*, da marca Logitech, contendo um banco, câmbio de seis marchas, direção, pedais de acelerador, freio e embreagem e uma televisão de tela plana de 46 polegadas, conforme ilustrado na Figura 1.

FIGURA 1 – Amostras de imagens de vídeos utilizadas durante a coleta de dados: (A) imagem do olho e as coordenadas do centro da pupila e da reflexão na córnea, (B) imagem das coordenadas da linha do olhar na cana do simulador, e (C) imagem de câmera externa mostrando o ambiente da coleta.



Fonte: Carizio (2016, p.53)

FIGURA 2 - Dimensões do *cockpit*



Fonte: Carizio (2016, p.44)

3.4.3 Procedimentos

A participação de cada sujeito na coleta de dados ocorreu em um único dia. Ao chegar ao laboratório de Informação, Visão e Ação (LIVIA), o voluntário era conduzido a preencher o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE), (anexo II) e um formulário, no qual o voluntário calculava e descrevia qual é sua condição de motorista (experiente ou novato), hábitos de dirigir utilizando o celular, além de dados pessoais. Ao término do preenchimento, o voluntário era posicionado de pé para realizar o teste de Snellen (anexo V). Trata-se de um teste de visão para medir o valor de acuidade visual, que é a medida da resolução visual/capacidade para discriminar detalhes. A acuidade visual normal em humanos está na faixa de 20/25 a 20/20 (SALOMÃO, 2007). O procedimento do teste é bastante simples, o indivíduo é colocado em uma distância de 1,80m da figura do teste de Snellen (anexo V) impressa em uma folha A4 e o indivíduo tem que soletrar as letras conforme indicadas pelo aplicador do exame, por três vezes, primeiramente tapando o olho esquerdo, na segunda vez tapando o olho direito e na terceira vez sem tapar os olhos. Se o indivíduo soletrar até a linha sete (correspondente à acuidade 20/25) ou oito (20/20) em cada vez, sua visão é saudável, dentro da normalidade.

Após os procedimentos prévios, os participantes eram conduzidos à sala com o simulador de direção. Dava-se assim início à etapa de familiarização com os equipamentos. Nessa etapa, o participante se acomodava no *Cockpit*, ajustava a distância e a inclinação da poltrona; e após a acomodação, as instruções das tarefas eram fornecidas. Em seguida, acontecia a familiarização com o celular (por um minuto); o participante atendia o celular tanto no modo segurando na mão direita, como no viva-voz, aprendia a destravar a tela do celular e também se familiarizava com o toque sonoro do aparelho. Após esse período, acontecia a familiarização com o Cockpit, onde o participante aprendia os mecanismos básicos: como ligar o carro, como retirar o freio de mão, e como acionar as marchas (por um minuto). Por fim, acontecia a familiarização com o simulador de direção com duração total de oito minutos. O cenário era exatamente igual ao do experimento.

Passada a familiarização com os equipamentos, ocorria a calibração dos sistemas de rastreamento dos olhos. O equipamento era acoplado à cabeça do participante por meio de um tipo de capacete, em que a lente frontal é usada para

captar a imagem do olho por reflexão. Após a calibração, o experimento iniciava. Os participantes que usavam corretor ocular (óculos ou lentes) para dirigir em situação real, também o utilizavam no experimento.

Todos os participantes foram orientados a dirigir a uma velocidade entre 80 e 120km/h, em todas as tarefas, mantendo a simulação mais próxima do real, pois tratava-se de uma rodovia com pista dupla com quatro faixas cada. A primeira tarefa foi a condição controle. Nessa tarefa, o participante dirigia durante 4 minutos, e foi gravado o comportamento dos olhos e registrados também o movimento da cabeça. Com uma câmera externa, foi registrado o comportamento do participante frente à tarefa. Após a condição controle, foi verificada a calibração do *Eyetracker*. Sempre que necessário, a calibração foi refeita entre as tarefas.

3.4.3.1 Tarefa

Os participantes foram submetidos a três condições experimentais: CON (controle, dirigir sem conversar ao celular, com as duas mãos no volante), MAO (dirigir e falar ao celular segurando o aparelho com a mão direita, mantendo a esquerda no volante) e VIV (dirigir e falar ao celular no modo viva-voz, com as duas mãos no volante), conforme descritas na Tabela 1.

TABELA 1 - Descrição das condições experimentais

Condições	Controle (CON)	Celular na mão (MAO)	Celular no viva-voz (VIV)
Grupo Experiente (mais de 30.000km)	Dirigir	Atender ao celular segurando na mão e responder às perguntas.	Atender ao celular no modo Viva-voz e responder às perguntas.
Grupo novatos (até 15.000km)	Dirigir	Atender ao celular segurando na mão e responder às perguntas.	Atender ao telefone móvel no Viva-voz e responder as perguntas s.

Fonte: Carizio (2016, p.49)

Na condição MAO, os participantes foram orientados a dirigirem naturalmente, seguindo as leis nacionais de trânsito, e, ao toque do celular, devidamente acoplado em um suporte à direita do volante (Figura 1), deveriam pegá-lo com a mão direita e responder sete perguntas simples, com conteúdo sobre o nome do participante, de

seus pais, o que gosta de fazer nos momentos de lazer, o conteúdo das conversas estão descritos na Tabela 2. Os roteiros de conversas foram randomizados para as condições MAO e VIV.

Na condição VIV, similarmente à condição MAO, o participante era orientado a dirigir normalmente, e, ao toque do celular, atendê-lo preso ao suporte (Figura 2). Depois de atender, deveria conversar mantendo as duas mãos no volante, e responder brevemente às perguntas. A ordem das condições foi randomizada para evitar possíveis problemas de ordem, tais como aprendizagem, adaptação e fadiga. Uma única tentativa foi gravada para cada condição, com duração de, em média, quatro minutos cada.

TABELA 2 - Roteiros das conversas

Roteiro da conversa 1	
1-	Alô, quem está falando?
2-	(nome do participante), qual seu endereço?
3-	Quantos anos você tem?
4-	Você estuda? O quê?
5-	Você trabalha? No quê?
6-	O que pretende fazer nas férias?
7-	Do que tem mais medo?
8-	(nome do participante), obrigada por participar!
Roteiro da conversa 2	
1-	Alô, quem está falando?
2-	(nome do participante) Você tem irmãos ou é filho único?
3-	Se sim, qual o nome deles?
4-	Qual o nome de seus pais?
5-	O que você mais gosta de fazer nos momentos de lazer?
6-	Você sabe cozinhar? Qual sua comida predileta?
7-	Você gosta mais de frio ou de calor? Por quê?
8-	(nome do participante), obrigada por participar!
Roteiro da conversa 3	
1-	Alô, quem está falando?
2-	(nome do participante), você tem animal de estimação?
3-	Se sim qual o nome dele(s)?
4-	O que você gosta de assistir na TV? Por quê?
5-	Qual sua cor predileta?
6-	Tem uma marca de roupa preferida? Qual?
7-	Se pudesse viajar de graça iria para onde? Por quê?
8-	(nome do participante), obrigada por participar!
Roteiro da conversa 4	
1-	Alô, qual seu nome?
2-	(nome do participante) O que você mais gosta de comprar?
3-	Se ganhasse na mega sena o que compraria primeiro?
4-	Gosta de ler? Se sim, qual seu livro favorito?
5-	Qual lugar de sua cidade você gosta de ir para passear?
6-	Você dorme muito? Quantas horas por dia?
7-	Você gosta de acordar cedo?
8-	(nome do participante), obrigada por participar!

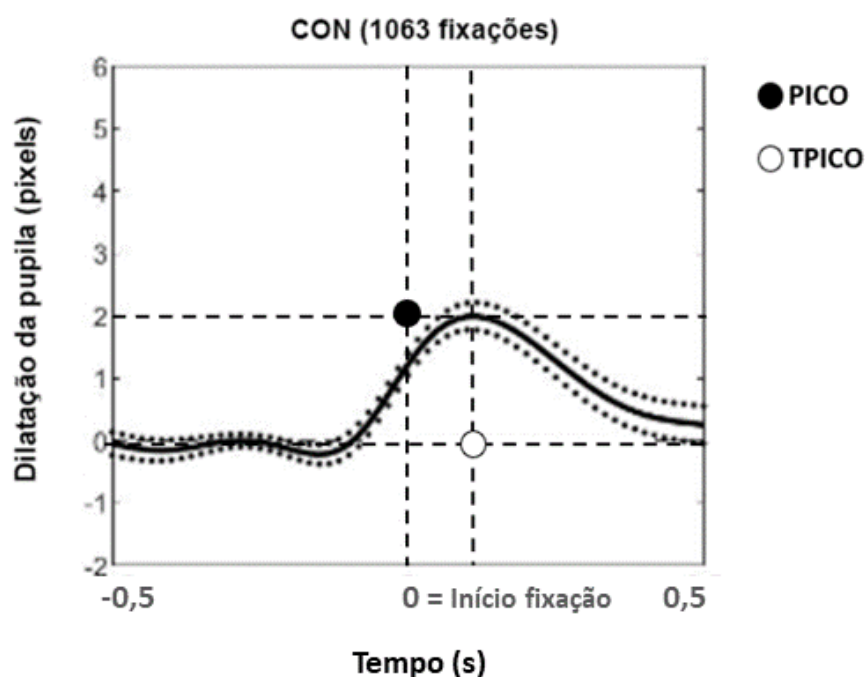
Fonte: Carizio (2016, p.50).

3.4.5 Análise dos dados

Os dados brutos referentes ao diâmetro da pupila dos participantes (frequência de 60Hz), obtidos através do sistema de rastreamento de movimentos dos olhos e cabeça (marca ASL, modelo H6), foram combinados aos dados referentes às fixações, gerados pelo *software* *ASL Results Plus*. Cada fixação foi definida através da determinação de seu início e término. O início da fixação foi definido como duas vezes o desvio padrão da posição do olhar (intervalo de confiança de 95%) menor que um grau de ângulo visual (horizontal e vertical) durante 100 ms (sete pontos de dados) e o término da fixação como três pontos de dados desviados do valor da fixação inicial por mais de um grau de ângulo visual (horizontal e vertical). Uma rotina específica foi escrita para ambiente *Matlab* para aplicar o método de média da resposta pupilar através do alinhamento temporal ao início das fixações, conforme proposto por Klingner (2010a, 2010b). Os dados do diâmetro da pupila ao longo do tempo de cada tentativa, referente a 60 segundos da tarefa de direção do automóvel, oriundos das três condições experimentais (CON, MAO e VIV) dos dois grupos experientes e novatos, foram selecionados com base no tempo de início de cada fixação detectada na respectiva tentativa, do seguinte modo: entre 500 ms antes do início da fixação e 500 ms após o início da fixação. Os dados do diâmetro da pupila selecionados de cada curva possibilitaram o cálculo de uma curva média da tentativa (e respectivos valores de erro padrão a cada ponto de dado); o número de curvas em cada condição foi equivalente ao número de fixações observadas naquela condição. Para cada curva de valores do diâmetro da pupila (relativa a cada fixação) foi estabelecida uma linha de base através do cálculo da média no período de 500 ms anteriores ao início da fixação; esta média foi subtraída de todos os valores da respectiva curva. Com o intuito de esclarecer o processo de redução dos dados, a Figura 3 mostra a curva média ($\pm$ erro padrão) da condição experimental de um participante do grupo experiente, destacando o pico da dilatação da pupila, composto, no eixo vertical, pela coordenada da magnitude do pico (círculo preenchido) e, no eixo horizontal, pela coordenada do tempo de ocorrência deste pico (círculo vazio). Os dados de cada variável dependente (pico da dilatação da pupila e tempo para o pico da dilatação da pupila) foram submetidos à análise de variância (ANOVA) de Grupo (experiente, novato), por Condição (CON, MAO, VIV), com medidas repetidas no segundo fator. O nível de significância adotado foi de 0,05 para todas as análises. Comparações aos pares

(*post-hoc*) foram realizadas através do Teste LSD de Tukey. Ajustes de probabilidade de Bonferroni e ajustes de graus de liberdade de Greenhouse-Geisser foram utilizados conforme necessário (MAXWELL; DELANEY, 1990). Foram utilizados os *softwares* Matlab (*The Matworks Inc.*, 2010 – versão 7.10.0.499) para cálculo de variáveis e SPSS (SPSS Inc., 2008 - versão 17.0.1) para as análises estatísticas necessárias.

FIGURA 3 – Curva média ($\pm$ erro padrão) do pico de dilatação da pupila (PICO) e tempo para o pico de dilatação da pupila (TPICO) registrado na condição controle (CON) em um motorista experiente.



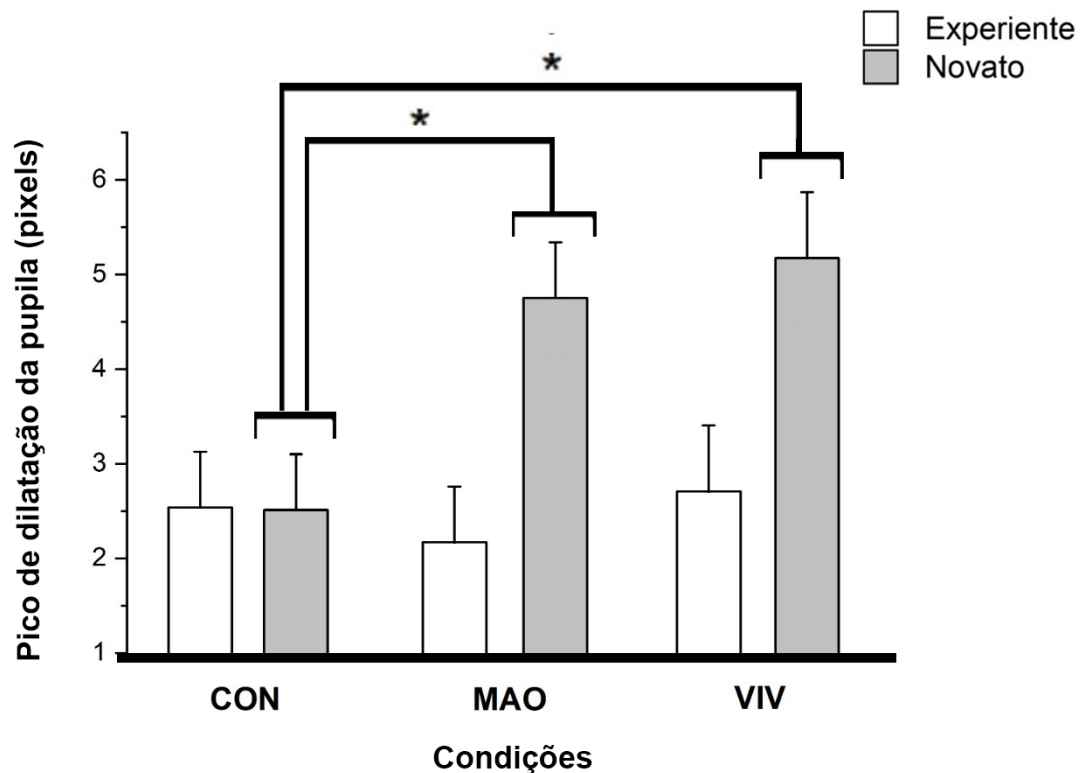
Fonte: Elaborada pela autora

3.5 Resultados

O pico de dilatação da pupila foi significativamente afetado pela condição, $F(1,8, 31,6) = 3,64$, $p = 0,043$. A análise *post-hoc* revelou que nenhuma comparação entre os pares de condições alcançou significância. Adicionalmente, o pico de dilatação foi afetado significativamente pelo fator grupo, $F(1, 18) = 6,91$, $p = 0,017$, com experientes apresentando pico de dilatação menor ($M = 2,46$, $EP = 0,45$) do que

novatos ($M = 4,13$, $EP = 0,45$). O pico de dilatação foi também afetado significativamente pela interação grupo por condição, $F(1,8, 31,6) = 3,80$, $p = 0,038$. A análise *post-hoc* da interação grupo por condição revelou, somente entre os novatos, aumento significativo da dilatação da pupila na condição MAO ($M = 4,74$, $EP = 0,58$), e na condição VIV ($M = 5,16$, $EP = 0,69$), em relação à condição CON ($M = 2,50$, $EP 0,58$), $ps = 0,006$ e $0,007$, respectivamente, conforme mostra a Figura 4.

FIGURA 4 – Média ($\pm$ erro padrão) do pico de dilatação da pupila (pixels) registrado nas condições controle (CON), com celular na mão (MAO) e viva-voz (VIV) pelos grupos de experientes e de novatos. * $p < 0,05$.

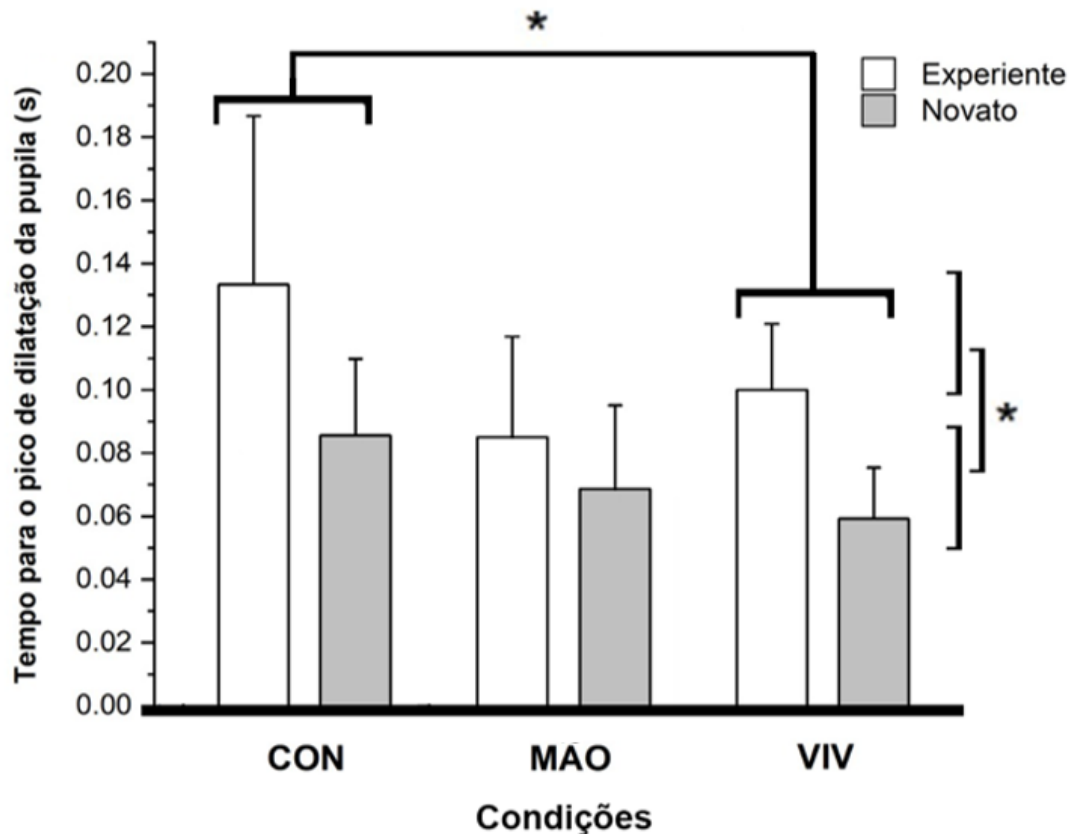


Fonte: Elaborada pela autora

O tempo para o pico de dilatação da pupila foi significativamente afetado pela condição, $F(1,4, 24,6) = 7,00$, $p = 0,008$. A análise *post-hoc* revelou que o tempo para o pico de dilatação da pupila foi significativamente maior na condição CON ($M = 0,109$, $EP = 0,009$) do que na condição VIV ($M = 0,080$, $EP = 0,004$), $p = 0,009$. Adicionalmente, o tempo para o pico de dilatação foi significativamente maior para o grupo de experientes ($M = 0,10$, $EP = 0,01$) do que para o grupo de novatos ($M = 0,07$,

$EP = 0,01$), $F(1, 18) = 17,29$, $p = 0,001$ (Figura 5). A interação grupo por condição não afetou significativamente o tempo para o pico de dilatação da pupila.

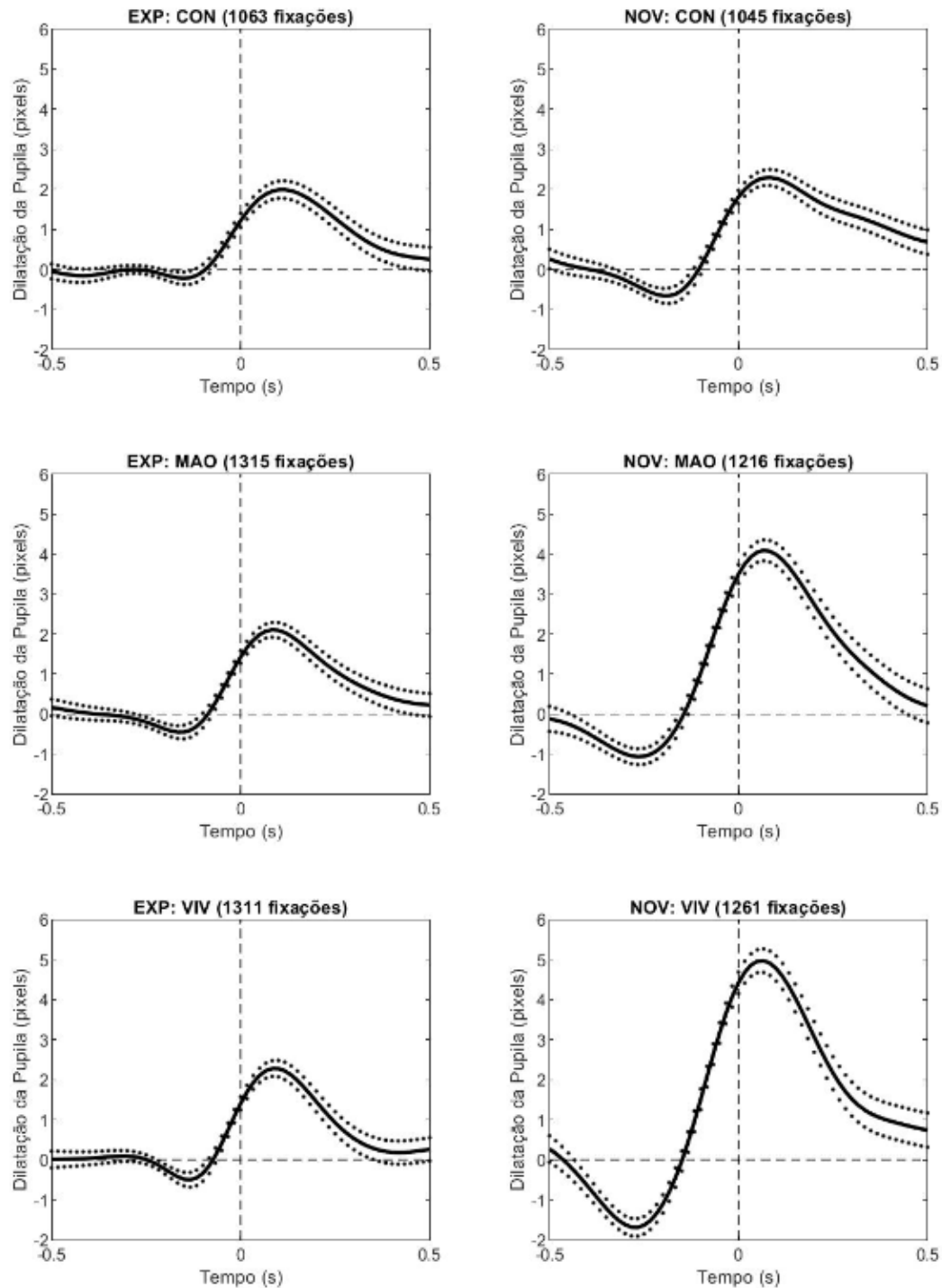
FIGURA 5 – Média ($\pm$ erro padrão) do tempo para o pico de dilatação da pupila (segundos) registrado nas condições controle (CON), com celular na mão (MAO) e viva-voz (VIV) pelos grupos de experientes e de novatos. * $p < 0,05$.



Fonte: Elaborada pela autora

A Figura 6 mostra as médias das séries temporais da dilatação da pupila, alinhadas temporalmente com o início de todas as fixações (0,5 segundo anterior e 0,5 segundo posterior) ocorridas durante a execução da tarefa em cada condição experimental de ambos os grupos. A maior magnitude do pico de dilatação pupilar e o menor tempo para alcançar o pico de dilatação da pupila no grupo dos novatos, em relação ao grupo dos experientes, ilustram as diferenças estatísticas descritas anteriormente. Cabe registrar que, para todas as condições e ambos os grupos, o início da dilatação da pupila (o instante no qual os valores se tornam positivos) antecede brevemente o início das fixações (o valor zero no eixo temporal).

FIGURA 6 – Média (linha contínua) e $\pm$ erro padrão (pontos) da dilatação da pupila (pixels) em função do tempo, registrados nas condições controle (CON), com celular na mão (MAO) e viva-voz (VIV) pelos grupos de experientes (EXP) à esquerda, e novatos (NOV) à direita.



Fonte: Elaborada pela autora

3.6 Discussão

O objetivo deste estudo foi determinar os efeitos do uso do telefone celular (condições viva-voz e na mão) nas tarefas de atender e conversar, e da experiência do motorista, sobre a dilatação da pupila durante a condução de automóvel em adultos jovens.

A hipótese testada foi que o uso de telefone celular para atender e conversar, nas condições na mão e viva-voz, durante a condução de automóvel, afetaria significativamente a dilatação da pupila, causando um maior pico de sua magnitude e um menor tempo para alcançá-lo, em ambos os grupos, mas mais acentuadamente no grupo de novatos. De modo geral, os resultados confirmam esta hipótese, principalmente com relação à magnitude do pico da dilatação pupilar. As explicações sobre as características das respostas pupilares como indicativas de sobrecarga cognitiva decorrente do uso de celular durante a condução de automóvel por motoristas experientes e iniciantes serão discutidas a seguir.

Pico de dilatação da Pupila

A hipótese do estudo presumia que tanto os efeitos principais de condição e de grupo alcançariam significância, quanto a interação grupo por condição. Com relação à variável pico de dilatação da pupila, a hipótese foi confirmada para o efeito de grupo e para interação grupo por condição; apesar do efeito de condição alcançar significância na análise de variância, a análise *post-hoc* não mostrou nenhuma comparação significativa entre os pares de condições, o que indica, em uma interpretação mais conservadora, que, na média do delineamento proposto, o pico de dilatação não diferiu entre as condições experimentais. No entanto, de modo geral, os resultados dão sólido suporte, por um lado, à interpretação segundo a qual a sobrecarga cognitiva dos experientes foi significativamente menor do que a dos novatos e, por outro lado, à interpretação de que somente os novatos tiveram sobrecarga cognitiva significativamente maior quando usavam o celular para atender e conversar, nas condições MAO e VIV enquanto dirigiam, em comparação à situação controle sem uso de celular. A magnitude do pico de dilatação da pupila dos novatos, e portanto sua sobrecarga cognitiva, foi aproximadamente 40,5% menor quando não

conversavam ao celular (condição CON) do que quando conversavam (condições MAO e VIV).

Estudos comportamentais (BARSALOU, 1999; BERGEN; CHANG; NARAYAN, 2004; BERGEN; NARAYAN; FELDMAN, 2003; NARAYAN; BERGEN; WEINBERG, 2004; BERGEN, et al., 2007) apontam que determinadas palavras com referências imagéticas em uma frase pode levar à ativação automática e inconsciente de imagens mentais correspondentes ao conteúdo do enunciado. Tais imagens, que podem ser de natureza motora ou perceptiva, têm o potencial de interferir (KASCHAK et al., 2005; RICHARDSON et al., 2003) ou facilitar (GLENBERG; KASCHAK, 2002) o desempenho real das ações ou a percepção dos objetos, dependendo da tarefa. Demberg e colaboradores (2013), em um estudo com direção simulada, analisaram uma tarefa de direção em alta velocidade. Os resultados mostraram que esta tarefa não gerou efeito significativo no diâmetro da pupila; no entanto, quando adicionaram uma tarefa de processamento linguístico concomitante ao ato de direção, um aumento significativo no diâmetro da pupila foi observado.

Nas condições MAO e VIV do presente experimento, os participantes dirigiram e conversam em um telefone celular, segurando na mão e no viva-voz. Estas tarefas de conversação geraram maior carga de trabalho cognitiva somente no grupo dos novatos, refletida em seus resultados de dilatação pupilar. Esta sobrecarga cognitiva da tarefa de conversar e dirigir pode ser explicada pela teoria dos múltiplos recursos de Wickens (2002), segundo a qual duas tarefas que exigem processamento da mesma dimensão, por exemplo percepção e decodificação visual, podem interferir umas nas outras, sobrecarregando o sistema. De acordo com Barsalou (1999), a conversação tende a evocar imagens mentais para facilitar a linha de raciocínio dos participantes da conversa e estes momentos de evocação imagética tendem a perturbar a interpretação visual da cena na condução de automóvel, podendo levar ao fenômeno de “olhar e não ver” descrito por Briggs, Hole e Land (2016). Estas explicações podem ser confirmadas por achados de Strayer e Johnston (2001), que constataram que o ato de dirigir e conversar a um telefone celular fez com que os participantes perdessem mais sinais de trânsito do que quando estavam dirigindo sem a distração causada pelo uso do telefone celular. Similarmente, McCarley et al. (2004) observaram que conversas ao telefone celular interferem na detecção de cenas de tráfego.

Há fortes evidências (HESS, 1964; KAHNEMAN, 1973; BEATTY; WAGONER, 1978; BEATTY, 1982 ; JUST; CARPENTER, 1993) que corroboram os resultados do presente experimento, mostrando que a dilatação da pupila está intimamente relacionada à demanda de recursos das atividades cognitivas. Beatty (1982) realizou uma revisão de literatura com foco nas respostas pupilares evocadas por tarefas; os estudos confirmaram a relação observada no presente estudo entre as mudanças no tamanho da pupila e carga de trabalho cognitiva.

Kahneman e Beatty (1966) encontraram uma relação linear entre a dilatação da pupila e a carga de trabalho cognitiva em uma tarefa de processamento de informação de curto prazo, os pesquisadores descobriram que o diâmetro da pupila pode ser usado como uma métrica implícita da carga de trabalho cognitiva (HALVERSON et al., 2012). Pesquisadores investigaram a relação entre o diâmetro da pupila e a carga de trabalho cognitiva em uma tarefa que exige alta habilidade, como simulação de direção de automóvel (KUN et al., 2012; PALINKO; KUN, 2011). Controladores de tráfego aéreo exibiram maior diâmetro da pupila em resposta ao aumento da complexidade da tarefa (AHLSTROM; FRIEDMAN-BERG, 2006).

Recentemente, a pupilometria tem sido aplicada em estudos de direção para mensurar a carga de trabalho cognitiva de motoristas. Em ambientes altamente controlável, como simuladores de direção, os resultados são consistentes e mostram que o diâmetro da pupila é sensível a mudanças na carga de trabalho cognitiva (EDIRISINGHE, 2017; PALINKO; KUN; SHYROKOV, 2010), porém alguns pesquisadores acreditam que a dilatação da pupila não discrimina entre a carga de trabalho cognitiva e visual (MARQUART; CABRALL; WINTER, 2015).

Outras vias sensoriais podem estar envolvidas na sobrecarga cognitiva. Tsai e colaboradores mostraram que o diâmetro da pupila aumentou em motoristas ao realizarem uma tarefa auditiva enquanto dirigiam (TSAI et al., 2007). Este tipo de evidência corrobora os resultados do presente experimento, pois o ato de conversar ao celular nas condições MAO e VIV requer processamento auditivo, que resultou em aumento do pico de dilatação pupilar nas condições de conversa.

Em estudo em ambiente natural, realista realizado por Nunes e Recarte (2002), participantes dirigiram um carro equipado com um telefone viva-voz e realizaram várias tarefas cognitivas enquanto dirigiam, dentre elas conversar com o passageiro ao lado. Os dados não sugeriram diferenças entre a conversa ao vivo e as tarefas de conversas no telefone celular. Conversas triviais parecem inócuas e,

consequentemente, o esforço subjetivo das tarefas ao telefone celular foi classificado como baixo; as demais tarefas foram avaliadas como mais exigentes e, aparentemente, reproduziram as mudanças esperadas no comportamento da busca visual, conforme estudo anterior que mostrou dilatação pupilar, concentração espacial do olhar e fixações oculares mais longas (RECARTE; NUNES, 2000). Vale ressaltar, no entanto, que no presente experimento foi detectado aumento do pico de dilatação da pupila apenas nos motoristas novatos e nas condições de conversação por meio de um telefone celular.

Para um motorista novato “apenas conversar” enquanto dirige, de acordo com os atuais achados, gera sim uma sobrecarga cognitiva, diferentemente do grupo dos experientes. Isso pode ser explicado pelo fato das habilidades sensório motoras envolvidas em dirigir um carro ainda não estarem suficientemente acuradas; quando as habilidades estão automatizadas, é exigido do indivíduo menos processamento cortical, consequentemente possibilitando a realização de tarefas duplas sem prejuízos para ambas (STERNBERG, 2000). A “focalização dos recursos atentos pode ser ajustada conforme a área dos estímulos a serem processados, atuando desta forma como uma lente de aumento” (ROSINI; GALERA, 2008, p. 154). Adicionalmente, observa-se que os recursos de processamento desta “focalização” são limitados (ANDERSON, 2000). Particularmente, no ato de dirigir e falar ao celular, o motorista tem que elencar quais aspectos da cena são mais importantes para focar, em detrimento dos demais estímulos visuais. Dessa forma, podem-se perder informações importantes da cena do tráfego.

Neste experimento o grupo dos experientes teve o pico de dilatação da pupila por volta de 40% menor do que os novatos. Isto pode ser explicado em parte pela teoria da automação de Sternberg (2000), que ressalta que os motoristas experientes são capazes de utilizar atenção dividida, possibilitando o desempenho de duas tarefas ao mesmo tempo (SOHLBERG; MATTER, 2009; SARTER; GIVENS; BRUNO, 2001); para que aja a referida divisão dos recursos de maneira eficiente, uma das tarefas deve estar automatizada para que sobre recursos cognitivos para uma segunda tarefa consciente (LIMA, 2005; VOLLRATH; CLIFFORD; HUEMER, 2021) que, no caso do presente experimento, foi a conversação. Portanto, para os motoristas novatos a conversação simultânea à direção exigiu processamento cognitivo para ambas as tarefas, enquadrando-se na categoria de atenção alternada. A atenção alternada é

marcada pela flexibilidade mental de mudança do foco atencional, ora engajando em uma tarefa ora em outra (SOHLBERG; MATEER, 2009; LIMA, 2005).

Tempo para o pico de dilatação da pupila

Com relação à variável tempo para o pico de dilatação da pupila, a hipótese deste estudo também foi confirmada parcialmente. O esperado efeito de condição foi observado, mas somente com o tempo para o pico de dilatação da pupila na condição viva-voz sendo significativamente menor que a condição controle. Adicionalmente, o efeito de grupo foi confirmado, com o pico da dilatação dos experientes ocorrendo após o dos novatos. Entretanto, a interação grupo por condição não alcançou significância para esta variável. Diferentemente da variável magnitude do pico de dilatação, o tempo para alcançá-lo parece caracterizar aspectos dependentes da dinâmica de memória e de experiência (KLINGNER, 2010a); como a inspeção visual da Figura 6 mostra, a dilatação da pupila teve início antes do início das fixações (tempo zero) em todas as condições de ambos os grupos, mas esta variável não foi quantificada para presente análise estatística. No entanto, pode-se observar que isso ocorreu mais cedo para os novatos, o que possivelmente acarretou um pico também mais cedo em relação ao início das fixações, adicionalmente a sua maior magnitude para este grupo. Assim, seria possível especular que o planejamento dos movimentos sacádicos, as incertezas do controle do olhar e o esforço relativamente maior para os iniciantes realizarem a tarefa de dirigir (e particularmente quando estes conversavam ao celular) foram mais custosos do ponto de vista da sobrecarga cognitiva, gerando início da dilatação da pupila antecipado e pico de maior magnitude, com menor tempo para alcançá-lo entre os novatos. O tempo para o pico de dilatação na condição VIV foi por volta de 70% menor do que na condição CON em ambos os grupos; para participantes novatos alcançarem o pico de dilatação da pupila, gastaram um tempo 30% menor que os experientes.

Menos tempo para alcançar o pico de dilatação pode indicar mais esforço cognitivo que o indivíduo empregou para a realização de uma tarefa. Na condição VIV este tempo foi menor do que na condição CON, independentemente de grupo, constatando a complexidade da tarefa em simplesmente conversar com as mãos livres e dirigir. Estudos apontam que dependendo do tipo de conteúdo de uma

conversa a conversação pode favorecer a evocação de imagens mentais, do teor das declarações, para auxiliar na compreensão da linguagem (BERGEN; NATAYAN; FELDMAN, 2003; NARAYAN; BERGEN; WEINBERG, 2004), estudos também apontaram que se o conteúdo da conversa for sobre ação e movimentos, como “vire à direita, levante o objeto...” a conversação pode favorecer a ativação de áreas motoras corticais (TETTAMANTI et al., 2005), podendo desencadear movimentos reais (GLENBERG; HASCHAK, 2002), esses processos cognitivos de decodificação da linguagem juntamente com o ato de dirigir podem sobrecarregar o sistema (WICKENS, 2002) favorecendo a ocorrência de lapsos (STERNBERG, 2000) ou erros na condução veicular.

Para a variável pico de dilatação da pupila também foi encontrado efeito significativo de grupo, sendo maior para o grupo dos experientes. Este achado era esperado devido a expertise sensorio motora do motorista experiente que, com a automatização da tarefa de dirigir (BROWN; GROEGER, 1988; STERNBERG, 2000) sobra recursos de processamento para a segunda tarefa de conversação, desta forma o sistema não é sobrecarregado, acarretando em um tempo maior no pico da dilatação pupilar.

É interessante citar que no experimento realizado por Carizio (2016), em que foi utilizado o mesmo delineamento experimental do presente experimento, bem como os mesmos participantes, na ocasião foram analisadas outras variáveis do olhar como número de fixação, duração das fixações, localização e ângulos do olhar. De modo geral, os resultados deste estudo mostraram que o número de fixações aumentou, o tempo relativo de fixação diminuiu, a variância horizontal e vertical do olhar aumentou durante as condições de uso do celular viva-voz e na mão, comparadas à condição controle (sem conversa). Neste não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos de experientes e novatos. Este exemplo indica que a metodologia usada para análise de pupilometria cognitiva do presente experimento pode ser uma ótima alternativa para mensurar a carga de trabalho cognitiva de motoristas, juntamente com medidas do olhar: fixação (número e duração), localização e orientação do olhar. Acredita-se que o pesquisador deve lançar mão de distintas variáveis relevantes para analisar o mesmo fenômeno, enriquecendo o trabalho experimental, bem como a acurácia dos resultados.

3.6.1 Limitações e sugestões para estudos futuros

Um aspecto limitante no presente experimento foi o modelo do simulador utilizado, *City Car Driving* da empresa *Forward Developments*, versão 1.0; este não fornece *outputs* dos dados da performance do carro e nem permite a criação personalizada de cenários. Em estudos futuros o ideal seria utilizar um modelo como o *STISIM Drive® M100*, que permite a criação de cenários, modulação do comportamento de tráfego e mensuração do desempenho do carro, como: orientação do veículo na pista e mensuração da velocidade.

O número de participantes pode ser considerado uma limitação, para estudos futuros seria interessante aumentar o número nos grupos de experientes e novatos (grupos de 20 participantes são frequentes na literatura da área) a fim de obter resultados mais consistentes entre grupos e condições.

Em relação as variáveis dependentes, em estudos futuros seria interessante acrescentar variáveis da performance do carro, como: variabilidade lateral do carro na pista, velocidade média do carro e número de colisões.

3.7 Conclusões

Este experimento avaliou os efeitos do uso do telefone celular (condições viva-voz e na mão) nas tarefas de atender e conversar, e da experiência do motorista, sobre a dilatação da pupila durante a condução de automóvel em adultos jovens. Pode-se concluir que a sobrecarga cognitiva dos novatos foi significativamente maior do que a dos experientes, bem como somente os novatos tiveram sobrecarga cognitiva significativamente maior quando usavam o celular para atender e conversar, enquanto dirigiam.

Os achados do presente experimento confirmam a validade das descobertas anteriores em relação à pupilometria cognitiva, mostrando uma relação positiva significativa da dilatação pupilar com o aumento da carga cognitiva, mostrando-se um método eficaz para a mensuração de tal fenômeno.

4. EXPERIMENTO 2

Efeitos da experiência e da sobrecarga cognitiva por indução de imagens mentais em motoristas na condução de automóveis: Proposta experimental para estudo da ergonomia cognitiva

4. 1 Introdução

O ambiente interno dos automóveis e seus equipamentos apresentam uma variedade de possibilidades de ação e de desafios aos motoristas, que dependem diretamente de seu mecanismo atencional e de seu nível de habilidade frente às demandas do ambiente durante condução do automóvel. O pleno uso dos recursos tecnológicos presentes e futuros estará sempre limitado à combinação dos distintos níveis de sobrecarga cognitiva associados às subtarefas da condução em andamento a cada instante. A área de Ergonomia Cognitiva precisa conhecer profundamente a natureza dinâmica desses processos para avaliar a segurança no trânsito. Esta seção oferece uma proposta experimental para estudo da ergonomia cognitiva no contexto descrito acima, baseada no estudo de Briggs, Hole e Land (2016); estes autores se propuseram a analisar tarefas auditivas com indução de imagens mentais sobre os mecanismos perceptuais e de movimentos da linha do olhar de motoristas envolvidos na tarefa de condução de automóveis em situações de perigos centrais e periféricos. Este tipo particular de requerimento cognitivo ocorre com frequência em situações naturais de uma simples conversa com conteúdo que induzem pensar em imagens como “Onde você mora? Você irá no supermercado agora?”, bem como corresponder a comandos de voz proferidos pelo GPS como “vire à direita, siga em frente”, dentre outros dispositivos com comandos de voz disponíveis nas tecnologias e sistemas de informação de bordo (IVIS), juntamente com a tarefa de direção.

Estudos comportamentais apontam que determinadas palavras com referências imagéticas como cores, formas, tamanhos, locais, distâncias, dentre outras, introduzidas em uma frase ou um discurso, podem levar à evocação de imagens mentais correspondentes ao conteúdo do enunciado (BARSALOU, 1999; BERGEN; CHANG; NARAYAN, 2004; BERGEN, et. al., 2007; BERGEN, et. al., 2013); essas evocações imagéticas e espaciais podem compartilhar componentes de processamento visual com a tarefa principal de direção, prejudicando a aquisição

visual dos motoristas e ainda degradando o desempenho de ambas as tarefas (BRIGGS; HOLE; LAND, 2016; WICKENS 2002).

Briggs, Hole e Land (2016) estudaram quarenta e seis motoristas experientes com experiência média de seis anos de condução, a fim de avaliar o efeito da distração causada por tarefas imagéticas de mapeamento espacial na identificação de perigos na pista. Os participantes assistiram a 16 filmes de cenas de condução, sendo que oito filmes continham perigos apresentados na visão central ou periférica e oito filmes não continham riscos. Os participantes deveriam apertar um pedal de freio assim que avistassem um perigo. Metade dos participantes realizou uma tarefa cognitiva (auditiva) com indução de imagens mentais e mapeamento espacial (similar a utilizada no presente experimento) enquanto assistiam aos vídeos. Foi utilizado um rastreador ocular para medir a variável dependente variação da localização das fixações; adicionalmente, foi calculado o tempo de reação e a detecção de perigos na pista. O paradigma da investigação de Briggs, Hole e Land (2016) possui rigor e especificidade suficientes para ampliar a compreensão do fenômeno da condução de automóveis, particularmente no que diz respeito à interação entre aspectos de sobrecarga cognitiva e atividade multissensorial (verbal, auditiva, visual e motora) nos motoristas.

Riscos de acidentes de trânsito são fortemente associados às sobrecargas cognitivas em motoristas (KANTOWITZ; SIMSEK, 2001). Os tipos mais comuns de colisões envolvem a distração (KANTOWITZ, 2000), que é definida como uma situação durante a qual uma atividade explícita compete pela atenção do motorista (LEE et al., 2009). Está demonstrada uma relação direta entre sobrecarga cognitiva e a diminuição da capacidade atencional (RECARTE; NUNES, 2000). Horrey e Wickens (2006) realizaram uma meta-análise sobre o assunto e observaram um decréscimo geral na performance de motoristas devido ao acréscimo de uma segunda tarefa.

Motoristas que realizaram tarefas auditivas com indução de imagens mentais e mapeamento espacial demonstraram menor detecção de risco e maior tempo de reação à perigos detectados na pista (BRIGGS; HOLE; LAND, 2016). Tarefas que evocam imagens mentais podem interferir na atenção e na subsequente percepção dos perigos na pista (CRAVER-LEMLEY; REEVES, 1992), pois podem sobrecarregar vias de processamento visual, prejudicando a percepção visual de motoristas (WICKENS, 2002).

Medidas de rastreamento ocular, como número, duração e frequência das fixações, têm se mostrado eficazes para mensurar sobrecarga cognitiva de motoristas

em situações de múltiplas tarefas (RECARTE; NUNES, 2000, 2003; REIMER et al., 2010; UNDERWOOD; CRUNDALL, CHAPMAN, 2011; VICTOR; HARBLUK; ENGSTRÖM, 2005; YOUNG; MAHFOUD, 2008). Pesquisas sobre movimentos oculares em motoristas, em condições de sobrecarga cognitiva, identificaram um fenômeno chamado de afunilamento atencional e visual (BRIGGS; HOLE; LAND, 2011; RECARTE; NUNES, 2002). Estudos com motoristas em níveis de experiência distintos mostraram que os motoristas novatos tem um padrão de rastreamento visual restrito, olhando frequentemente para o centro da estrada em um ponto proximal ao veículo (SUMMALA; NIEMINEN; PUNTO, 1996); motoristas experientes tendem a usar a visão periférica com mais frequência (LI et al., 2013), tendo um padrão de varredura mais amplo da estrada (com mais fixações com menor tempo delas) do que motoristas novatos e, portanto, sendo menos sucessíveis ao fenômeno de afunilamento visual por sobrecarga cognitiva do que os novatos. Adicionalmente, a sobrecarga cognitiva afeta a estabilidade postural de motoristas. Estudos indicam que motoristas na realização de dupla tarefa tem menos estabilidade postural do que quando realizando somente a tarefa veicular (ISHIDA; MATSUURA, 2001; SILVA, 2018; CARIZIO, 2016).

Para a presente proposta experimental, decidiu-se recriar o estudo de Briggs, Hole e Land (2016), porém, expandindo-o, através da utilização de um simulador de direção para tornar a experiência de dirigir mais responsiva aos perigos na pista, além de acrescentar novas variáveis do olhar, de posição e orientação da cabeça, e de medidas do carro, oferecidas pelo sistema do simulador. Ao delineamento original, foram acrescentados grupos com níveis de experiência distintos (experientes e novatos). A tarefa cognitiva (auditiva) com indução de imagens mentais e mapeamento espacial foi mantida, porém ajustando-se a frequência de comandos de dois em dois segundos para quatro em quatro segundos, a fim de adequá-la aos referidos níveis de dificuldade das tarefas. Outras adequações do experimento foram feitas para melhor permitir a mensuração das variáveis dependentes propostas. Esta proposta foi inicialmente implementada através da aplicação do protocolo experimental a uma amostra reduzida de participantes, com resultados obtidos e aqui apresentados, que dão suporte ao desenvolvimento futuro do método e possível aplicação em amostras amplas, compostas por outras populações com características de interesse particulares, tais como deficiências visuais, doenças associadas, entre outras.

4.2 Objetivos

4.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste estudo foi analisar os efeitos da experiência, da sobrecarga cognitiva causada por tarefa auditiva com indução de imagens mentais e mapeamento espacial, e da localização do risco central ou periférico sobre o comportamento perceptual e motor de motoristas envolvidos na tarefa de condução de automóvel.

4.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste estudo foram:

- a) Determinar os efeitos da experiência, da sobrecarga cognitiva e da localização do risco sobre o desempenho dos motoristas durante a condução simulada de automóveis;
- b) Determinar os efeitos da experiência, da sobrecarga cognitiva e da localização do risco sobre a estratégia de rastreamento visual dos motoristas durante a condução simulada de automóveis;
- c) Determinar os efeitos da experiência, da sobrecarga cognitiva e da localização do risco sobre a estabilidade postural dos motoristas durante a condução simulada de automóveis;

4.3 Hipóteses

A primeira hipótese deste estudo foi que a tarefa cognitiva (auditiva) com indução de imagens mentais e mapeamento espacial, concomitante à condução do automóvel, provocaria o compartilhamento de componentes de processamento visual entre a tarefa principal (condução do automóvel) e a tarefa secundária (tarefa cognitiva), prejudicando o desempenho do motorista principalmente nas condições com perigos periféricos (mulher ou cachorro atravessando a pista), em relação aos perigos centrais (frenagem de veículo à frente). Ainda, esperava-se que esse maior efeito da tarefa cognitiva para perigos periféricos seria mais forte para os motoristas

novatos do que para experientes. A segunda hipótese do estudo foi que a estratégia de rastreamento visual dos motoristas novatos seria menos eficiente (menor número de fixações com maiores durações) do que a dos experientes nas condições com tarefa cognitiva, principalmente as com perigos periféricos. A terceira hipótese do estudo foi que os novatos teriam menor estabilidade postural do que os experientes, mostrando maiores variações de posição e rotação da cabeça, principalmente nas condições com tarefa cognitiva.

4.4 Método

4.4.1 Participantes

Participaram deste experimento seis motoristas novatos, de 20 a 27 anos, com média de idade de 22,13 anos ($DP = 2,26$) e média de quilômetros rodados durante a vida de 7.000,00 Km ($DP = 5.985,00$), dentre estes apenas um participante nunca tinha dirigido em um simulador de direção; e cinco motoristas experientes, de 26 à 40 anos, com média de idade de 34,08 anos ($DP = 5,61$) e média de quilômetros rodados durante a vida de 208.200 Km ($DP = 133.833$), dentre estes apenas um participante tinha dirigido em um simulador de direção. Todos participantes possuíam visão normal ou corrigidas para normal. A participação de todos os voluntários foi condicionada à autorização por escrito, através do termo de consentimento livre e esclarecido, devidamente aprovado pelo Comitê de Ética da Faculdade de Ciências da UNESP – Campus de Bauru, CAAE nº 33460920.9.0000.5663.

O grupo dos novatos foi composto por motoristas com até 15.000km rodados durante a vida e o grupo dos experientes por motoristas com mais de 30.000km rodados (LEHTONEN et al., 2014; SUMMALA; NIEMINEN, PUNTO, 1996). A estimativa de quilometragem percorrida foi realizada através dos dados descritos pelos participantes no formulário pré-coleta (anexo III), em que neste possui perguntas como: dirige quantos quilômetros por semana e há quantos anos? Desta forma era realizado um cálculo de multiplicação das quilometragens semanais, pela quantidade de anos que o participante dirige.

Os critérios de inclusão para os participantes foram: (i) não possuir histórico de problemas musculares, neurológicos, posturais e locomotores; (ii) possuir acuidade

visual normal ou corrigida para normal, através do uso de óculos ou lentes; (iii) possuir acuidade auditiva normal; (iv) possuir Carteira Nacional de Habilitação; e (v) ter idade entre 18 e 40 anos. É importante ressaltar que o pesquisador realizou apenas o teste para verificação da acuidade visual (teste de Snellen - anexo V), o restante dos dados foram coletados a partir da descrição dos participantes no formulário pré-coleta (anexo III).

4.4.2 Equipamentos

Para mensurar o comportamento do olhar e da cabeça foi utilizado um sistema de análise dos movimentos dos olhos denominado *Eyetracker*, da marca *Applied Sciences Laboratories* (ASL, modelo H6), com a opção de integração de dados olho-cabeça (Figura 7). Esse sistema tem acurácia de 1° de ângulo visual, é monocular (olho esquerdo), e age detectando a posição da pupila e da reflexão da córnea (uma pequena fonte de luz quase-infra-vermelha refletida na superfície da córnea) numa imagem de vídeo do olho.

FIGURA 7 – *Eyetracker* com o sensor de cabeça

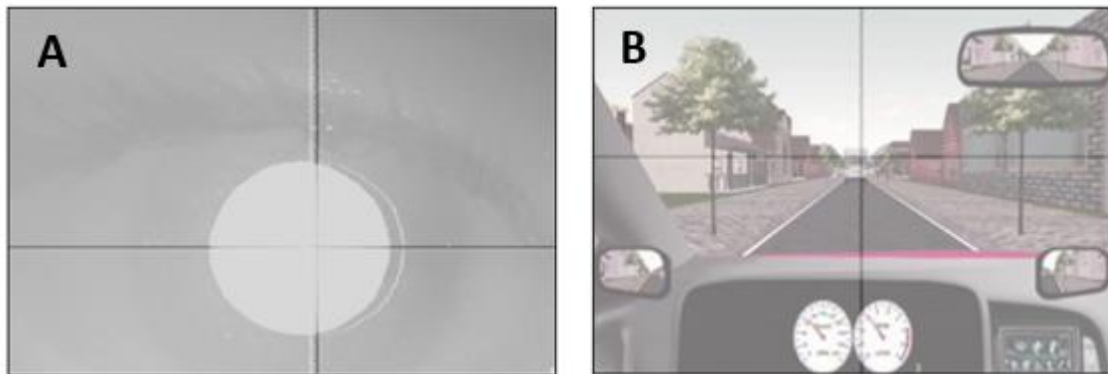


Fonte: Elaborada pela autora

No *Eyetracker* (Figura 8), há duas micro câmeras: uma que registra o olho do sujeito (Figura 8A) e outra que filma diretamente a cena que o sujeito está vendo (Figura 8B). Na imagem da câmera do olho, as posições relativas da pupila (branco)

e da reflexão na córnea de uma fonte de luz aplicada coaxialmente ao eixo de filmagem da câmera do olho (preto) são identificadas em tempo real por um *software* da marca ASL, com base nos seus distintos níveis de contraste.

FIGURA 8 – A: Imagem do olho registrada em vídeo pelo *Eyetracker* através do *software* ASL. B: Imagem das coordenadas X e Y (localização do olhar na cena) registrada pelo *Eyetracker* através do *software* ASL.



Fonte: Elaborada pela autora

Os centróides da pupila e da reflexão na córnea são processados e suas coordenadas horizontais e verticais (em unidades de vídeo) são utilizadas para determinar a linha do olhar em relação ao sistema óptico do equipamento. Com base na posição da linha do olhar e em informações oriundas do procedimento de calibração, o sistema gera um cursor a cada quadro de imagem da câmera da cena (Figura 8B), para mostrar onde o sujeito está olhando naquele instante (RODRIGUES, 2001). Este sistema possui um sensor magnético que mensura posição e orientação tridimensionais da cabeça (Figura 7), possibilitando a integração dos dados entre olhos e cabeça. Os dados foram registrados em formato numérico e a frequência de aquisição de dados foi de 60 Hz.

Para realização do experimento foi utilizado um *Cockpit*, da marca Logitech, contendo um banco, câmbio de seis marchas, direção, pedais de acelerador, freio e embreagem e uma televisão de tela plana de 46 polegadas, conforme ilustrado na Figura 9.

FIGURA 9 - Cockpit (Logitech)



Fonte: Elaboradas pela autora

O simulador de direção utilizado foi o *STISIM Drive*® M100. Esse simulador permite várias possibilidades de cenários, comportamento de tráfego e mensuração do desempenho do carro, como orientação do veículo na pista e mensuração da velocidade. O cenário para o presente estudo foi uma via urbana de mão única e clima ensolarado no período da manhã.

Os sistemas descritos foram sincronizados para possibilitar a análise integrada dos dados. Além dos softwares de cada sistema, foram utilizadas rotinas do software *Matlab* (*The Matworks Inc.*, 2010 – versão 7.10.0.499), desenvolvidas especialmente para o presente experimento, para cálculo das variáveis de interesse; assim como o software *SPSS* (*SPSS Inc.*, 2008 - versão 17.0.1) para as análises estatísticas.

4.4.3 Descrição dos cenários do simulador de direção

Para o presente estudo foram criadas três categorias de cenários no simulador de direção, sendo: I- Sem perigo; II- Com perigo Central e III- Com perigo periférico. Para cada categoria foram criados quatro cenários distintos.

A trajetória de cada cenário continha 100 metros e representava uma via urbana com uma pista de mão única, em linha reta, ambiente diurno. Na categoria de cenários sem perigos, não existia nenhum evento que pudesse obstruir a pista, conforme mostra a Figura 10.

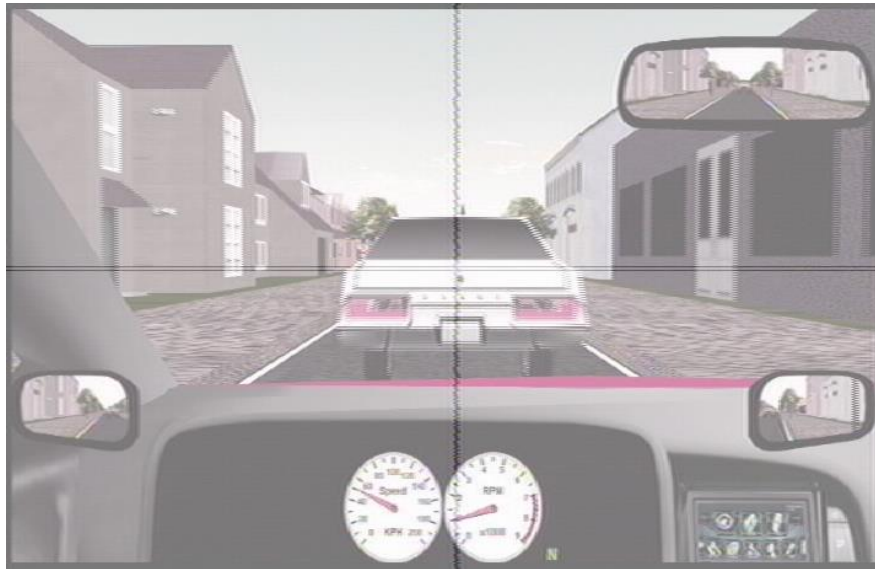
FIGURA 10 - Cenário sem perigo



Fonte: Elaborada pela autora

Na categoria de cenários com perigo central existia sempre um carro à frente do carro do participante, que freava subitamente. Existiam 4 cenários com estas condições e em cada um deles o carro freava em pontos distintos da pista (Figura 11).

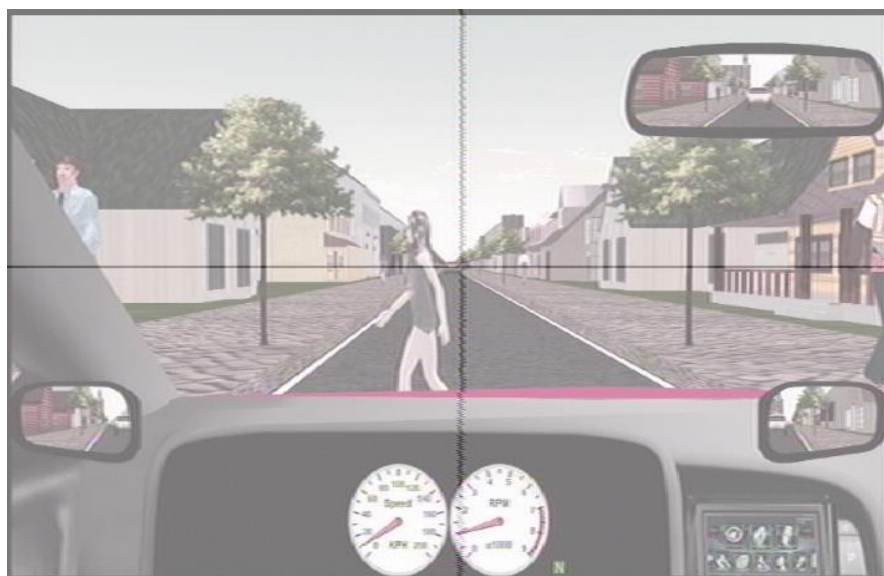
FIGURA 11- Cenário com perigo central



Fonte: Elaborada pela autora

Na categoria de cenários com perigo periférico, em dois destes existia uma mulher que atravessa a via (Figura12), ora pela direita e ora pela esquerda. Nos outros dois cenários era um cachorro que atravessa a via, ora pela direita e ora pela esquerda, em pontos distintos da pista, conforme mostra a Figura 13.

FIGURA 12- Cenário com perigo periférico: mulher



Elaborada pela autora

FIGURA 13- Cenário com perigo periférico: cachorro



Fonte: Elaborada pela autora

Para as categorias de cenários que apresentavam perigo, o evento acontecia uma só vez, fosse o carro freando à frente do carro do participante, fosse uma mulher ou um cachorro atravessando a via.

4.4.4 Procedimentos

A contribuição de cada participante aconteceu em um único dia, com duração aproximada de 60 min, no Laboratório de Informação Visão e Ação (LIVIA), UNESP Campus de Bauru, SP.

Ao chegar ao laboratório, primeiramente o participante respondia ao Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE) (anexo VII) e a um formulário pré-coleta (anexo III), no qual o participante descreveu a quilometragem que já dirigiu durante a vida, hábitos de dirigir e dados pessoais. Ao término do preenchimento, o voluntário foi submetido ao teste de Snellen (anexo V). Trata-se de um teste de visão para mensurar o valor de acuidade visual, que é a medida da resolução visual/capacidade para discriminar detalhes. Segundo Salomão (2007) a acuidade visual normal em humanos está na faixa de 20/25 a 20/20 (O procedimento do Teste está descrito no capítulo 3.4.3). Neste experimento foi permitido a utilização de corretores oculares;

caso o participante fizesse uso de corretores oculares (óculos ou lentes de contato) o teste de Snellen era feito com o respectivo.

Após os procedimentos prévios, os participantes individualmente foram conduzidos à sala de coleta com o simulador de direção, iniciando a etapa de familiarização com os equipamentos. Nessa etapa, o participante se acomodava no *Cockpit*, ajustando a distância e a inclinação da poltrona. Após a acomodação, as instruções das tarefas eram fornecidas, conforme descritas no anexo VI. Em seguida os participantes experimentavam os mecanismos básicos, como ligar o carro, retirar o freio de mão, e acionar as marchas, pelo tempo de um minuto. Também acontecia uma familiarização com a tarefa cognitiva (Figura 14), na qual o participante fazia somente a tarefa mental similar à tarefa que foi utilizada nas coletas, por duas vezes com duração de 2 minutos cada. Por fim, acontecia a familiarização com o simulador de direção, com duração total 4 minutos. O cenário era semelhante ao do experimento.

Findada a etapa de familiarização com os equipamentos, ocorria a calibração dos sistemas de movimentos dos olhos e cabeça (Figura 7). O equipamento (*Eyetracker*) era acoplado à cabeça do participante por meio de um tipo de capacete em que a lente frontal era usada para captar a imagem do olho por reflexão. Após a calibração, o experimento iniciava. Os participantes que utilizavam corretor ocular (óculos ou lentes) para dirigir em situação real, também o faziam no experimento.

Ao final do experimento, os participantes respondiam ao formulário pós-coleta (anexo IV), instrumento estruturado que avaliou a percepção do participante frente ao simulador e ao *Cockpit*. Este instrumento investigou os graus de similaridades e disparidades do mecanismo apresentado à situação real de direção, cenários de pista e trânsito.

4.4.4.1 Tarefa

Os participantes eram orientados a seguirem as regras de trânsito urbana, dirigir com velocidade de 60km/h e não colidir. Todas as seis condições, bem como os cenários e comandos de voz foram randomizadas sendo gravados os movimentos dos olhos, da cabeça e a performance do carro. Com uma câmera externa, era registrado o comportamento do participante frente à tarefa. Após cada condição, a

calibração do *Eyetracker* era verificada. A seguir, o simulador era colocado em seu ponto inicial e a segunda tarefa devidamente randomizada começava.

TABELA 3- Descrição das condições experimentais

Condições	a) sem perigo sem tarefa cognitiva	b) Perigo central sem tarefa cognitiva	c) Perigo periférico sem tarefa cognitiva
Grupo novatos: (até 15 mil Km rodados) Grupo Experientes: (mais de 30 mil Km rodados)	Dirigir	Dirigir e responder a um estímulo perigoso na região central da pista	Dirigir e responder a um estímulo perigoso vindo da região periférica da pista
Condições (dupla tarefa)	d) Sem perigo realizando a tarefa cognitiva	e) Perigo central realizando a tarefa cognitiva	f) Perigo periférico realizando a tarefa cognitiva
Grupo novatos: (até 5 mil Km rodados) Grupo Experientes: (mais de 30 mil Km rodados)	Dirigir e realizar a tarefa cognitiva	Dirigir e responder a um estímulo perigoso na região central da pista, realizando a tarefa cognitiva	Dirigir e responder a um estímulo perigoso na região central da pista, realizando a tarefa cognitiva

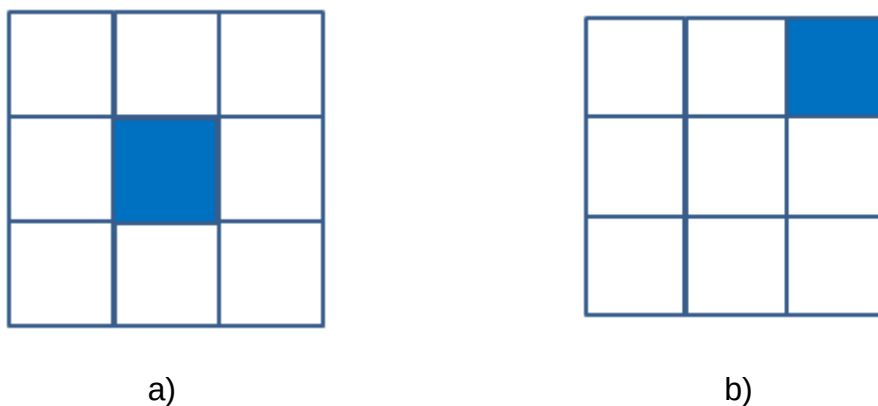
Fonte: Elaborada pela autora

Para cada uma das seis condições citadas na Tabela 3, foram utilizados 2 cenários diferentes com ocorrência dos perigos em momentos distintos a fim de minimizar o efeito de aprendizagem dos participantes, para cada um dos cenários foram realizadas duas tentativas iguais. Em suma ocorreram quatro tentativas por cada condição, tendo um montante de 24 tentativas por participante, com duração aproximadamente de 60 segundos cada.

A tarefa cognitiva (auditiva) com elaboração de imagens mentais e mapeamento espacial, utilizada no presente experimento (nas condições de dupla tarefa), foi adaptada do procedimento de Kerr (1993). No presente experimento foi solicitado aos participantes que imaginassem uma matriz 3x3 sendo que nela o quadrado do meio teria a cor azul. Foram elaboradas 12 grupos de instruções espaciais diferentes para a movimentação do quadrado central na matriz. Os participantes deviam "viajar" mentalmente pela matriz em resposta às instruções do quadrado central da matriz, como "acima", "abaixo", "direita" e "esquerda", apresentadas por um áudio (comandos de voz), as instruções eram ministradas com um intervalo de quatro segundos entre elas, totalizando 14 instruções por tentativa de

um minuto, ou seja 14 comando de voz em cada um dos 12 grupos de instruções criados. Após a última instrução, o participante tinha que informar ao experimentador em qual quadrado da matriz o quadrado azul terminou (veja a Fig. 14), indicando em um gabarito impresso em uma folha A4, este gabarito continha a imagem das 9 possibilidades de localização do quadrado dentro da matriz 3x3.

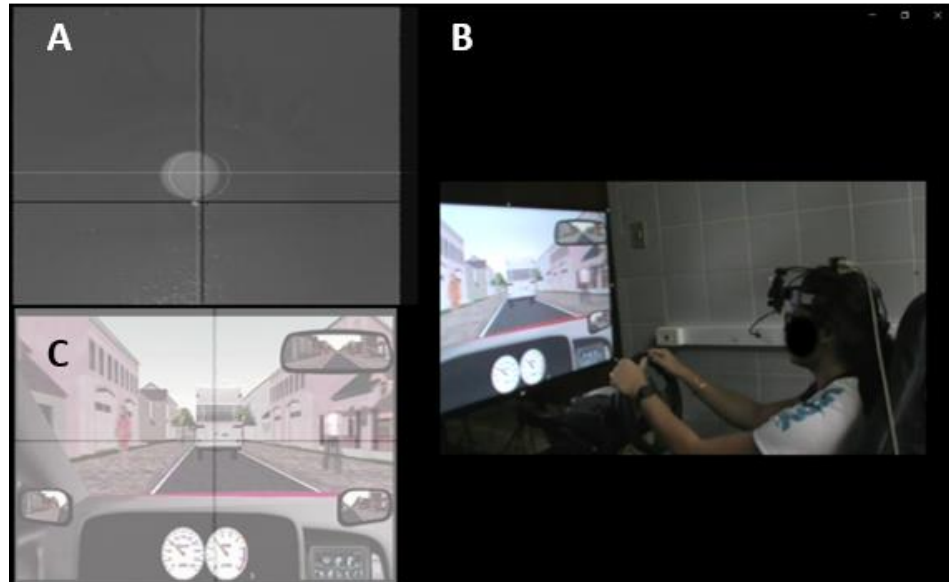
FIGURA 14- Exemplo de procedimento para tarefa cognitiva (elaborações de imagens mentais com mapeamento espacial).
a) posição inicial do exercício e b) posição final.



Fonte: Adaptado de Kerr (1993)

A Figura 15 contém a cena de uma participante novata na condição de perigo central, realizando a tarefa cognitiva. As coordenadas horizontal e vertical dos centróides da pupila (branco) e da reflexão da córnea (preto) estão visíveis na imagem do olho (15A) e, respectivamente, na imagem da cena (15C). A câmera externa mostra o ambiente da coleta (15B).

FIGURA 15 - Cena de uma participante novata na condição de perigo central, com tarefa cognitiva. A: Imagem do olho. B: Imagem ambiente de coleta. C: Imagem da cena, com as coordenadas horizontal e vertical indicando a localização do olhar na cena.



Fonte: Elaborada pela autora

O ato de colisão de uma participante novata na condição de perigo central, realizando a tarefa cognitiva, foi registrado na Figura 16. No presente experimento, quando ocorria uma colisão, a tela do simulador (que caracterizava o para-brisa do carro) craquelava-se imediatamente e permanecia por dois segundos desta forma; em seguida, iniciava-se a tela do primeiro cenário e a tentativa prosseguia até concluir um minuto de tarefa.

FIGURA 16 - Cena de uma participante novata na condição de perigo central, com tarefa cognitiva no ato da colisão.



Fonte: Elaborada pela autora

A Figura 17 mostra a cena de um participante experiente na condição de perigo periférico com a mulher atravessando a pista na direção da direita para esquerda, realizando a tarefa cognitiva. Na imagem das coordenadas horizontal e vertical, que mostra a localização do olhar na cena (canto inferior esquerdo da Figura 17) o olhar do participante está nas pernas da mulher.

FIGURA 17 - Cena de um participante experiente na condição de perigo periférico, com tarefa cognitiva.



Fonte: Elaborada pela autora

A Figura 18 mostra a cena de um participante experiente na condição de perigo periférico com um cachorro atravessando a pista na direção da esquerda para direita, sem realizar a tarefa cognitiva. Na imagem das coordenadas horizontal e vertical, que mostra a localização do olhar na cena (canto inferior esquerdo da Figura 18), o olhar do participante está nas patas dianteiras do cachorro.

FIGURA 18 - Cena de um participante experiente na condição de perigo periférico, com tarefa cognitiva.



Fonte: Elaborada pela autora

4.4.5 Análise de dados

As variáveis independentes do presente experimento foram:

- Grupo (experientes e novatos)
- Perigo (Sem, Central e Periférico)
- Tarefa Cognitiva (Com e Sem)

As variáveis dependentes do presente experimento foram:

Desempenho do motorista:

- variabilidade lateral do carro na pista (metros);

- velocidade média do carro (Km/h)
- variabilidade da velocidade do carro (Km/h)
- quantidade de colisões do carro (unidades)

Desempenho na tarefa cognitiva:

- erros na tarefa cognitiva (unidades)

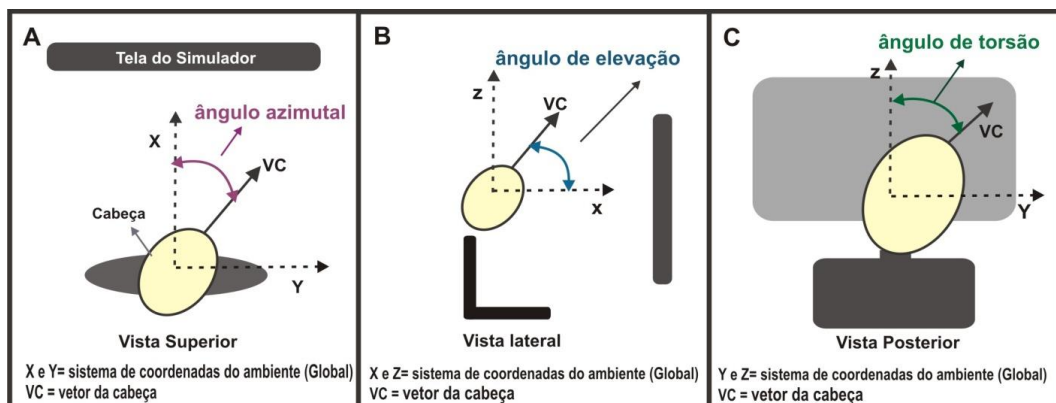
Movimento dos olhos:

- total de fixações (unidades);
- duração média das fixações (segundos);
- variabilidade (desvio padrão) da duração das fixações (segundos);
- variância da posição horizontal do olhar (cm);
- variância da posição vertical do olhar (cm);

Movimento da cabeça:

- variância da cabeça no eixo x (cm), sentido anteroposterior;
- variância da cabeça no eixo y (cm), sentido médio-lateral;
- variância da cabeça no eixo z (cm), eixo da gravidade;
- variância do ângulo azimutal da cabeça (graus), representado na Figura 19A;
- variância do ângulo de elevação da cabeça (graus), (Figura 19B);
- variância do ângulo de torsão da cabeça (graus), (Figura 19C);

FIGURA 19 - Coordenadas espaciais: (A) Vista Superior: ângulo azimutal da cabeça; (B) Vista Lateral: ângulo de elevação da cabeça; (C) Vista posterior: ângulo de torsão da cabeça.



Fonte: Carizio (2016, p.59)

Os dados concernentes ao desempenho do motorista foram gerados pelos *outputs* do *software* STISIM Drive (frequência de 30 Hz), fornecendo os dados brutos referentes a 100m de cada cenário, para cada variável dependente e para cada participante. Na variável variabilidade lateral do carro na pista cada ponto de dados descreve a localização do carro (no eixo horizontal) em relação ao meridiano da pista em metros, para tal foi realizado o cálculo do desvio padrão de todo o conjunto de dados para cada tentativa; na variável velocidade média do carro foi calculada a média em Km/h dos pontos de dados para cada tentativa; para a variável variabilidade da velocidade do carro também foi calculado o desvio padrão de todo o conjunto de dados para cada tentativa. As variáveis supra citadas foram calculadas no *software* Matlab (The Matworks Inc., 2010 – versão 7.10.0.499), através de rotinas específicas e as análises de variância foram processados no *software* SPSS Statistics (Inc., 2019).

A variável quantidade de colisões do carro foi calculada através da somatória de ocorrências de colisão com objetos dentro e fora da pista, por tentativa e por participante. A variável erros na tarefa cognitiva também foi calculada pela somatória de ocorrência de erros ao final de cada tarefa cognitiva, por tentativas e por participantes.

Os dados brutos referentes movimentos dos olhos e cabeça dos participantes (frequência de 60Hz), obtidos através do sistema de rastreamento de movimentos dos olhos e cabeça (marca ASL, modelo H6), em aproximadamente 60 segundos de cada tentativa, foram processados no *software* de análise ASL Results Plus (ASL, versão 1.8.2.18), após os dados foram submetidos a uma rotina no *software* Matlab (The Matworks Inc., 2010 – versão 7.10.0.499). O processamento dos dados foi finalizado no *software* SPSS Statistics (Inc., 2019).

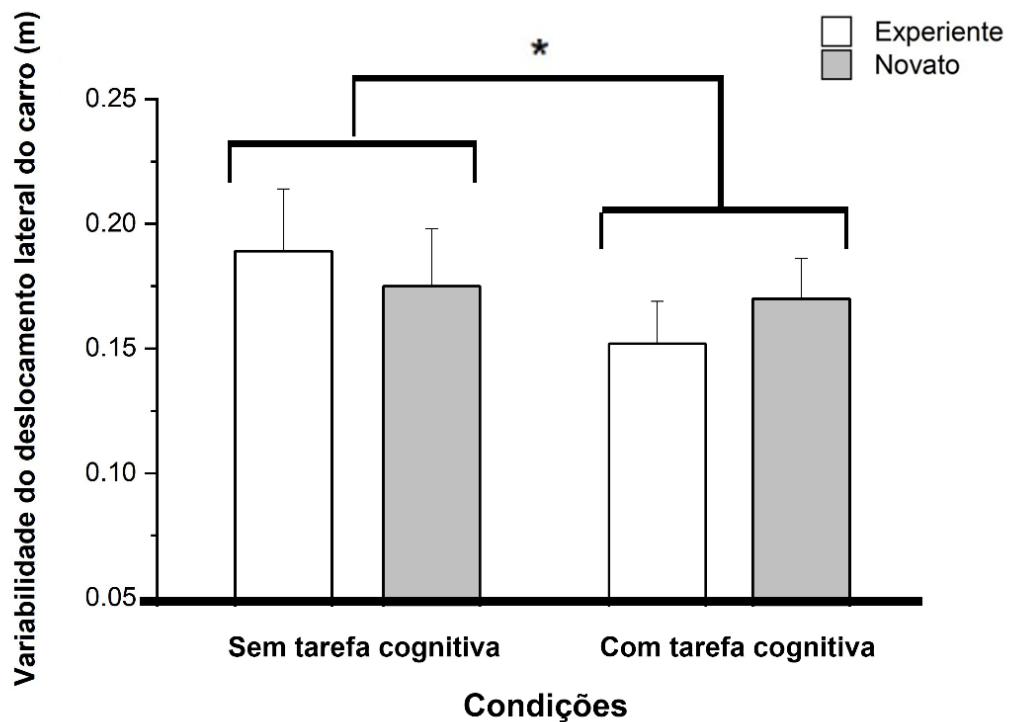
Os dados de média das duas tentativas de cada condição e em cada variável dependente (exceto nas variáveis: quantidade de colisões do carro e erros na tarefa cognitiva), foram submetidos à análise de variância (ANOVA) de Grupo (Experientes, Novatos) por Tarefa Cognitiva (Com, Sem) e por Perigo (Sem, Central, Periférico), com medidas repetidas nos dois últimos fatores. O nível de significância adotado foi de 0,05 para todas as análises. Comparações aos pares (*post-hoc*) foram realizadas através do Teste LSD de Tukey. Ajustes de probabilidade de Bonferroni e ajustes de graus de liberdade de Greenhouse-Geisser foram utilizados conforme necessário (MAXWELL; DELANEY, 1990).

4.5 Resultados

Desempenho do motorista

A variabilidade do deslocamento lateral do carro foi significativamente maior na condição sem tarefa cognitiva ($M = 0,18$, $EP = 0,02$) do que na condição com tarefa cognitiva ($M = 0,16$, $EP = 0,01$), $F(1, 9) = 5,20$, $p = 0,049$, $\eta_p^2 = 0,530$ conforme ilustra a Figura 20.

FIGURA 20 - Média ($\pm$ erro padrão) da variabilidade do deslocamento lateral do carro (metros) registrado nas condições sem tarefa cognitiva e com tarefa cognitiva, pelos grupos de experientes e de novatos. * $p < 0,05$.

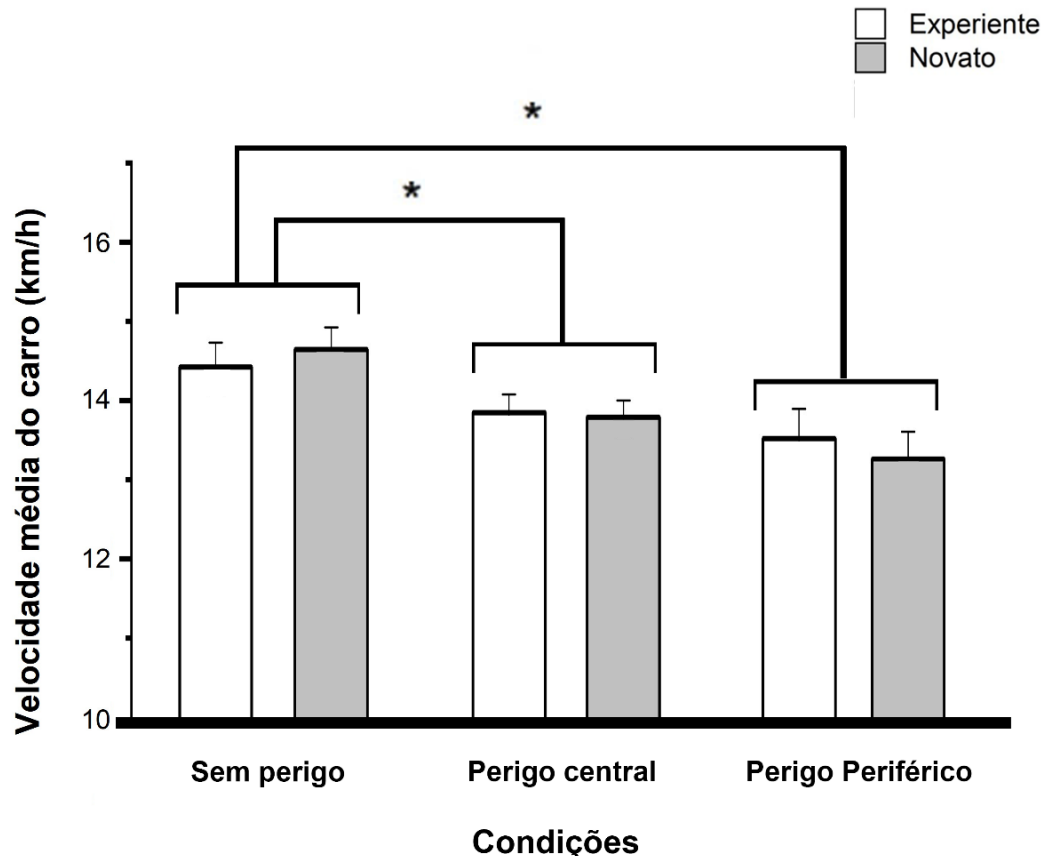


Fonte: Elaborada pela autora

A velocidade média do carro foi significativamente afetada pela condição de perigo, $F(2, 18) = 19,02$, $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 1,0$. A análise *post-hoc* revelou que a velocidade média do carro foi significativamente maior na condição sem perigo ($M = 14,53$, $EP = 0,20$) do que na condição de perigo central ($M = 13,82$, $EP = 0,15$) e do

que na condição de perigo periférico ($M = 13,38$, $EP = 0,25$), $ps = 0,001$ e $0,002$, respectivamente, conforme ilustra a Figura 21.

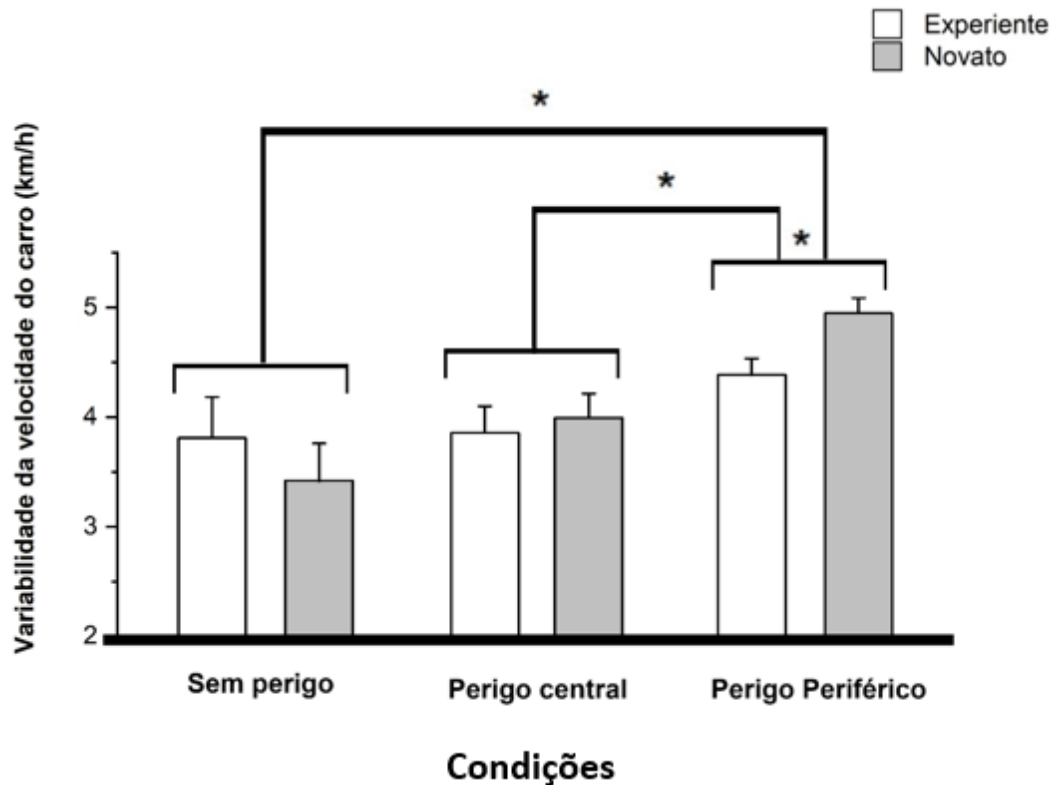
FIGURA 21 - Média ($\pm$ erro padrão) da velocidade média do carro (Km/h) registrado nas condições sem perigo, perigo central e perigo periférico, pelos grupos de experientes e novatos. * $p < 0,05$.



Fonte: Elaborada pela autora

A variabilidade da velocidade do carro foi significativamente afetada pela condição de perigo, $F(2, 18) = 21,24$, $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 1,0$. A análise *post-hoc* revelou que a variabilidade da velocidade foi significativamente maior na condição de perigo periférico ($M = 4,66$, $EP = 0,10$) do que na condição sem perigo ($M = 3,61$, $EP = 0,25$) e do que na condição de perigo central ($M = 3,92$, $EP = 0,16$), $ps = 0,001$ e $< 0,001$, respectivamente. Adicionalmente, a variabilidade da velocidade do carro foi afetada significativamente pela interação perigo por grupo, $F(1,5, 18,0) = 4,16$, $p = 0,048$. A análise *post-hoc* da interação perigo por grupo revelou, somente na condição de perigo periférico, que o grupo dos experientes mostrou variabilidade da velocidade significativamente menor ($M = 4,38$, $EP = 0,14$) do que a do grupo dos novatos ($M = 4,94$, $EP = 0,13$), $p = 0,021$, conforme ilustra a Figura 22.

FIGURA 22 - Média ($\pm$ erro padrão) da variabilidade da velocidade do carro (Km/h) registrado nas condições sem perigo, perigo central e perigo periférico, pelos grupos de experientes e novatos. * $p < 0,05$.



Fonte: Elaborada pela autora

Cada participante realizou seis condições com quatro tentativas cada (Tabela 3). No grupo dos novatos em seis participantes ocorreram um total de 144 tentativas, destas aconteceram somente cinco colisões (aproximadamente de 3,5% do total das tentativas do grupo): uma colisão aconteceu na condição de perigo central com tarefa cognitiva e quatro colisões ocorreram na condição de perigo periférico, três delas com tarefa cognitiva e uma sem tarefa cognitiva. No grupo dos experientes em cinco participantes ocorreram um total de 120 tentativas, destas ocorreram apenas três colisões (2,5% do total das tentativas do grupo), duas colisões aconteceram na condição de perigo central (realizadas por um único participante), uma aconteceu na condição com tarefa cognitiva e a outra sem tarefa cognitiva, e uma colisão aconteceu na condição de perigo periférico com tarefa cognitiva.

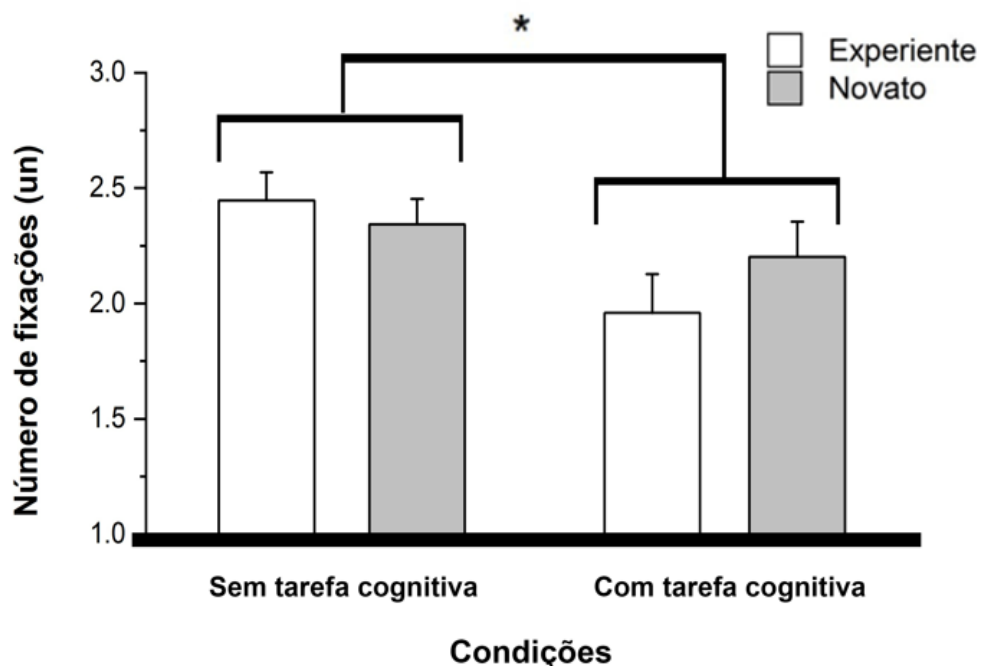
Desempenho na tarefa cognitiva

Cada participante realizou três condições com tarefa cognitiva e com quatro tentativas cada (Tabela 3). No grupo dos novatos em seis participantes ocorreram um total de 72 tentativas com tarefa cognitiva, ocorrendo sete erros na execução da tarefa cognitiva (Figura15), aproximadamente 10% do total das tentativas do grupo. Na condição sem perigo ocorreram dois erros, na condição perigo central três erros e na condição de perigo periférico três erros. No grupo dos experientes em cinco participantes ocorreram um total de 60 tentativas com tarefa cognitiva, ocorrendo seis erros na tarefa cognitiva (10% do total das tentativas do grupo). Na condição perigo central ocorreram três erros e na condição perigo periférico também três erros.

Movimento dos olhos

O número de fixações foi significativamente maior na condição sem tarefa cognitiva ($M = 2,39$, $EP = 0,08$) do que na condição com tarefa cognitiva ($M = 2,08$, $EP = 0,11$), $F(1, 9) = 10,54$, $p = 0,010$, $\eta_p^2 = 0,823$ conforme ilustra a Figura 23.

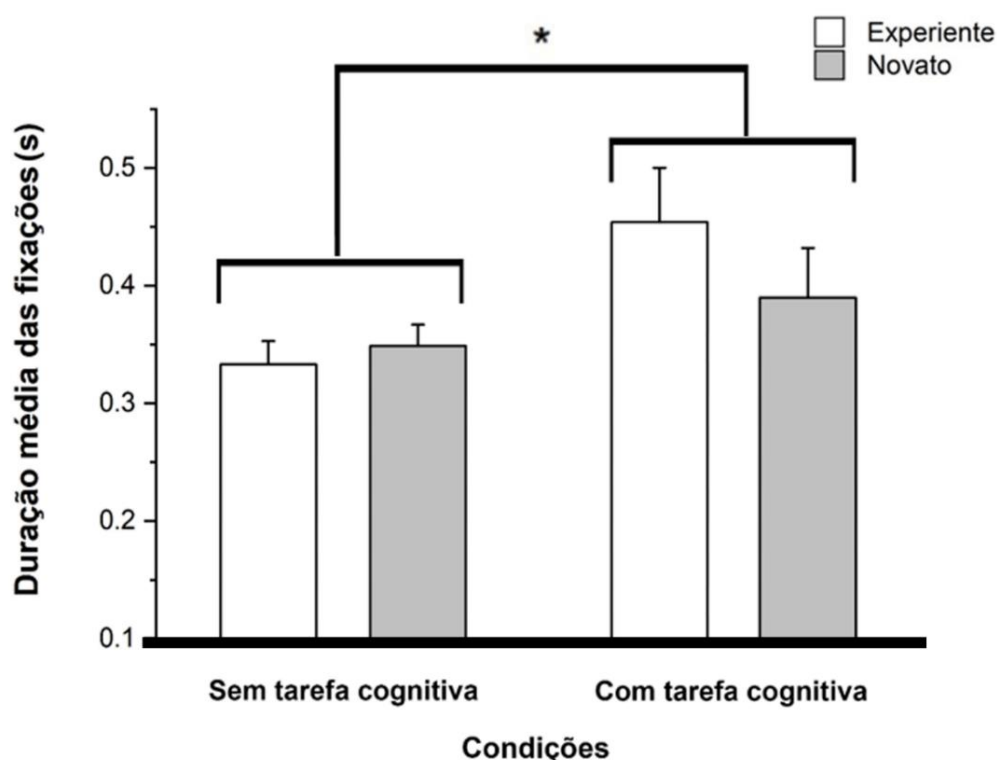
FIGURA 23 - Média ($\pm$ erro padrão) do número de fixações (unidades) registradas nas condições sem tarefa cognitiva e com tarefa cognitiva, pelos grupos de experientes e de novatos. * $p < 0,05$.



Fonte: Elaborada pela autora

A duração média das fixações foi significativamente maior na condição com tarefa cognitiva ($M = 0,42$, $EP = 0,03$) do que na condição sem tarefa cognitiva ($M = 0,34$, $EP = 0,01$), $F(1, 9) = 9,19$, $p = 0,014$, $\eta_p^2 = 0,770$ conforme ilustra a Figura 24.

FIGURA 24 - Média ($\pm$ erro padrão) da duração média das fixações (segundos) registradas nas condições sem tarefa cognitiva e com tarefa cognitiva, pelos grupos de experientes e de novatos. * $p < 0,05$.



Fonte: Elaborada pela autora

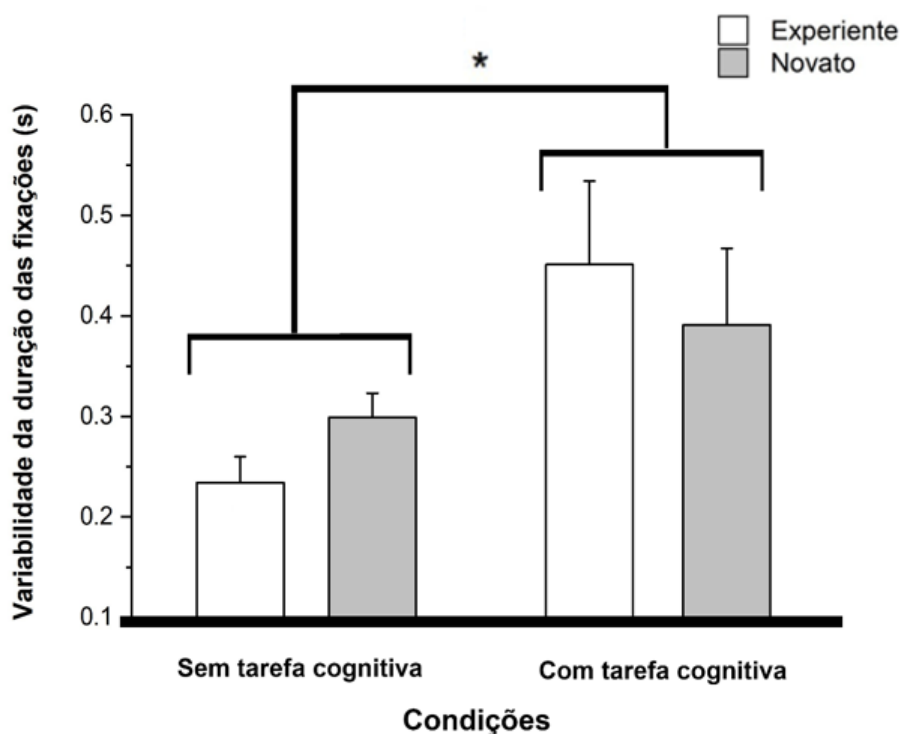
A variabilidade de duração das fixações foi significativamente maior na condição com tarefa cognitiva ($M = 0,42$, $EP = 0,05$) do que na condição sem tarefa cognitiva ($M = 0,26$, $EP = 0,018$), $F(1, 9) = 9,71$, $p = 0,012$, $\eta_p^2 = 0,792$ conforme ilustra a Figura 25.

Movimento da cabeça

Não foram encontradas diferenças significativas na análise de variância (ANOVA) de Grupo (experientes, novatos) Tarefa Cognitiva (Com, Sem), por Perigo

(Sem, Central, Periférico) nas variáveis dependentes de posição e orientação da cabeça.

FIGURA 25 - Média ($\pm$ erro padrão) da variabilidade de duração das fixações (segundos) registradas nas condições sem tarefa cognitiva e com tarefa cognitiva, pelos grupos de experientes e de novatos. * $p < 0,05$.



Fonte: Elaborada pela autora

Formulário pós-coleta

O formulário (anexo IV) que os participantes preencheram depois do experimento prático contava com uma questão sobre o grau de dificuldade da tarefa cognitiva, na qual os participantes atribuíam uma nota de 0 a 10, sendo 0 muito fácil e 10 muito difícil. A média da nota do grupo dos novatos foi de 4,40 ($DP = 3,42$) e a média da nota do grupo dos experientes foi de 6,20 ($DP = 1,64$),

Outra questão presente no questionário pós-coleta (anexo IV) foi sobre o grau de semelhança que o simulador teria em relação a situação de direção em situação natural, semelhantemente à questão supracitada, os participantes davam uma nota de 0 a 10, sendo 0, não se parecendo nada com a situação real de direção e 10 muito similar à situação real de direção. A média da nota do grupo dos novatos foi de 6,75 ($DP = 1,78$) e a média da nota do grupo dos experientes foi de 6,40 ($DP = 3,04$).

4.6 Discussão

O objetivo deste estudo foi analisar os efeitos da experiência, da sobrecarga cognitiva causada por tarefa auditiva com indução de imagens mentais, e da localização do risco central ou periférico sobre o comportamento perceptual e motor de motoristas envolvidos na tarefa de condução de automóvel. De modo geral, as hipóteses envolveram o efeito deletério da sobrecarga cognitiva gerado por uma tarefa secundária concomitante sobre o desempenho dos motoristas, tanto no controle espaço-temporal do veículo como em sua estratégia de movimento dos olhos e em seu controle postural; esse efeito deveria ser agravado pela baixa experiência do grupo de novatos e nas condições de perigo periférico, decorrente do afunilamento perceptual associado a tal sobrecarga. Em suma, as hipóteses sobre o desempenho no controle do automóvel (primeira) e sobre o rastreamento visual (segunda) foram confirmadas parcialmente; de outro modo, a hipótese sobre estabilidade postural (terceira) foi refutada. Cada hipótese será discutida individualmente a seguir.

A primeira hipótese deste estudo foi que a tarefa cognitiva (auditiva) com indução de imagens mentais e mapeamento espacial, concomitante à condução do automóvel, provocaria o compartilhamento de componentes de processamento visual entre a tarefa principal (condução do automóvel) e a tarefa secundária (tarefa cognitiva), prejudicando o desempenho do motorista principalmente nas condições com perigos periféricos (mulher ou cachorro atravessando a pista), em relação aos perigos centrais (frenagem de veículo à frente). Ainda, esperava-se que o efeito deletério da tarefa cognitiva seria mais acentuado para os motoristas novatos, do que para experientes, e em situações de perigos periféricos. Esta hipótese foi parcialmente confirmada; a expectativa de interação dos fatores de experiência, tarefa cognitiva e perigo não se confirmou, mas houve indicativos na mesma direção: foram observadas a redução do deslocamento lateral do automóvel decorrente da sobrecarga causada pela tarefa cognitiva, assim como redução da velocidade média associada às condições com presença de perigo. O aumento da variabilidade da velocidade do automóvel, um aspecto de deterioração do desempenho, foi maior quando o perigo tinha origem na periferia da cena, em relação ao perigo central ou ausência dele. A sobrecarga cognitiva, bem como distração em motoristas, pode afetar processos cognitivos como percepção, planejamento, tomada de decisão e consciência da

situação, contribuindo para erros, bem como interferindo nas manobras de controle e regulação do veículo na pista (YOUNG; SALMON, 2012).

A variabilidade do deslocamento lateral do carro foi significativamente maior na condição sem tarefa cognitiva do que na condição com tarefa cognitiva. Esse resultado parece divergir de alguns estudos comportamentais que mostraram que tarefas visuomotoras (além da tarefa primária de direção) contribuem para o aumento da variabilidade do deslocamento lateral do carro em relação ao eixo meridional da pista (ZWAHLEN et al., 1988; GREENBERG et al., 2003; WILSCHUT et al., 2008; YOUNG et al., 2011). Estes estudos dão suporte à primeira hipótese, segundo a qual a sobrecarga cognitiva deteriora o desempenho do motorista. No entanto, uma interpretação alternativa é possível. Do ponto de vista do controle motor para regulação da posição do volante, e consequentemente da variabilidade lateral do carro, a situação de sobrecarga cognitiva pode induzir o motorista a apresentar uma estratégia de controle mais rígida o que dificultaria adaptação motora e flexibilidade para ajustes frente a alterações e perigos na pista. Como a Figura 20 mostra, os quatro valores resultantes das condições com e sem sobrecarga cognitiva dos grupos novatos e experientes estão todos entre 15 e 20 cm, uma magnitude que, apesar de estatisticamente significativa, pode ter reduzida implicação prática. Assim, o efeito inverso observado seria interpretado como redução da adaptabilidade do sistema motor decorrente da sobrecarga cognitiva

Estudos mostraram que indivíduos ao realizarem tarefas com demandas visuais diminuíram a oscilação corporal (KIKUKAWA; TAGUCHI, 1985; LEGRAND et al., 2013; REY et al., 2008). Do ponto de vista perceptual, o aumento da sobrecarga cognitiva esteve associado ao aumento da duração e diminuição do número de fixações (Figuras 23 e 24), o que parece confirmar essa rigidez aumentada na tarefa de condução do automóvel.

Em suma a diminuição da variabilidade do deslocamento lateral do carro em situação de tarefa cognitiva pode ser interpretada como fator que corrobora o aspecto da primeira hipótese que indicava que a tarefa cognitiva afetaria negativamente a tarefa primária de direção.

A velocidade média do carro foi significativamente afetada pela condição de perigo. A velocidade média do carro foi significativamente maior na condição sem perigo do que na condição de perigo periférico, bem como maior na condição sem perigo do que na condição perigo central. Assim, a primeira hipótese foi confirmada

parcialmente pois os perigos na pista, tanto localizados centralmente quanto periféricamente, afetaram as estratégias de direção, induzindo os motoristas a diminuir a velocidade do carro; no entanto, não foram encontradas interações com o efeito de grupo, nem de tarefa cognitiva para a variável velocidade média, conforme preconizava a hipótese.

Silva (2018), com relação à velocidade média, encontrou um resultado similar ao do presente estudo. Foi observado que a velocidade média do carro dos participantes (experientes e novatos) diminuiu significativamente em condições de sobrecarga cognitiva, principalmente em condições de direção e tarefa concomitante de leitura de um relógio inteligente. No caso do presente estudo, a diminuição da velocidade média do carro se deu pela presença dos perigos, podendo o participante ter realizado ou não a tarefa cognitiva, pois não foi encontrado efeito de condição para a tarefa cognitiva. Para Horrey e colaboradores (2015), o motorista, ao reduzir a velocidade, pode aliviar a pressão do tempo e os desafios do controle do veículo, tais como os associados a um trecho cheio de curvas da estrada; no caso do presente experimento, houve a associação da redução da velocidade à presença de riscos centrais e periféricos, em resposta aos quais o motorista necessariamente deveria frear, reduzindo a velocidade e evitando o acidente com pessoas ou animais na pista.

Vale considerar que, no presente estudo, houve a manipulação da tarefa cognitiva, cuja presença causava aumento da sobrecarga do sistema atencional do motorista; no entanto, a manipulação de surgimento do perigo central ou periférico, com necessidade de resposta rápida de freada, também tendia a causar sobrecarga cognitiva durante a condução do veículo. A literatura aponta que motoristas com sobrecarga cognitiva podem utilizar estratégias compensatórias, tais como diminuir a velocidade média do carro, ou até mesmo aumentá-la (STEVENS; MINTON, 2001) ou dispensar verificações de espelhos retrovisores (REED; ROBBINS, 2008), dentre outras. Essas estratégias compensatórias são utilizadas na tentativa de diminuir as demandas operacionais e favorecer a disponibilidade de recursos para permitir a continuação de tarefas duplas (PLATTEN et al., 2014), ou triplas, como ocorre em certas condições do presente estudo que combinam a tarefa cognitiva com a resposta aos possíveis riscos. Segundo a teoria dos múltiplos recursos, proposta por Wickens (1984, 2002), o desempenho de motoristas em duplas tarefas poderia se deteriorar porque ambas podem compartilhar componentes de vias de processamento do sistema nervoso central, sobrecarregando o sistema. No caso do presente estudo,

acredita-se que a tarefa cognitiva demande as mesmas vias de processamento visual e vias de processamento motor necessárias para a ação de direção de automóvel, desta forma sobrecarregando de modo particular o sistema.

A variabilidade da velocidade do carro foi significativamente afetada pela condição de perigo, maior na condição de perigo periférico; o perigo periférico representou um aumento da variabilidade da velocidade em relação à condição sem perigo e um aumento em relação à condição de perigo central. Adicionalmente, como a interação perigo por grupo mostrou, somente na condição de perigo periférico, o grupo dos novatos mostrou variabilidade da velocidade significativamente maior (aproximadamente 11%) do que o grupo dos experientes. Assim, a hipótese foi confirmada parcialmente, pois a presença dos perigos na pista afetou a instabilidade longitudinal do carro, na condição de perigo periférico, principalmente para os novatos. O aspecto não confirmado para esta variável foi o efeito da presença da tarefa cognitiva, sugerindo que a instabilidade observada nas respostas de ambos os grupos dos motoristas, principalmente o de novatos, refletiu a sobrecarga cognitiva no ato de somente dirigir e reagir aos perigos inesperados, sem a tarefa cognitiva concomitante.

Estudo realizado por Briggs, Hole e Land (2016) com motoristas, identificou que na realização da tarefa dupla, de dirigir e resolver uma tarefa cognitiva de geração de imagens mentais e mapeamento espacial, similar à tarefa do presente experimento, os participantes eram mais propensos a perceber perigos na pista apresentados no campo visual central do que aqueles apresentados no campo visual periférico. Neste caso, a explicação pode estar baseada no efeito de afunilamento (ou túnel), descrito por Recarte e Nunes (2000) e Miura (1986, 1990); de acordo com estes estudos, a sobrecarga cognitiva induz a um estreitamento do foco atencional, resultando na diminuição do campo visual. No entanto, no caso do presente experimento, o referido efeito de afunilamento somente foi observado na variabilidade da velocidade do veículo; de outro modo, para velocidade média, ambos os perigos central e periférico causaram sua redução enquanto que, para o deslocamento lateral, a tarefa cognitiva foi responsável por tal redução. Ainda, este achado de afunilamento está em linha com estudo de Summala, Nieminen e Punto (1996), no qual os motoristas novatos tendiam a olhar mais para um ponto mais próximo do veículo na estrada do que motoristas experientes, indicando que os motoristas novatos utilizariam pouco a visão periférica na direção.

Estudos em simuladores de direção têm encontrado uma maior variabilidade da velocidade do carro quando os motoristas estavam envolvidos em duplas tarefas, como utilizar um telefone celular ou interagir com outros dispositivos, ou tarefas no veículo (CRISLER et al., 2008; RAKAUSKAS et al., 2004; SANTOS et al., 2005). Estudo realizado por Gotardi (2018) detectou piora no controle da velocidade do carro com motoristas em situação de alta ansiedade. No presente experimento, não foi identificado efeito da tarefa cognitiva sobre a velocidade, mas acredita-se que o ato de dirigir para motoristas novatos, por si só, pode sobrecarregar o sistema cognitivo, devido à falta de habilidades para lidar com os sistemas do carro, da pista e do entorno do motorista.

A detecção e as respostas dos motoristas a eventos e perigos na pista são aspectos cruciais do desempenho de direção. Os motoristas são continuamente solicitados a detectar e responder a uma série de informações e eventos, incluindo sinais de trânsito, frenagem de veículos à frente, mudanças na curvatura da estrada, pessoas e animais atravessando a rua. Para responder de forma eficaz, os motoristas devem ter uma consciência precisa de seu ambiente de condução e quais eventos estão ocorrendo ao seu redor (SALMON et al., 2011) ou até mesmo antecipar eventos iminentes (UNDERWOOD, 2007). Entende-se que estas características e habilidades são adquiridas com a experiência (STERNBERG, 2000) e a experiência contribui no desenvolvimento da habilidade de controle do carro (BROWN; GROEGER, 1998).

Em relação as colisões, os novatos colidiram apenas em aproximadamente 3,5% do total das tentativas realizadas pelo grupo e os experientes colidiram em 2,5% das tentativas do total grupo dos experientes. Esses achados são muito ínfimos para serem computados e analisados mediante as hipóteses.

Os erros na tarefa cognitiva aconteceram em aproximadamente 10% do total das tentativas do grupo dos novatos, ao todo cinco erros nas condições com perigos. O grupo dos experientes também erraram 10% do total das tentativas do grupo com seis erros nas condições de perigos. Ambos os grupos tiveram percentual de erros similares e consideráveis. Estes achados dos erros na tarefa cognitiva podem indicar uma sobrecarga cognitiva nos motoristas pois, de acordo com a teoria dos múltiplos recursos de Wickens (2002) tarefas simultâneas concorrem pelos mesmos recursos que são limitados, quando uma tarefa requer mais recursos a outra pode ficar deficitária ocorrendo os lapsos ou erros no desempenho (STERNBERG, 2000), quando as tarefas concorrem pela mesma via de processamento, que no caso deste

experimento, a via visual, é mais provável que as tarefas praticadas sejam degradadas, ou pelo menos uma delas, desta forma a hipótese da sobrecarga cognitiva induzida pela dupla tarefa (direção e tarefa cognitiva) é confirmada parcialmente, pois não foi verificado diferença entre os grupos.

A segunda hipótese do estudo foi que a estratégia de rastreamento visual dos motoristas novatos seria menos eficiente (menor número de fixações com maiores durações) do que a dos experientes nas condições com tarefa cognitiva, principalmente em ocorrência de perigos periféricos. As variáveis do olhar referentes ao número, duração e variabilidade da duração das fixações foram afetadas significativamente pelo efeito da tarefa cognitiva, corroborando parcialmente a segunda hipótese. Este aspecto em concordância com a hipótese mostrou que o rastreamento visual se alterou com a realização da dupla tarefa de dirigir e realizar concomitantemente uma tarefa cognitiva (de criação de imagens mentais e mapeamento espacial) porém não confirmando que a estratégia de busca visual dos motoristas experientes seria mais eficaz na dupla tarefa do que os novatos, bem como a expectativa dos motoristas novatos serem mais afetados com as condições de perigos, em especial o perigo periférico.

O número de fixações foi significativamente reduzido na condição com tarefa cognitiva. Este achado confirma a noção segundo a qual o aumento de sobrecarga cognitiva tende a alterar o rastreamento visual, gerando redução do número e aumento da duração das fixações; no entanto, esse efeito foi semelhante para ambos os grupos e todas as condições de perigo.

O número de fixações é uma variável bastante dependente das características da tarefa. Há evidências de que o número de fixações aumentou com a sobrecarga cognitiva de motoristas (MCCARLEY et al., 2004; GIAN, CHEN; DONMEZ, 2017). Estudo realizado por Carizio (2016), no qual os participantes dirigiam e conversavam em um telefone celular nas condições segurando o celular na mão, no modo viva voz, ou somente dirigindo, o número de fixações foi maior para as tarefas duplas em relação à tarefa controle de somente dirigir. Isto pode ser explicado pelo fato do cenário do simulador ter tráfego moderado e os motoristas precisarem ficar atentos aos outros carros na pista para não colidir; nas tarefas de conversar ao telefone celular, na qual o participante deveria responder algumas perguntas corriqueiras do dia a dia ao mesmo tempo que prestava atenção na pista, estas características favoreceram o fracionamento do esforço atencional e o consequente aumento de

fixações nas tarefas duplas, associadas às mais curtas durações relativas dessas fixações.

Dois experimentos realizados por Giang, Chen e Donmez (2017) com foco na comparação do uso de um relógio inteligente (leitura de mensagens) ao telefone celular, em motoristas, o número de fixações foi maior nas condições com o relógio inteligente do que com o telefone celular, podendo a diferença ser devida ao tamanho reduzido da tela do relógio em relação à tela do celular, o que pode ter dificultando a leitura do dispositivo. Similarmente ao estudo de Carizio (2016), neste caso o aumento das fixações estava relacionado ao aumento do esforço cognitivo na realização das distintas tarefas.

No estudo realizado por Gotardi (2018), no qual a condição de ansiedade foi manipulada em motoristas durante a direção simulada de automóvel, foi observada a redução do número de fixações na pista e retrovisores nos motoristas em estado de alta ansiedade. Nesse caso, o aumento da demanda cognitiva com a geração de alta ansiedade revelou diminuição do número das fixações nos participantes, similarmente ao presente experimento, quando nas condições de dupla tarefa, de dirigir e realizar a tarefa cognitiva, ocorreu um menor número de fixações.

No presente experimento a duração média das fixações foi significativamente maior na condição com tarefa cognitiva do que na condição sem tarefa cognitiva. Estudos apontam que a duração média das fixações aumenta com a intensificação das demandas de tarefas cognitivas (RECARTE; NUNES, 2000; MALTZ; SHINAR, 1999; MAY et al., 1990; MIURA, 1990; RAYNER; MORRIS, 1990). Estudo realizado por Crundall, Underwood e Chapman (1999) revelou que a duração de fixação em motoristas aumentava durante momentos perigosos na pista. Durações longas de fixação podem ser indícios de sobrecarga cognitiva, pois, segundo Underwood (1998) e Reimer (2010), durante o período aumentado de fixação, os mecanismos visuais estão gastando mais tempo extraindo e processando informações do ambiente.

Recarte e Nunes (2000) estudaram motoristas realizando tarefas verbais com evocação de imagens mentais na condução de automóveis. A duração das fixações foi maior nas tarefas duplas de dirigir e executar atividades com evocação de imagens do que na tarefa de somente dirigir; este achado corrobora os achados encontrados no presente experimento.

No presente experimento, a variabilidade de duração das fixações foi significativamente maior na condição com tarefa cognitiva do que na condição sem

tarefa cognitiva. Como o próprio aumento da duração, o aumento de sua variabilidade pode mostrar um esforço adicional na aquisição e processamento da informação visual dos motoristas na condição de dirigir e realizar a tarefa cognitiva, em comparação à condição de somente dirigir.

A terceira hipótese do estudo foi que os novatos teriam menor estabilidade postural do que os experientes, mostrando maiores variações de posição e rotação da cabeça, principalmente nas condições com tarefa cognitiva. Não foram encontrados efeitos ou interações significativos associados aos fatores grupo, perigo e tarefa cognitiva sobre as variáveis dependentes de posição e orientação da cabeça. Isto refutou completamente a hipótese de que os motoristas experientes teriam mais estabilidade postural do que novatos, principalmente nas condições de tarefa dupla. Diferentemente do observado, o trabalho de Carizio (2016) mostrou uma instabilidade postural durante a condução do automóvel nas situações nas quais os motoristas conversavam ao celular, segurando na mão ou no modo viva-voz, porém na condição controle (somente dirigir) revelou uma estabilidade na posição e na orientação da cabeça, indicando um suporte mais eficiente para a atividade perceptual de busca de informação visual relevante na cena por meio do movimento dos olhos.

4.6.1 Limitações e sugestões para estudos futuros

A estabilidade postural (representada pela movimentação e orientação da cabeça) dos motoristas no presente experimento talvez não tenha sido afetada pela tarefa cognitiva, juntamente com a tarefa de direção veicular, devido à facilidade de ambas as tarefas; estudos futuros poderiam testar tarefas mais desafiadoras, tanto no aspecto veicular, com mais tráfego, por exemplo, e no aspecto cognitivo, com comando de voz com frequência mais alta do que a apresentada no presente experimento, de dois em dois segundos por exemplo. Talvez sobrecarregando mais o sistema cognitivo, poderia ocorrer uma instabilidade postural, demonstrada por maior movimentação da cabeça, principalmente no grupo dos novatos.

O baixo número de participantes pode ser considerado uma limitação do experimento, embora as análises estatísticas tenham encontrado um alto poder observado (acima de 0,5) para todas as variáveis com efeitos significativos, seria interessante aumentar o número de participantes nos grupos de experientes e novatos (pelo menos dois grupos de 15 participantes cada) a fim de encontrar resultados

consistentes com relação a possíveis diferenças entre grupos e condições. Ainda em relação aos grupos, para estudos futuros seria interessante aumentar o intervalo de diferença da quilometragem rodada durante a vida, exemplo: novatos com até 5 mil km rodados e experientes acima de 40 mil, desta forma o efeito de experiência poderia ser identificado. Sobre as análises das variáveis, outra sugestão para estudos futuros seria realizar a análise de pupilometria cognitiva (como no experimento 1).

4.7 Conclusões

Este estudo analisou os efeitos da experiência, da sobrecarga cognitiva causada por tarefa auditiva com indução de imagens mentais e mapeamento espacial, e da localização do risco central ou periférico sobre o comportamento perceptual e motor de motoristas envolvidos na tarefa de condução de automóvel.

Os resultados obtidos revelaram que a sobrecarga cognitiva imposta pela dupla tarefa afetou o controle do carro diminuindo a variabilidade do deslocamento lateral, em condições de perigo diminuindo a velocidade média e aumentando a variabilidade da velocidade do carro, mais acentuadamente na condição de perigo periférico e no grupo dos novatos.

Na aquisição visual dos motoristas durante a dupla tarefa, ocorreu um número menor de fixações com duração e variabilidade aumentada delas em relação à condição controle. Esse padrão de aquisição visual é compatível com uma maior demanda cognitiva pois, maior tempo de fixação indica maior tempo de processamento da informação percebida do ambiente.

Não foram encontrados efeitos significativos para a movimentação da cabeça, refutando a hipótese de que os motoristas novatos teriam mais instabilidade postural, principalmente nas condições com tarefas cognitivas.

Em síntese, o método proposto parece ter dado suporte adequado ao teste das questões levantadas; a hipótese de que as tarefas auditivas que induzem imagens mentais compartilhariam componentes de processamento visual e motor, prejudicando a tarefa de dirigir, foi parcialmente confirmada, bem como os efeitos perturbadores na direção pelos perigos na pista. Adicionalmente, a hipótese do efeito da experiência dos participantes em conduzir automóveis sobre os movimentos de olhos e performance do carro não foi confirmada no contexto proposto.

5. IMPLICAÇÕES PARA A ERGONOMIA

Os sistemas de informações veicular (IVIS) tem aumentado em disponibilidade e popularidade na última década e está transformando a maneira como os indivíduos dirigem. Esses sistemas fornecem ao motorista informações ou comunicações relacionadas à viagem (por exemplo, orientação de rota ou nível de combustível) ou atividades de entretenimento (por exemplo, ouvir música, conversar e acessar lista de contatos). IVIS estão se tornando cada vez mais comuns, sendo acoplado na grande maioria dos automóveis atualmente. Além disso, esses sistemas estão disponíveis para instalação pós-venda e podem ser facilmente incorporados em praticamente qualquer veículo (OVIEDO-TRESPALACIOS; NANDAVAR; HAWORTH, 2019). Estudos indicam que tais sistemas induzem os motoristas às tarefas concomitantemente de condução podendo sobrecarregar o sistema atencional e visual (PENG, BOYLE, 2015; DINGUS et al., 2016; STRAYER et al., 2016). Existe uma preocupação crescente com os potenciais efeitos deletérios de tecnologias de bordo, em particular aqueles relacionados com a sobrecarga cognitiva e distração. Para lidar com essas questões, são necessários métodos científicos para avaliar o IVIS em relação ao risco veicular, e também avaliar o quanto o sistema atencional humano suporta a realização de tarefas concomitantes com a direção veicular. Nesse sentido a presente tese objetivou analisar os possíveis efeitos da sobrecarga cognitiva causada pela realização de tarefas concomitantes à direção veicular, níveis de experiência e consequentes alterações na dilatação da pupila, no desempenho na condução, no rastreamento visual e na estabilidade postural de motoristas experientes e novatos.

Embora os sistemas de informações veicular (IVIS) possam distrair os motoristas e até mesmo comprometer a segurança, eles também têm um potencial substancial para melhorar a segurança do motorista. Cada vez mais, os carros estão sendo equipados com sistemas avançados de assistência ao motorista (ADAS), que incluem GPS e sistemas de navegação, conjuntos de sensores e sistemas de controle que podem ajudar motoristas a dirigirem com segurança. Esses sistemas também podem usar tecnologia biométrica para reconhecer motoristas individuais e desenvolver um histórico de desempenho de direção para avaliar mudanças momentâneas e de longo prazo no motorista (LEE, 2007).

A área da Ergonomia Cognitiva ainda é pouco explorada por ergonomistas, designers e pesquisadores em geral. Investigar como o ser humano adquire e processa informação, como ele realiza tarefas e interage com tecnologias e sistemas, além de ser fascinante é algo essencial e urgente atualmente. Equipamentos de rastreamento visual, como *Eyetracker*, permitem identificar áreas visuais de interesse, foco atencional, mensurar sobrecarga cognitiva, ansiedade, sonolência ou até mesmo embriaguez em indivíduos; este tipo de equipamento tem se tornado cada vez mais acessível aos pesquisadores.

Pesquisa sobre a ergonomia cognitiva de motoristas pode fornecer informações sólidas para subsidiar a criação de tecnologias de suporte ao homem, seja no âmbito da segurança do trânsito, na criação de tecnologia de bordo baseada em dados de movimento dos olhos ou de respostas pupilares para monitorar alterações comportamentais e estados fisiológicos, tais como, por exemplo, se o motorista se encontra em sobrecarga cognitiva ou estado de privação de sono, seja embasando a criação de tecnologias assistivas para pessoas com alguma restrição ou para auxiliar idosos. Enfim, as possibilidades de aplicação de conhecimento originado em pesquisas como as da presente tese em tecnologias são imensas, assim como a necessidade de novas pesquisas nesta área.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sobrecarga cognitiva decorrente do envolvimento de motoristas em atividades simultâneas na direção afeta a disponibilidade de recursos atencionais para os vários estágios do processamento da informação, podendo interferir na seleção de informações relevantes do tráfego, levando a um desempenho deficiente e risco de acidentes. A presença de uma tarefa visual secundária pode fazer com que os motoristas deixem de processar informações críticas da cena (HORREY et al., 2015). O desempenho deficiente de motoristas pode ser resultado de uma redução na disponibilidade de recursos cognitivos necessários para o processamento de informações cruciais do entorno (WICKENS, 2002).

Os resultados indicaram que a sobrecarga cognitiva induzida pela dupla tarefa de conversar em um telefone celular, ou participar de tarefas que favorecem a evocação de imagens mentais e mapeamento espacial, podem alterar os mecanismos visuais e motores de motoristas, perturbando a aquisição de informação visual, podendo causar degradação na tarefa de direção, favorecendo a ocorrência de acidentes no trânsito.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, Júlia Issy; SILVINO, Alexandre Magno Dias; SARMET, Maurício Miranda. Ergonomia, cognição e trabalho informatizado. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, [S.L.], v. 21, n. 2, p. 163-171, ago. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-37722005000200006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ptp/a/trQbt5kcM54n7PmJ8rYpHPq/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 15 mar. 2017.
- AHLSTROM, Ulf; FRIEDMAN-BERG, Ferne J.. Using eye movement activity as a correlate of cognitive workload. **International Journal Of Industrial Ergonomics**, [S.L.], v. 36, n. 7, p. 623-636, jul. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ergon.2006.04.002>. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169814106000771?casa_token=rP0wdyCNEJkAAAAA:irA72tnTq-msixLDPG2beEIFqH4DNkrGI0czTpsBJRPNG_ZHPsfHvQcUsp1b9nF2DTNJ-5pRwTo. Acesso em: 18 dez. 2020.
- ALLEN, John A.; SCHROEDER, Stephen R.; BALL, Patricia G.. Effects of Experience and Short-Term Practice on Drivers' Eye Movements and Errors in Simulated Dangerous Situations. **Perceptual and Motor Skills**, Fairfax, v. 47, n. 2, p. 767-776, dez. 1978. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.2466/pms.1978.47.3.767>.
- ALM, H., NILSSON, L.. The effects of mobile telephone use during simulated driving. **Accident Anal. Prev**, V. 27, p. 707–715, 1995. Disponível em: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:672564/FULLTEXT01.pdf>. Acesso em: 13 maio 2020.
- ALVES, Carlos, Alberto, Rodrigues. Pupila: lições elementares de semiologia. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, São Paulo, v. 1, n. 48, p. 23-31, fev. 1985. ISSN 1678-2925. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/v48n1a06.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2021.
- ANDERSON, J. R. **Cognitive psychology and its implications**. 5 ed. New York: Worth Publishers, 2000.
- ANDERSEN, Richard A.; BUNEO, Christopher A.. Intentional maps in posterior parietal cortex. **Neurosci**. North Carolina State University, v. 25, n. 1, p. 189-220, 23, 2002. Anual. Doi: 10.1146/annurev.neuro.25.112701.142922.
- ANDREASSII, J. L.. **Pupillary Response and Behavior**, 5 ed. Routledge, 2006. p. 289–307.
- A NORMAN, Donald; BOBROW, Daniel G. On data-limited and resource-limited processes. **Cognitive Psychology**, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 44-64, jan. 1975. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0010-0285\(75\)90004-3](http://dx.doi.org/10.1016/0010-0285(75)90004-3). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0010028575900043>. Acesso em: 20 nov. 2020.

ARIEL, Robert; CASTEL, Alan D.. Eyes wide open: enhanced pupil dilation when selectively studying important information. **Experimental Brain Research**, [S.L.], v. 232, n. 1, p. 337-344, 27 out. 2013. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00221-013-3744-5>.

ATTWELL, D.; LAUGHLIN, S. B.. An energy budget for signaling in the grey matter of the brain. **Journal of Cerebral Blood Flow Metabolism**, v. 21, n.10, p. 1133–1145, 2001.

BARASH, S.; BRACEWELL, R. M.; FOGASSI, L.; GNADT, J. W.; ANDERSEN, R. A.. Saccade-related activity in the lateral intraparietal area. I. Temporal properties; comparison with area 7a. **Journal Of Neurophysiology**, [S.L.], v. 66, n. 3, p. 1095-1108, 1 set. 1991. American Physiological Society. <http://dx.doi.org/10.1152/jn.1991.66.3.1095>. Disponível em: http://cortex.vis.caltech.edu/Papers/PDFs%20of%20journal%20articles/J_Neurophysiol/barash_91_1.pdf. Acesso em: 19 abr. 2019.

BARSALOU, L. W.. Perceptual symbol systems. **Behavioral and Brain Sciences**, v. 22, p. 577–609, 1999.

BARLOW, H B.. Single Units and Sensation: a neuron doctrine for perceptual psychology?. *Perception*, [S.L.], v. 1, n. 4, p. 371-394, dez. 1972. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1068/p010371>. Disponível em: <https://redwood.berkeley.edu/wp-content/uploads/2018/08/barlow1972.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2019.

BARROS, Matheus. **Entenda como funciona a SIRI**: assistente virtual da apple. 2021. Editado por André Lucena. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2021/02/10/tira-duvidas/entenda-como-funciona-a-siri/?gfetch=2021%2F02%2F10%2Fanswer-questions%2Funderstand-how-the-crab-works%2F>. Acesso em: 21 maio 2021.

BAUMER, Michel Henrique. **Avaliação da carga mental do trabalho em pilotos da aviação militar**. 2003. 170 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia de Produção, – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção,, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/86030/191161.pdf?sequence=1>. Acesso em: 25 jan. 2021.

BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. **Neurociências**: desvendando o sistema nervoso. Porto Alegre: Artes Médicas, 2002.

BEATTY, J.; WAGONER, B. L.. Pupillometric signs of brain activation vary with level of cognitive processing. **Science**, v. 199, p. 1216 –1218, 1978.

BEATTY, Jackson. Task-evoked pupillary responses, processing load, and the structure of processing resources. **Psychological Bulletin**, [S.L.], v. 91, n. 2, p. 276-292, 1982. American Psychological Association (APA).

<http://dx.doi.org/10.1037/0033-2909.91.2.276>. Disponível em:
<https://psycnet.apa.org/fulltext/1982-11578-001.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2021.

BEATTY J.; LUCERO-WAGONER B.. **The pupillary system**. In J. Cacioppo, L. Tassinary & G. Berntson (Eds.), *Handbook of Psychophysiology*, Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

BERGEN, B.; NARAYAN, S.; FELDMAN, J.. Embodied verbal semantics: Evidence from an image-verb matching task. In **Proceedings of the 25th Annual Conference of the Cognitive Science Society**, p. 139–144, 2003. Mahwah, NJ: Erlbaum.

BERGEN, B.; CHANG, N.; NARAYAN, S.. Simulated action in an embodied construction grammar. In **Proceedings of the 26th Annual Conference of the Cognitive Science Society**, p. 108–113, 2004. Mahwah, NJ: Erlbaum.

BERGEN, B. K.; LINDSAY, S.; MATLOCK, T.; NARAYANAN, S. Spatial and linguistic aspects of visual imagery in sentence comprehension. **Cognitive Science**, v.31, p. 733–764, 2007. <http://dx.doi.org/10.1080/03640210701530748>.

BERGEN, B.; MEDEIROS-WARD, N.; WHEELER, K.; DREWS, F.; STRAYER, D.. The crosstalk hypothesis: Why language interferes with driving. **Journal of Experimental Psychology: General**, v. 142, n.1, p.119–130, 2013.

BICHOT, N. P., Rossi, A. F.; DESIMONE, R.. Parallel and serial neural mechanisms for visual search in macaque area V4. *Science*, v. 308, n.5721, p. 529–534, 2005. DOI: 10.1126/science.1109676. Disponível em:
https://www.jstor.org/stable/pdf/3841299.pdf?casa_token=NxXS7-FxD0EAAAAA:q2Yb4GZl0f9GWwV-QQUZho5XNJUdov8C6lYJEftPbyulZphJW9Fiv1lgyKIhoQrkuyUEGs5iaNnP-q_OVgb0FPwLdat_eTtvx1JmFn18K326cyJdTjS. Acesso em: 19 jan. 2019.

BLATT, Gene J.; ANDERSEN, Richard A.; STONER, Gene R.. **Organização do campo receptivo visual e conexões cortico-corticais da área intraparietal lateral (área LIP) no macaco**. V. 299, n.4, p.421–445, 1990. doi: 10.1002 / cne.902990404

BRIGGS, Gemma F.; HOLE, Graham J.; LAND, Michael F.. Emotionally involving telephone conversations lead to driver error and visual tunnelling. **Transportation Research Part F**, v. 14, p. 313–323, 2011.

BRIGGS, Gemma F.; HOLE, Graham J.; LAND, Michael F.. Imagery-inducing distraction leads to cognitive tunnelling and deteriorated driving performance. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, [S.L.], v. 38, p. 106-117, abr. 2016. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2016.01.007>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369847816000085>. Acesso em: 12 fev. 2019.

BROADBENT, D.. **Perception and Communications**. New York: Permagon Press, 1958.

BROWN I. D.; GROEGER J. A.. Risk perception and decision taking during the transition between novice and experienced driver status, **Ergonomics**, v. 31, n; 4, p. 585-597, 1988. DOI: 10.1080/00140138808966701.

BUSSE, L.; KATZNER, S.; TILLMANN, C.; TREUE, S.. Effects of attention on perceptual direction tuning curves in the human visual system. **Journal Of Vision**, [S.L.], v. 8, n. 9, p. 2-2, 1 jul. 2008. Association for Research in Vision and Ophthalmology (ARVO). <http://dx.doi.org/10.1167/8.9.2>. Disponível em: <https://jov.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2193282>. Acesso em: 18 fev. 2020.

BUSH, George; LUU, Phan; POSNER, Michael I.. Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. Trends In **Cognitive Sciences**, [S.L.], v. 4, n. 6, p. 215-222, jun. 2000. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s1364-6613\(00\)01483-2](http://dx.doi.org/10.1016/s1364-6613(00)01483-2). Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364661300014832?casa_token=qxlvaCin2NIAAAAAA:3SMY3Gnlq0YwBFL7TweLZ7YSzDJrcvCSTo--CYhNWudq1JV2vcwLXnLqyKoAfJEeReGF4i0sB-w. Acesso em 17 set. 2020.

CAIRD, J. K. et al. **The effects of cellular telephones on driving behaviour and accident risk**: results of a meta-analysis. Edmonton, Alberta, Canadá: Canadian Automobile Association (CAA); Foundation for Traffic Safety, 2004.

CAIRD, J. K. et al. A meta-analysis of the effects of cell phones on driver performance. **Accid Anal Prev.**, v. 40, n. 4, p. 1282-1293, Jul. 2008. doi: 10.1016/j.aap.2008.01.009. Epub 2008 Feb 25.

CALHOUN, V.D.; PEKAR, J.J.; MCGINTY, V.B.; ADALI, T., WATSON, T.D.; PEARLSON, G.D.. Different activation dynamics in multiple neural systems during simulated driving. **Hum. Brain Mapp**, v. 16, p. 158–167, 2002. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/hbm.10032>. Acesso em: 19 abr. 2019.

CAÑAS, José J.; WAERNS, Yvonne. **Ergonomía Cognitiva**: aspectos psicológicos de la interacción de las personas con la tecnología de la información. Madrid: Editorial Médica Panamericana, 2001. (Ciencias Cognitivas)

CAÑAS, José J.. Ergonomía Cognitiva. Universidad de Granada, Granada, p. 1-10, ago. 2002. **Anual. Universidad de Granada Campus de Cartuja**. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Jose-Canas-2/publication/301358283_ERGONOMIA_COGNITIVA/links/57153b2708ae8ab56695a8d6/ERGONOMIA-COGNITIVA.pdf. Acesso em: 7 jul. 2016.

CAIRD, J. K. et al. **The effects of cellular telephones on driving behaviour and accident risk**: results of a meta-analysis. Edmonton, Alberta, Canadá: Canadian Automobile Association (CAA); Foundation for Traffic Safety, 2004.

CAIRD, J. K. et al. A meta-analysis of the effects of cell phones on driver performance. **Accid Anal Prev.**, v. 40, n. 4, p. 1282-1293, Jul. 2008. doi: 10.1016/j.aap.2008.01.009. Epub 2008 Feb 25.

CARIZIO, B. G. **Efeito distrator do telefone celular sobre a condução simulada de automóveis: situações de uso manual e viva-voz.** 2016. 109f. Dissertação (Mestrado em Design) – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2016.

CARRASCO, Marisa. Visual attention: the past 25 years. **Vision Research**, [S.L.], v. 51, n. 13, p. 1484-1525, jul. 2011. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.visres.2011.04.012>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0042698911001544>. Acesso em: 12 dez. 2020.

CAUSSE, M.; SÉNARD, J.-M.; DÉMONET, J.F., PASTOR, J.. Monitoring cognitive and emotional processes through pupil and cardiac response during dynamic versus logical task. **Appl. Psychophysiol. Biofeedback**, v. 35, n. 2, p.115–123, 2010.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10484-009-9115-0>.

CHAPMAN, P. R.; UNDERWOOD, G.. Visual search of driving situations: Danger and experience. **Perception**, v. 27, p. 951–964, 1998.
<http://dx.doi.org/10.1068/p270951>. Disponível em:
<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1068/p270951?journalCode=peca>. Acesso em: 17 set. 2020.

CHEAL, Marylou; LYON, Don R.; HUBBARD, David C.. Does Attention Have Different Effects on Line Orientation and Line Arrangement Discrimination? **The Quarterly Journal Of Experimental Psychology Section A**, [S.L.], v. 43, n. 4, p. 825-857, nov. 1991. SAGE Publications.
<http://dx.doi.org/10.1080/14640749108400959>. Disponível em :
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14640749108400959>. Acesso em: 8 ago. 2020.

CLARKE, D. D.; SOKOLOFF, L..Circulation and energy metabolism of the brain. In G. J. Siegel, B. W. Agranoff, R. W. Albers, P. B. Molinoff (Eds.), **Basic Neurochemistry**, p. 645–660, 1994. New York: Raven.

COLLINS, Rhonda. Clinician Cognitive Overload and Its Implications for Nurse Leaders. **Nurse Leader**, [S.L.], v. 18, n. 1, p. 44-47, fev. 2020. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.mnl.2019.11.007>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1541461219303556>. Acesso em: 27 fev. 2021.

COSTA, R. A.; SOARES, H. L. R.; TEIXEIRA, J. A. C.. Benefícios da atividade física e do exercício físico na depressão. **Revista do Departamento de Psicologia da UFF**, Niterói, RJ, v. 19, n. 1, p. 269-276, 2007.

COLLET, C.; GUILLOT, A.; PETIT, C.. Phoning while driving I: A review of epidemiological, psychological, behavioural and physiological studies. **Ergonomics**, v. 53, n. 5, p. 589–601, 2010.

CORBETTA, M.; KINCADE, J. M.; OLLINGER, J. M., MCAVOY, M. P.; SHULMAN, G. L.. Voluntary orienting is dissociated from target detection in human posterior parietal cortex. **Nature Neuroscience**, v. 3, n. 3, p. 292–297, 2000. Disponível em: https://www.nature.com/articles/nn0300_292. Acesso em: 18 jun. 2020.

CORBETTA, M.; SHULMAN, G. L.. Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. **Nature Reviews Neuroscience**, v.3, n.3, p. 201–215, 2002. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nrn755>. Acesso em: 19 fev. 2020.

CRAIK, K. J. W.. Theory of the human operator in control systems II. Man as an element in a control system. **British Journal of Psychology**, v.38, p. 142–148, 1948.

CRAVER-LEMLEY, C.; REEVES, A.. How visual imagery interferes with vision. **Psychological Review**, v. 99, n. 4, p. 633–649, 1992.

CRISLER, M.C.; BROOKS, J.O.; OGLE, J.H.; GUIRL, C.D.; ALLURI, P.; DIXON, K.K.. Effect of wireless communication and entertainment devices on simulated driving performance. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 2069, p. 48–54, 2008.

CRUNDALL, David E.; UNDERWOOD, Geoffrey. Effects of experience and processing demands on visual information acquisition in drivers. **Ergonomics**, [S.L.], v. 41, n. 4, p. 448–458, abr. 1998. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/001401398186937>. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/001401398186937?casa_token=21F7B16x4hkAAAAA:XqSwjBCqjx7oSPj0XWbKb9L1b15p12dZoc-NygC2UXZBzsFNcYPPYQvSyo4sR3zf91CITxE9udl9SA. Acesso em: 14 ago. 2020.

CRUNDALL, D.; UNDERWOOD, G.; CHAPMAN, P.. Driving experience and the functional field of view. **Perception**, v. 28, n. 9, p. 1075–1087, 1999.

CRUNDALL, David E.; CHAPMAN, Peter; TRAWLEY, Steven; COLLINS, Lyn; VAN LOON, Editha; ANDREWS, Ben; UNDERWOOD, Geoffrey. Some hazards are more attractive than others: drivers of varying experience respond differently to different types of hazard. **Accident Analysis & Prevention**, [S.L.], v. 45, p. 600–609, mar. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2011.09.049>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457511002867>. Acesso em: 3 jan. 2021.

CRUNDALL, D.; UNDERWOOD, G.. Effects of experience and processing demands on visual information acquisition in drivers. **Ergonomics**, v. 41, p. 448–458, 1998. <http://dx.doi.org/10.1080/001401398186937>.

CRUNDALL, D.; CHAPMAN, P.; PHELPS, N.; UNDERWOOD, G.. Eye movements and hazard perception in police pursuit and emergency response driving. **Journal of**

Experimental Psychology: Applied, v. 9, p. 163– 174, 2003.
<http://dx.doi.org/10.1037/1076-898X.9.3.163>.

CURCIO Christine A.; SLOAN Kenneth R.; KALINA Robert E.; HENDRICKSON Anita E.. **Human photoreceptor topography**, v. 292, n. 4, p. 497–523, 1990. doi:10.1002/cne.902920402. Disponível em: Human photoreceptor topography - Curcio - 1990 - Journal of Comparative Neurology - Wiley Online Library. Acesso em: 16 fev. 2019.

DALGALARRONDO, P.. **Psicopatologia e semiologia dos transtornos mentais**. Porto Alegre: Artmed, 2000. ISBN 85-7307-595-3.

DE WAARD D.. **The measurement of drivers' mental workload** (Doctoral dissertation). University of Groningen, Haren, Netherlands, 1996.

DEERY, H.A.. Hazard and risk perception among young novice drivers. **Journal of Safety Research**, v. 30, p. 225-236, 1999.

DEMBERG, V.; SAYEED, A. Linguistic cognitive load: implications for automotive uis. In **Cognitive load and in-vehicle human-machine interaction, workshop at AutomotiveUI**, 2011.

DEMBERG, V.; SAYEED, A.; CASTRONOVO, A.; MÜLLER, C.. Measuring linguistically-induced cognitive load during driving using the ConTRe task. In **Proceedings of the 5th international conference on automotive user interfaces and interactive vehicular applications**, p. 176–183, 2013. Disponível em: https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/2516540.2516546?casa_token=glk7r6ftdRwAAAAA%3A1VtGu0h0019rrFyEZzkbHGlgJhvPsCfplHKS2E2x5TcqpY0tuL3ID_MKL4QddjsueCdxzHjF12LQqg. Acesso em: 5 ago. 2019.

DESIMONE, Robert; DUNCAN, John. Neural Mechanisms of Selective Visual Attention. **Annual Review Of Neuroscience**, [S.L.], v. 18, n. 1, p. 193-222, mar. 1995. Annual Reviews.
<http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ne.18.030195.001205>. Disponível em:
https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.ne.18.030195.001205?casa_token=FGfsjq0GAFsAAAAA:41jSsxaG3CLi1KBu1tcPXhB_SiyGhTaKS_jXgiupq3-UTkofAwCmMllz7eJtpfP8W5MRCJb_XZkx4zcD. Acesso em: 24 mar. 2019.

D'ESPOSITO, M.; DETRE, J.A.; ALSOP, D.C.; SHIN, R.K.; ATLAS, S.; GROSSMAN, M.. The neural basis of the central executive system of working memory. **Nature**, v. 378, p. 279-281, 1995. <https://doi.org/10.1038/378279a0>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/378279a0#citeas>. Acesso em 12 jul. 2020.

D'ESPOSITO, M.; DETRE, J. A., AGUIRRE, G. K.; STALLCUP, M., ALSOP, D. C., Tippet, L. J., et al. A functional MRI study of mental imagery generation. **Neuropsychologia**, v. 35, n. 5, p. 725–730, 1997.

DE VALOIS, R. L.; DE VALOIS, K. K.. **Spatial vision**. New York, NY: Oxford University Press, 1988.

DE WAARD, D.. **The measurement of drivers' mental workload** (Doctoral dissertation). University of Groningen, Haren, Netherlands, 1996.

DINGUS, Thomas A.; GUO, Feng; LEE, Suzie; ANTIN, Jonathan F.; PEREZ, Miguel; BUCHANAN-KING, Mindy; HANKEY, Jonathan. Driver crash risk factors and prevalence evaluation using naturalistic driving data. **Proceedings Of The National Academy Of Sciences**, [S.L.], v. 113, n. 10, p. 2636-2641, 22 fev. 2016. Proceedings of the National Academy of Sciences. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1513271113>. Disponível em: <https://www.pnas.org/content/113/10/2636>. Acesso em: 14 abr. 2021.

DOWNING, C. J.; PINKER, S.. The spatial structure of visual attention. In M. I. Posner, O. S. M. Marin (Eds.). **Attention and performance** (Vol. XI). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1985.

DUL, Jan; NEUMANN, W. Patrick. Ergonomics contributions to company strategies. **Applied Ergonomics**, [S.L.], v. 40, n. 4, p. 745-752, jul. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2008.07.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003687010000475>. Acesso em: 22 abr. 2021.

DREHER, J.C., GRAFMAN, J.. Dissociating the roles of the rostral anterior cingulate and the lateral prefrontal cortices in performing two tasks simultaneously or successively. **Cereb. Cortex**, v. 13, p. 329–339, 2003. <https://doi.org/10.1093/cercor/13.4.329>. Disponível em: <https://academic.oup.com/cercor/article/13/4/329/315695>. Acesso em: 2 set. 2019.

DUKIC, T.; BROBERG, T.. Older drivers' visual search behaviour at intersections. **Transp. Res. Part F: Traff. Psychol. Behav**, v. 15, n. 4, p. 462–470, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2011.10.001>.

DUX, P.E.; IVANOFF, J.; ASPLUND, C.L., MAROIS, R.. Isolation of a central bottleneck of information processing with time-resolved fMRI. **Neuron**, v. 52, p. 1109–1120, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2006.11.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896627306009032>. Acesso em 17 mar. 2020.

EDIRISINGHE, Viveka de Alwis. Estimating Mental Workload of University Students using Eye Parameters. 2017. 88 f. Tese (Doutorado) - Curso de Design, Department Of Design, Norwegian University Of Science And Technology, Noruega, 2017.

ELAM, M.; SVENSSON, T.H.; THORÈN, P.. Locus coeruleus neurons and sympathetic nerves: activation by cutaneous sensory afferents. **Brain Res**, v. 366, n. 1, p. 254 - 261, 1986.

ENGSTRÖM, Johan; JOHANSSON, Emma; ÖSTLUND, Joakim. Effects of visual and cognitive load in real and simulated motorway driving. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, [S.L.], v. 8, n. 2, p. 97-120, mar. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2005.04.012>. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369847805000185?casa_token=24GS40c54lcAAAAA:9otKKmwt0-NCVU7QP-SHb6lcUGJaAxFO4M4pUGrR_ID0QiRRwMPdixY_TvA8DcDE9jlp07M7BURc. Acesso em: 15 fev. 2021.

ERIKSEN, Charles W.; YEH, Yei-Yu. Allocation of attention in the visual field. **Journal Of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, [S.L.], v. 11, n. 5, p. 583-597, 1985. American Psychological Association (APA). <http://dx.doi.org/10.1037/0096-1523.11.5.583>. Disponível em: <https://psycnet.apa.org/fulltext/1986-13550-001.pdf>. Acesso em 1 fev. 2010.

EVANS, L.. **Traffic Safety and the Driver**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.

FALKMER, Torbjörn; GREGERSEN, Nils Petter. Fixation patterns of learner drivers with and without cerebral palsy (CP) when driving in real traffic environments. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, [s.l.], v. 4, n. 3, p. 171-185, set. 2001. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s1369-8478\(01\)00021-3](http://dx.doi.org/10.1016/s1369-8478(01)00021-3).

FARAH, M. J. Is visual imagery really visual? Overlooked evidence from neuropsychology? **Psychological Review**, v. 95, p. 307–317, 1988.

FISH, S. C.; GRANHOLM, E.. Easier tasks can have higher processing loads: Task difficulty and cognitive resource limitations in schizophrenia. **J Abnorm Psychol**, v. 117, p. 355–363, 2008.

FITTS, P. M.; POSNER, M. A.. **Human Performance**. Paci@c Palisades: CA: Brooks Cole, 1967.

GAILLARD, A.W., KRAMER, A.F.. Theoretical and methodological issues in psychophysiological research. In: Backs, R.W., Boucsein, W. (Eds.), **Engineering Psychophysiology**. Issues and Applications. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ, p. 31–58, 2000.

GALPIN, A.; UNDERWOOD, G.; CRUNDALL, D.. Change blindness in driving scenes. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, v.12, n. 2, p. 179–185, 2009.

GANDHI, S. P.; HEEGER, D. J.; BOYNTON, G. M.. Spatial attention affects brain activity in human primary visual cortex. **Proceedings Of The National Academy Of Sciences**, [S.L.], v. 96, n. 6, p. 3314-3319, 16 mar. 1999. Proceedings of the National Academy of Sciences. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.96.6.3314>. Disponível em: <https://www.pnas.org/content/pnas/96/6/3314.full.pdf>. Acesso em 19 maio 2019.

GANDHI, Neeraj J.; KATNANI, Husam A.. Motor Functions of the Superior Colliculus. **Annual Review Of Neuroscience**, [S.L.], v. 34, n. 1, p. 205-231, 21 jul.

2011. Annual Reviews. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-neuro-061010-113728>. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-neuro-061010-113728>. Acesso em: 17 out. 2019.

GIANG, Wayne CW; CHEN, Huei-Yen Winnie; DONMEZ, Birsen. Smartwatches vs. Smartphones: Notification Engagement while Driving. **International Journal of Mobile Human Computer Interaction (IJMHCI)**, v. 9, n. 2, p. 39-57, 2017.

GILZENRAT, M.S.; NIEUWENHUIS, S.; JEPMA, M.; COHEN, J.D..Pupil diameter tracks changes in control state predicted by the adaptive gain theory of locus coeruleus function. **Cogn. Affect. Behav. Neurosci.** V. 10, n. 2 , p. 252–269, 2010. <http://dx.doi.org/10.3758/CABN.10.2.252>.

GLENBERG, A. M.; KASCHAK, M. Grounding language in action. **Psychonomic Bulletin & Review**, v. 9, p. 558–565, 2002. <http://dx.doi.org/10.3758/BF03196313>.

GOTARDI, Gisele Chiozi. **Efeitos de ansiedade e personalidade sobre a condução de automóveis: rastreamento ocular de motoristas experientes e novatos**. 2018. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Gestão e Informática em Saúde., Universidade Federal de São Paulo. Escola Paulista de Medicina, São Paulo, 2018.

GRANHOLM, E.; ASARNOW, R. F.; SARKIN, A. J., *et al.*. Pupillary responses index cognitive resource limitations. **Psychophysiology**, v.33, p. 457– 461, 1996.

GRAYDON, Francis X.; YOUNG, Richard; BENTON, Mark D.; GENIK, Richard J.; POSSE, Stefan; HSIEH, Li; GREEN, Christopher. Visual event detection during simulated driving: identifying the neural correlates with functional neuroimaging. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, [S.L.], v. 7, n. 4-5, p. 271-286, jul. 2004. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2004.09.006>. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369847804000403?casa_token=Bg62HzIW1fwAAAAA:6ZaRYNB5R94zvBTiMjoQhyGO8eQYFdUtNXaMSmEXCTqt8043644ezdIWQDP1Y1cxa9WmTjGr9s. Acesso em: 20 fev. 2020.

GREENBERG, J.; TIJERINA, L.; CURRY, R.; ARTZ, B.; CATHEY, L.; GRANT, P.; KOCHLAR, D.; KOZAK, K.; BLOMMER, M..Evaluation of driver distraction using an event detection paradigm. **Journal of the Transportation Research Board** **1843**, p. 1–9, 2003. Disponível em: https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.3141/1843-01?casa_token=RcFftpUPtgMAAAAA:6cBbzUeFOFmwuvnPv2ljzVQuQGFCnnCeqm dZs6OfkA1L2s67577uiJaPil8eNxT5KJz9_cNu0xmMow. Acesso em: 10 fev. 2021.

GRIER, Rebecca; WICKENS, Christopher; KABER, David; STRAYER, David; BOEHM-DAVIS, Deborah; TRAFTON, J. Gregory; JOHN, Mark St.. The Red-Line of Workload: theory, research, and design. **Proceedings Of The Human Factors And Ergonomics Society Annual Meeting**, [S.L.], v. 52, n. 18, p. 1204-1208, set. 2008. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/154193120805201811>. Disponível em: https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/154193120805201811?casa_token=K3

mALUPBcrQAAAAA:FMqL9pv1VDatv52wu1SepMIWR9qhiLZITo4qZpUVjWg11gsxfP-Dw-2MWDTKvwo4kynOKZGeVeMJow. Acesso em: 12 jun. 2020.

GREEN, P.. **Driver interface/HMI standards to minimize driver distraction/overload**. University of Michigan Transportation Research Institute (UMTRI), 2008. Disponível em: <https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/65018/102437.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 7 dez. 2019.

GUYTON, A. C.. **Fisiologia humana**. 5. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1981.

HALVERSON, Tim; ESTEPP, Justin; CHRISTENSEN, James; MONNIN, Jason. Classifying Workload with Eye Movements in a Complex Task. **Proceedings Of The Human Factors And Ergonomics Society Annual Meeting**, [S.L.], v. 56, n. 1, p. 168-172, set. 2012. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/1071181312561012>. Disponível em: https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1071181312561012?casa_token=5kLJMHNZC2UAAAAA:D_wDPOQLY3q0BVKG5Xxn_r5n0FPxNR7EF1E74bDKJBH2kMKlkKJei1K7e1pjgsTrQy08VuUNaujma. Acesso em: 21 set. 2020.

HAMPSON, R.; OPRIS, Ioan; DEADWYLER, S.A.. Neural correlates of fast pupil dilation in nonhuman primates: relation to behavioral performance and cognitive workload. **Behavioural Brain Research**, [S.L.], v. 212, n. 1, p. 1-11, set. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbr.2010.03.011>. Acesso em: 27 abr. 2020. HEGER, R.. Driving behavior and driver mental workload as criteria of highway geometric design quality. **Transportation Research Circular, Washington, DC, Transportation Research Board**, p. 43:1 – 43:10, 1998. Disponível em: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/EC003/ch43.pdf>. Acesso em: 2 fev.2021.

HEIN, Elisabeth; ROLKE, Bettina; ULRICH, Rolf. Visual attention and temporal discrimination: differential effects of automatic and voluntary cueing. **Visual Cognition**, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 29-50, jan. 2006. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/13506280500143524>. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13506280500143524?casa_token=dSb95RA93dQAAAAA:hhtCaWunGcy_apHq2u6S-4MgAz_0e59TjuwuU7F3mAz0P9Pv_EltVd5i0vcWic2ii_Yr04wtQr7Rdg. Acesso em: 5 maio 2019.

HELENE, O.; HELENE, A. F.. Alguns aspectos da óptica do olho humano. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 33, n. 3, set. 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172011000300012&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 26 ago. 2018.

HESS, E.H., POLT, J.M.. Pupil size as related to interest value of visual stimuli. **Science**, v. 132, n.3423, p. 349–350, 1960.

HESS, E.H., POLT, J.M. Pupil size in relation to mental activity during simple problemsolving. **Science**, v.143, n.3611, p.1190–1192, 1964. Disponível em:

<https://www.jstor.org/stable/pdf/1712692.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2021. Acesso em: 1 jun. 2020.

HOEKS B.. **The Pupillary Response as a Measure of Processing Load**. Thesis, Katholieke Universiteit Nijmegen, The Netherlands, 1995.

HOLMQVIST, K.. Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures. Oxford; New York: Oxford University Press. Hunga, Y., Vetivelu, A., Hirda, M. A., Yana, M., Tame, F., Grahame, S. J., et al. Using fMRI virtual-reality technology to predict driving ability after brain damage: A preliminary report. **Neuroscience Letters**, v. 558, p.41–46, 2011.

HORREY, W., WICKENS, C.. Examining the impact of cell phone conversations on driving using meta-analytic techniques. **Human Factors** v. 48,n. 1, p. 196–205, 2006. **Disponível em:**

https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1518/001872006776412135?casa_token=VSh4FZHFLLfgAAAAA:1mZxsUsOKWOFsk6F-OQ4gmrgFMmAX99oQThkxxcLk15TDPzU9-Y48LTP1vBwKu3QLCrAt_MtjAtTIQ. Acesso em: 22 fev. 2020.

HORREY, W.J.; WICKENS, C.D.. Driving and side task performance: effects of display clutter, separation, and modality. **Hum. Factors**, v. 46, p. 611–624, 2004. **Disponível em:**

https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1518/hfes.46.4.611.56805?casa_token=bjzPE3QG1PEAAAAA:0_GTI5rLSQJAul0BOAMN_3CkncvHN0DGmh_OTVhKFjcZhO_eimi_QtSjpy7ND7t7qnn6qM9lh_Aw4Q. Acesso em: 22 jan. 2020.

HORREY, W.J.; WICKENS, C.D.. Examining the impact of cell phone conversations on driving using meta-analytic techniques. **Hum. Factors**, v. 48, p. 195–205, 2006. **Disponível em:**

https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1518/001872006776412135?casa_token=5Dki3bWPrR4AAAAA:4-DuhsEsb7NF4cploxkcKkLNa8WsubOow6cdSqcQID-QD8glH0GgzVSWeT9gjAmvK6OIsn_a0ay0sA . Acesso em: 19 fev. 2020.

HORREY, William J.; LESCH, Mary F.; MITSOPOULOS-RUBENS, Eve; LEE, John D.. Calibration of skill and judgment in driving: development of a conceptual framework and the implications for road safety. **Accident Analysis & Prevention**, [S.L.], v. 76, p. 25-33, mar. 2015. Elsevier BV.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2014.12.017>. **Disponível em:**

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457514003960>. Acesso em: 29 fev. 2021.

IEA Council. **The Discipline of Ergonomics**. International Ergonomics Society, 2000.

ISHIDA, Toshiro; MATSUURA, Tsuneo. THE EFFECT OF CELLULAR PHONE USE ON DRIVING PERFORMANCE. **latss Research**, [S.L.], v. 25, n. 2, p. 6-14, 2001. Elsevier BV.

[http://dx.doi.org/10.1016/s0386-1112\(14\)60065-0](http://dx.doi.org/10.1016/s0386-1112(14)60065-0). **Disponível em:**

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0386111214600650>. Acesso em: 24 out. 2020.

ISO 15007-1:2002. Road vehicles – **Measurement of driver visual behaviour with respect to transport information and control systems and parameters**. TC22/SC13, International Organization for Standardization.

ISO/DIS 26022: 2007. Road vehicles – **Ergonomic aspects of transport information and control systems** – Simulated lane change test to assess in-vehicle secondary task demand. ISO/TC 22/SC 13 - ICS 13.180; 43.040.15.

JAMES, W.. **The principles of psychology**. New York: Henry Holt, 1890.

JAY, M. F.; SPARKS, D.L.. Sensorimotor integration in the primate superior colliculus. II. Coordinates of auditory signals. **J. Neurophysiol**, v. 57, p.35-55, 1987.

JUST, M. A.; CARPENTER, P. A. . The intensity dimension of thought: Pupillometric indices of sentence comprehension. **Can J Exp Psychol**, v. 47, p. 310 –339, 1993.

JUST, Marcel Adam; CARPENTER, Patricia A.; KELLER, Timothy A.; EMERY, Lisa; ZAJAC, Holly; THULBORN, Keith R.. Interdependence of Nonoverlapping Cortical Systems in Dual Cognitive Tasks. **Neuroimage**, [S.L.], v. 14, n. 2, p. 417-426, ago. 2001. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1006/nimg.2001.0826>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1053811901908262>. Acesso em: 12 ago. 2019.

JUST, M. A., CARPENTER, P. A., MIYAKE, A.. Neuroindices of cognitive workload: Neuroimaging, pupillometric and event-related potential studies of brain work. **Theor Iss Ergon Sci**, v. 4, p. 56 – 88, 2003.

JUST, Marcel Adam; KELLER, Timothy A.; CYNKAR, Jacquelyn. A decrease in brain activation associated with driving when listening to someone speak. **Brain Research**, [S.L.], v. 1205, p. 70-80, abr. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.brainres.2007.12.075>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006899308002989>.

KAHNEMAN, D.; BEATTY, J. Pupil diameter and load on memory. **Science**, V. 154, P.1583-1585, 1966.

KAHNEMAN D.. **Attention and Effort**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1973. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.398.5285&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 19 fev. 2019.

KANDEL, Eric R.; SCHWARTZ, James H.; JESSEN, Thomas M.; SIEGELBAUM, Steven A.; HUDSPETH, A. J.. **Princípios de Neurociências**. Porto Alegre: Amgh, 2014. 964 p. Tradução: Ana Lucia Severo.

KANG, O.E.; HUFFER, K.E.; WHEATLEY, T.P.. Pupil dilation dynamics track attention to high-level information. **PLoS One**, v. 9, n. 8, 2014. Disponível em : <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0102463>. Acesso em: 12 maio. 2021.

KANTOWITZ, B. H.; KNIGHT, J. L.. Testing tapping timesharing: I. Auditory secondary task, **Acta Psychologica**, v.40, p. 343-362, 1976. [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(76\)90016-0](https://doi.org/10.1016/0001-6918(76)90016-0). Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0001691876900160>. Acesso em : 12 jan. 2019.

KANTOWITZ, B. H.. Attention and mental workload. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society. **Annual Meeting. Human Factors and Ergonomics Society, Santa Monica**, C.A, p.456-460, 2000.

KANTOWITZ, B. H., SIMSEK, O.. Secondary-task measures of driver workload. In **P. A. Hancock, P. A. Desmond (Eds.), Stress, Workload, and Fatigue**, p. 395-407, 2001. London: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. Disponível em:

<https://www.worldcat.org/title/stress-workload-and-fatigue/oclc/901229856>. Acesso em: 20 fev.2020.

KASCHAK,M.;MADDEN,C.J.;THERRIAULT,D.J.;YAXLEY,R.H.;AVEYARD,M.;BLANCHARD,A.A.,et al.. Perception of motion affects language processing. **Cognition**, v. 94, n. 3, p.79-89, 2005.

KASTNER, Sabine; PINSK, Mark A.; WEERD, Peter de; DESIMONE, Robert; UNGERLEIDER, Leslie G.. Increased Activity in Human Visual Cortex during Directed Attention in the Absence of Visual Stimulation. **Neuron**, [S.L.], v. 22, n. 4, p. 751-761, abr. 1999. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/S0896-6273\(00\)80734-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0896-6273(00)80734-5). Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896627300807345>. Acesso em: 10 Jul. 2019.

KERR, Nancy H.. Rate of imagery processing in two versus three dimensions. **Memory & Cognition**, [S.L.], v. 21, n. 4, p. 467-476, jul. 1993. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.3758/bf03197178>. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0027318746&origin=inward>. Acesso em: 12 ago. 2019.

KIKUKAWA M; TAGUCHI K. Characteristics of body sway during saccadic eye movement in patients with peripheral vestibular disorders. In: Igarashi M, Black FO (Eds.), Vestibular and visual control on posture and locomotion equilibrium. **Proceedings of the seventh international symposium on int. posturgraphy**. Karger, Basel;. p. 355–364, 1985.

KLINGNER, Jeff. **Measuring cognitive load during visual tasks by combining pupillometry and eye tracking**. 2010. 130 f. Tese (Doutorado) - Curso de Computer Science, Department Of Computer Science, Stanford University, Stanford, 2010 a.

KLINGNER, J.. Fixation-aligned Pupillary Response Averaging. **ETRA 2010**, Austin, TX, March 22 – 24, 2010 b.

KITTERLE, Frederick L.. Psychophysics of lateral tachistoscopic presentation. **Brain and Cognition**, v. 5, n. 2, p. 131–162, 1986. doi:10.1016/0278-2626(86)90052-7.

[https://doi.org/10.1016/0278-2626\(86\)90052-7](https://doi.org/10.1016/0278-2626(86)90052-7). Disponível em :
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278262686900527?casa_token=mT2qSpQ95GkAAAAA:tkbXolXhz_pzjweROA16bFmLUwk_G4SzhwE0_WDZXNmLIN_jNscBaZj8OmtMVVszaShPplCFm5Y. Acesso em: 3 fev.2020.

KLINGBERG, T., ROLAND, P.E., 1997. Interference between two concurrent tasks is associated with activation of overlapping fields in the cortex. **Cogn. Brain Res.** V. 6, p. 1–8, 1997. [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(97\)00010-4](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(97)00010-4). Disponível em:
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926641097000104?casa_token=OT427ppBSz8AAAAA:Q8ukLZmW-wMTuNViSovjLAqL0TZpjouEDm44EMyhgFeW6qUd1mrwcxCqvcYxv-9nqml9Ne8-fxs. Acesso em: 24 Jan. 2020.

KONSTANTOPOULOS, P.; CHAPMAN, P.; CRUNDALL, D.. Driver's visual attention as a function of driving experience and visibility. Using a driving simulator to explore drivers' eye movements in day, night and rain driving. **Accident Analysis and Prevention**, v.42, p. 827–834, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2009.09.022>.

KOWLER, Eileen; ANDERSON, Eric; DOSHER, Barbara; BLASER, Erik. The role of attention in the programming of saccades. **Vision Research**, [S.L.], v. 35, n. 13, p. 1897-1916, jul. 1995. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0042-6989\(94\)00279-u](http://dx.doi.org/10.1016/0042-6989(94)00279-u). Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004269899400279U>. Acesso em: 23 fev. 2019.

KUBOSE, Tate T.; BOCK, Kathryn; DELL, Gary S.; GARNSEY, Susan M.; KRAMER, Arthur F.; MAYHUGH, Jeff. The effects of speech production and speech comprehension on simulated driving performance. **Applied Cognitive Psychology**, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 43-63, jan. 2006. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/acp.1164>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/acp.1164>. Acesso em: 17 fev. 2020.

KUN, Andrew L.; Medenica, Zeljko. [ACM Press the 2012 ACM annual conference extended abstracts - Austin, Texas, USA (2012.05.05-2012.05.10)] Proceedings of the 2012 ACM annual conference extended abstracts on Human Factors in Computing Systems Extended Abstracts - CHI EA '12 - Video call, or not, that is the question. v., 1631, 2012. doi:10.1145/2212776.2223684.

LAND, Michael F.. Eye movements and the control of actions in everyday life. **Progress In Retinal And Eye Research**, [S.L.], v. 25, n. 3, p. 296-324, maio 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.preteyeres.2006.01.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350946206000036>. Acesso em: 22 nov. 2018.

LEE, John D.. Technology and teen drivers. **Journal Of Safety Research**, [S.L.], v. 38, n. 2, p. 203-213, jan. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsr.2007.02.008>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022437507000308>. Acesso em: 22 jan. 2021.

LEE, J.D., YOUNG, K.L., REGAN, M.A.. **Defining driver distraction**. In: Regan, M.A., Lee, J.D., Young, K.L. (Eds.), *Driver Distraction: Theory, Effects, and Mitigation*. CRC Press, Boca Raton, Florida, 2008.

LENNIE, Peter. The Cost of Cortical Computation. **Current Biology**, [S.L.], v. 13, n. 6, p. 493-497, mar. 2003. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0960-9822\(03\)00135-0](http://dx.doi.org/10.1016/s0960-9822(03)00135-0). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982203001350>. Acesso em: 22 out. 2019.

LENT, Roberto. **Cem bilhões de neurônios**: conceitos fundamentais de neurociência. São Paulo: Atheneu, 2004. 698 p.

LEGRAND, Agathe; MAZARS, Karine Doré; LAZZARESCHI, Julie; LEMOINE, Christelle; OLIVIER, Isabelle; BARRA, Julien; BUCCI, Maria Pia. Differing effects of prosaccades and antisaccades on postural stability. **Experimental Brain Research**, [S.L.], v. 227, n. 3, p. 397-405, 7 maio 2013. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00221-013-3519-z>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00221-013-3519-z>. Acesso em: 12 jan. 2021.

LEHTONEN, Esko; LAPPI, Otto; KOIRIKIVI, Iivo; SUMMALA, Heikki. Effect of driving experience on anticipatory look-ahead fixations in real curve driving. **Accident Analysis & Prevention**, [S.L.], v. 70, p. 195-208, set. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2014.04.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457514001079>. Acesso em: 12 mar. 2015.

LI, Shi-Wu; JI, Bing-Kui; SUN, Wen-Cai; WANG, Ling-Hong; YANG, Zhong-Kai. Study on the Influence of Driving Experience on Visual Characteristic. **Advances In Mechanical Engineering**, [S.L.], v. 5, p. 790813, jan. 2013. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/790813>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1155/2013/790813>. Acesso em: 12 mar. 2021.

LIMA, R. F. Compreendendo os mecanismos atencionais. **Ciênc. cogn.**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, jul. 2005. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-58212005000200013&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 10 jan. 2016.

LIU, Y. and WICKENS, C. D.. Visual scanning with or without spatial uncertainty and divided and selective attention, **Acta Psychologica**, v. 79, p. 131-153, 1992. [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(92\)90029-D](https://doi.org/10.1016/0001-6918(92)90029-D). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/000169189290029D>. Acesso em: 21 abr. 2019.

LIU, Taosheng; LARSSON, Jonas; CARRASCO, Marisa. Feature-Based Attention Modulates Orientation-Selective Responses in Human Visual Cortex. **Neuron**, [S.L.], v. 55, n. 2, p. 313-323, jul. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuron.2007.06.030>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896627307004758>. Acesso em: 20 fev.2020.

LIU, Taosheng; PESTILLI, Franco; CARRASCO, Marisa. Transient Attention Enhances Perceptual Performance and fMRI Response in Human Visual Cortex. **Neuron**, [S.L.], v. 45, n. 3, p. 469-477, fev. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuron.2004.12.039>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896627305000103>. Acesso em: 3 maio 2019.

LIU, B.S., LEE, Y.H., 2005. Effects of car-phone use and aggressive disposition during critical driving maneuvers. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, v. 8, n.4–5, p. 369-382, 2005. ISSN 1369-8478, <https://doi.org/10.1016/j.trf.2005.04.019>. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369847805000434?casa_token=OYavM5XY_XIAAAAA:plUfHLdX59DdbiHm29G9NoukZ7KvY7qsi_6x9i_61RmHv-hR8IU60FpCK5dBFIOeHa4kBQ38SUI. Acesso em: 22 ago. 2019.

LOVEJOY, L. P.; KRAUZLIS, R. J.. Inactivation of primate superior colliculus impairs covert selection of signals for perceptual judgments. **Nature & Neuroscience**, v.13, n. 2, p. 261–266, 2010. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nn.2470>. Acesso em: 7 abr. 2019.

MARQUART, Gerhard; CABRALL, Christopher; DE WINTER, Joost. **Review of Eye-related Measures of Drivers' Mental Workload. Procedia Manufacturing**, v. 3, p. 2854–2861, 2015. doi:10.1016/j.promfg.2015.07.783. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/1-s2.0-S2351978915007842-main.pdf>. Acesso em: 14 fev.2020.

MACAR, R. Atenção. In: DORON, R.; PAROT, F. **Dicionário de psicologia**. São Paulo: Ática, 2001. 89 p.

MCALONAN, K.; CAVANAUGH, J.; WURTZ, R. H.. Guarding the gateway to cortex with attention in visual thalamus. **Nature**, v. 456, n. 7220, p. 391–394, 2008. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature07382>. Acesso em: 13 dez. 2019.

MAIA, Núbia Cristina de Freitas. **Fundamentos básicos da oftalmologia e suas aplicações**. Palmas Tocantins: Eduft, 2018. 122 f. Universidade Federal do Tocantins. Disponível em: <file:///D:/1-A%20DOUTORADO%202020/1-A%20DOUTORADO%202020-2/artigo%20principal%20lend/OLHO/Fundamentos%20b%C3%A1sicos%20da%20oftalmologia%20e%20suas%20aplica%C3%A7%C3%B5es.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2021.

MAY, James G.; KENNEDY, Robert S.; WILLIAMS, Mary C.; DUNLAP, William P.; BRANNAN, Julie R. Eye movement indices of mental workload. **Acta Psychologica**, [S.L.], v. 75, n. 1, p. 75-89, out. 1990. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0001-6918\(90\)90067-p](http://dx.doi.org/10.1016/0001-6918(90)90067-p). Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/000169189090067P>. Acesso em: 13 jan. 2021.

MALTZ, Masha; SHINAR, David. Eye Movements of Younger and Older Drivers. Human Factors: **The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, [S.L.], v. 41, n. 1, p. 15-25, mar. 1999. SAGE Publications.

<http://dx.doi.org/10.1518/001872099779577282>. Disponível em:

<https://journals.sagepub.com/doi/10.1518/001872099779577282>. Acesso em: 12 fev. 2020.

MARMARAS, N.; KONTOGIANNIS, T. Cognitive task. In: SALVENDY, G. (Org.). **Handbook of industrial engineering**. New York: John Wiley & Sons, p. 1013-1040, 2001.

MARROCCO, R. T.; DAVIDSON, M. C.. Neurochemistry of attention. In R. Parasuraman (Ed.). **The attentive brain**, v. 12, p. 35–50, 1998. Cambridge, MA: The MIT Press.

MARSHALL, S. P.. **U.S. Patent No. 6,090,051**. Washington, DC: U.S. Patent, Trademark Office. 2000.

MARSHALL S.. **Method and Apparatus for Eye Tracking and Monitoring Pupil Dilation to Evaluate Cognitive Activity**. U.S. patent no. 6,090,051. 2000.

Disponível em:

<https://patentimages.storage.googleapis.com/91/2f/5f/236d6711dcf6b6/US6090051.pdf>. Acesso em: 3 jan. 2021.

MARSHALL, S. P. Identifying cognitive state from eye metrics. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 78, p. 165–175, 2007.

CHEAL, Marylou; LYON, Don R.; HUBBARD, David C.. Does Attention Have Different Effects on Line Orientation and Line Arrangement Discrimination? **The Quarterly Journal Of Experimental Psychology Section A**, [S.L.], v. 43, n. 4, p. 825-857, nov. 1991. SAGE Publications.

<http://dx.doi.org/10.1080/14640749108400959>. Disponível em:

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14640749108400959>.. Acesso em: 4 jan. 2021.

MATURANA, Humberto. **Cognição, ciência e vida cotidiana**. Belo Horizonte: Ufmg, 2001. 172 p.

MAXWELL, S. E.; DELANEY, H. D.. **Designing experiments and analyzing data: a model comparison approach**. Belmont, CA: Wadsworth, 1990.

MCCARLEY, J. S. et al.. Conversation disrupts change detection in complex traffic scenes. **Human Factors**, v. 46, n. 3, p. 423-436, 2004.

MCEVOY, S. P. et al.. Role of mobile phones in motor vehicle crashes resulting in hospital attendance: a case-crossover study. **British Medical Journal**, n. 331, p.428- 433, 2005.

MILTENBURG P. G. M.; KUIKEN M. J. **The Effect of Driving Experience on Visual Search Strategies**: Results of a Laboratory Experiment. Haren, The Netherlands: Traffic Research Centre, University of Groningen, 1990.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/noticias/ultimas-noticias/estudo-aponta-que-mais-de-50-dos-acidentes-de-transito-sao-causados-por-falhas-humanas765>. Acesso em: 14 jan. 2020.

MIURA T.. Coping with situational demands: A study of eye-movements and peripheral vision performance. In A. Gale, M. Freeman, C. Haslegrave, P. Smith & S. Taylor (Eds.), **Vision in Vehicles**, Amsterdam, Netherlands, p. 126-137, 1986.

MIURA, T.. Active function of eye movement and useful field of view in a realistic setting. In R. Groner, G. d'Ydewalle, & R. Parham (Eds.), **Studies in visual information processing**, v.1. From eye to mind: Information acquisition in perception, search, and reading . p. 119–127, 1990. North-Holland. Disponível em: <https://psycnet.apa.org/record/1990-98322-009>. Acesso em: 7 dez 2020.

MORAY, N.. Where is capacity limited? A survey and a model, **Acta Psychologica**, v. 27, p. 84-92, 1967. [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(67\)90048-0](https://doi.org/10.1016/0001-6918(67)90048-0) .Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0001691867900480>. Acesso em 15 mar. 2019.

MORAY, N.. **Mental workload**: Its theory and measurement. New York: Plenum,1979.

MOURANT, Ronald R.; ROCKWELL, Thomas H. Strategies of Visual Search by Novice and Experienced Drivers. **Human Factors**: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, [s.l.], v. 14, n. 4, p. 325-335, ago. 1972. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/001872087201400405>. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ronald_Mourant/publication/35267742_Strategies_of_visual_search_by_novice_and_experienced_drivers_microform/links/54294e7b0cf2e4ce940c9ca2.pdf. Acesso em: 18 out. 2019.

NABER, M.; NAKAYAMA, K.. Pupil responses to high-level image content. **Journal Of Vision**, [S.L.], v. 13, n. 6, p. 7-20, 17 maio. 2013. Association for Research in Vision and Ophthalmology (ARVO). <http://dx.doi.org/10.1167/13.6.7>.

NAKAYAMA, Ken; MARTINI, Paolo. Situating visual search. **Vision Research**, [S.L.], v. 51, n. 13, p. 1526-1537, jul. 2011. Elsevier BV.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.visres.2010.09.003>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0042698910004372>. Acesso em:
 29 abr. 2020.

NAKAYAMA, Ken; MACKEBEN, Manfred. Sustained and transient components of focal visual attention. **Vision Research**, [S.L.], v. 29, n. 11, p. 1631-1647, jan. 1989. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0042-6989\(89\)90144-2](http://dx.doi.org/10.1016/0042-6989(89)90144-2). Disponível em:
<https://visionlab.harvard.edu/members/ken/Papers/050visionres89.pdf>. Acesso em:
 17 fev. 2019.

NARAYAN, S.; BERGEN, B.; WEINBERG, Z.. Embodied verbal semantics: Evidence from a lexical matching task. **Proceedings of the 30th Annual Meeting of the Berkeley Linguistics Society**, CA, 2004.

NAHAS, T. R.. Nova perspectiva para tratamento de distúrbios atencionais. **Vox scientiae**, ano 1, n. 2, maio/jun. 2001. Disponível em:<http://www.eca.usp.br/nucleos/njr/voxscientiae/reportagemtatiana2.html>. Acesso em: 13 mar. 2018.

NEGGERS, S.F.; BEKKERING, H..Ocular gaze is anchored to the target of an ongoing pointing movement. **J. Neurophysiol.** v.83, n. 639, p.51, 2000.

NEGGERS, S.F.; BEKKERING, H..Gaze anchoring to a pointing target is present during the entire pointing movement and is driven by a non-visual signal. **J. Neurophysiol.** v.86, n. 961, p.70, 2001.

Neisser, U.. **Cognitive psychology**. New York: Appleton-Century-Crofts, 1967.

NHTSA -National Highway Traffic Safety Administration. **State Laws**. 2010. Disponível em: <http://www.distraction.gov/content/get-the-facts/state-laws.html>. Acesso em: 20 set. 2019.

NHTSA - National Highway Traffic Safety Administration. **Visual-manual NHTSA driver distraction guidelines for in-vehicle electronic devices**, 2012. Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), Department of Transportation.

NHTSA -National Highway Traffic Safety Administration. **State Laws**. 2015. Disponível em: <http://www.distraction.gov/content/get-the-facts/state-laws.html>. Acesso em: 20 set. 2019.

NAVON, D.; GOPHER, D.. On the economy of the human processing systems, **Psychological Review**, v.86, p. 254-255, 1979. Disponível em:
<file:///C:/Users/User/Downloads/1979-27744-001.pdf>. Acesso em: 19 out. 2019.

NEWMAN, S.D., KELLER, T.A., JUST, M.A.,. Volitional control of attention and brain activation in dual-task performance. **Hum. Brain Mapp.** v. 28, p. 109–117. 2007. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/hbm.20257>. Acesso em: 17 maio 2020.

NIEZGODA, Michal; TARNOWSKI, Adam; KRUSZEWSKI, Mikołaj; KAMIŃSKI, Tomasz. Towards testing auditory–vocal interfaces and detecting distraction while driving: a comparison of eye-movement measures in the assessment of cognitive workload. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, [S.L.], v. 32, p. 23-34, jul. 2015. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2015.04.012>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369847815000753>. Acesso em: 18 nov. 2020.

NOBRE, A. C.; SEBESTYEN, G. N.; MINIUSSi, C.. The dynamics of shifting visuospatial attention revealed by event-related potentials. **Neuropsychologia**, v. 38, n. 7, p. 964–974, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(00\)00015-4](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(00)00015-4). Disponível em:
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0028393200000154?casa_token=fSCecI_kIIEAAAAA:9OIQi4Yf4c0rdIctSDhHxUzJo1EGaeePChj7PB9ITrFSHir8209sbC7B6lyxBz_dJvFCFtdtvbw. Acesso em: 28 jun. 2019.

NORTH, R. A.. Task functional demands as factors in dual-task performance, in A. Neal and R. Palacek (eds), **Proceedings of the 21st Annual Meeting of the Human Factors Society**, Santa Monica, CA: Human Factors, p. 367-371, 1977. <https://doi.org/10.1177/107118137702100504>. Disponível em:
<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/107118137702100504>. Acesso em: 14 ago. 2019.

NUNES, Luis; RECARTE, Miguel Angel. Cognitive demands of hands-free-phone conversation while driving. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, [S.L.], v. 5, n. 2, p. 133-144, jun. 2002. Elsevier BV.
[http://dx.doi.org/10.1016/s1369-8478\(02\)00012-8](http://dx.doi.org/10.1016/s1369-8478(02)00012-8). Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369847802000128?via%3Dihub>. Acesso em: 27 jan. 2021.

OVIEDO-TRESPALACIOS, Oscar; HAQUE, Md. Mazharul; KING, Mark; WASHINGTON, Simon. Understanding the impacts of mobile phone distraction on driving performance: a systematic review. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, [S.L.], v. 72, p. 360-380, nov. 2016. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.trc.2016.10.006>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X16301917>. Acesso em: 20 maio 2020.

PALINKO, O.; KUN A.; SHYROKOV A.; HEEMAN. P.. Estimating cognitive load using remote eye tracking in a driving simulator. **Proceedings of the Eye Tracking Research and Applications Conference**, 2010. <https://doi.org/10.1145/1743666.1743701>. Disponível em:
https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/1743666.1743701?casa_token=DxP4mQ1wqj0AAA:3Q5Y560qJ2-OfaKle8XNLcpHoEZ-3Gp2RmXKMBWNeYI7bX58KICK_iwS3rU3J3lqNgptRjWH-zljSw. Acesso em: 7 de jun. 2020.

PALINKO, O.; KUN, A. L.. Exploring the influence of light and cognitive load on pupil diameter in driving simulator studies. **Proceedings of the 6th International Driving**

Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training, and Vehicle Design, 2011.

PARKES, A. M.; COLEMAN, N.. **Route guidance systems**: a comparison of methods of presenting directional information to the driver, in E. J. Lovesey (ed.), **Contemporary Ergonomics**; London: Taylor & Francis, p. 480-485, 1990.

PENG, Yiyun; BOYLE, Linda Ng. Driver's adaptive glance behavior to in-vehicle information systems. **Accident Analysis & Prevention**, [S.L.], v. 85, p. 93-101, dez. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2015.08.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000145751530035X>. Acesso em: 14 abr. 2021.

PESSOA, L.; KASTNER, S.; UNGERLEIDER, L. G. Neuroimaging studies of attention: from modulations sensory processing to top-down control. **The Journal of Neuroscience**, v. 15, n. 10, p. 3990-3998, 2003.

PLATTEN, F.; SCHWALM, M.; HÜLSMANN, J.; KREMS, J.. Analysis of compensative behavior in demanding driving situations. **Transportation Research Part F**, v. 26, p. 38-48, 2014.

PEYSAKHOVICH, Vsevolod; CAUSSE, Mickaël; SCANNELLA, Sébastien; DEHAIS, Frédéric. Frequency analysis of a task-evoked pupillary response: luminance-independent measure of mental effort. **International Journal Of Psychophysiology**, [S.L.], v. 97, n. 1, p. 30-37, jul. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2015.04.019>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167876015001671>. Acesso em: 04 mar. 2021.

PEELEN, Marius V; HESLENFELD, Dirk J; THEEUWES, Jan. Endogenous and exogenous attention shifts are mediated by the same large-scale neural network. **Neuroimage**, [S.L.], v. 22, n. 2, p. 822-830, jun. 2004. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.01.044>. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811904000801?casa_token=6eFK2yv84ccAAAAA:USO4hMJs0eUrSZLxg2AhJxrEaBu-CRpePULENJrwVUg8tZqoaVUuHDS2jAU3pAQ8HrWAO635vGg. Acesso em 22 mar. 2019.

POSNER, M. I.; SNYDER, C. R. R.. Facilitation and inhibition in the processing of signals. In P. M. A. Rabbitt & S. Dornic (Eds.), **Attention and Performance**, p. 669–682, 1975. New York: Academic Press.

POSNER, M. I.; PETERSEN, S. E.. The attention system of the human brain. **Annual Review of Neuroscience**, v. 13, p. 25–42, 1990. Disponível em: https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.ne.13.030190.000325?casa_token=wWoGv99CI_8AAAAA:zbrhhgFC7sxkLCr62XAwzk6XTjRGA3gYcgoBLBKVdHjvhfBvzl8qaFDYE-SGfrPF1pt90m0PmiRH8wv. Acesso em: 11 maio 2019.

POSNER, Michael I.. Orienting of Attention. **Quarterly Journal Of Experimental Psychology**, [S.L.], v. 32, n. 1, p. 3-25, fev. 1980. SAGE Publications.

<http://dx.doi.org/10.1080/00335558008248231>. Disponível em:
<https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1080/00335558008248231>. Acesso em 22
 jan. 2020.

POSNER, M. I.; FAN, J.. Attention as an organ system. In: POMERANTZ, J. R. (Ed.). **Topics in Integrative Neuroscience**, 2001. p. 31-61.

RAJKOWSKI, J., KUBIAK, P., ASTON-JONES, G.. Correlations between locus coeruleus (LC) neural activity, pupil diameter and behavior in monkey support a role of LC in **attention**. **Soc. Neurosci.** v. 19, n. 974, 1993.

RAKAUSKAS, M.E.; GUGERTY, L.J.; WARD, N.J.. Effects of naturalistic cell phone conversations on driving performance. **Journal of Safety Research**, v. 35, n. 4, p. 453– 464, 2004.

RANNEY, Thomas A.. Models of driving behavior: a review of their evolution. **Accident Analysis & Prevention**, [S.L.], v. 26, n. 6, p. 733-750, dez. 1994. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0001-4575\(94\)90051-5](http://dx.doi.org/10.1016/0001-4575(94)90051-5). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0001457594900515>. Acesso em: 5 out. 2018.

RANNEY, T.A., HARBLUK, J.L., NOY, Y.I.. Effects of voice technology on test track driving performance: implications for driver distraction. **Hum. Factors**, v. 47, p. 439– 454, 2005. DOI 10.1518/0018720054679515. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1518/0018720054679515>. Acesso em: 19 jul. 2019.

RAYNER, K., MORRIS, R. K. Do eye movements reflect higher order processes in reading? In R. Groner, G. d'Ydewalle, & R. Parham (Eds.), *Studies in visual information processing*, Vol. 1. From eye to mind: Information acquisition in perception, search, and reading .p. 179–190, 1990. North-Holland.

REASON, J. *et al.*. Errors and violations on the road: a real distinction? **Ergonomics**, n. 33, p. 1315-1332, 1990.

RECARTE, Miguel A .; NUNES, Luis M.. Effects of verbal and spatial-imagery task on eye fixations while driving. **Journal of Experimental Psychology: Applied**, v. 6, n. 1, p. 31-43, 2000. doi: 10.1037 / 1076-898x.6.1.31. Disponível em: Output: Print, email, save as PDF, or create a bibliography (scopus.com). Acesso em: 4 jan. 2021.

RECARTE, M. A.; NUNES, L.. Mental load and loss of control over speed in real driving.: Towards a theory of attentional speed control. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, v. 5, n. 2, p. 111–122, 2002.

RECARTE, Miguel A.; NUNES, Luis M.. Mental workload while driving: effects on visual search, discrimination, and decision making.. **Journal Of Experimental Psychology: Applied**, [S.L.], v. 9, n. 2, p. 119-137, 2003. American Psychological Association (APA). <http://dx.doi.org/10.1037/1076-898x.9.2.119>. Disponível em:

<https://psycnet.apa.org/doiLanding?doi=10.1037%2F1076-898X.9.2.119>. Acesso em: 7 out. 2019.

RECARTE M.; PEREZ E., CONCHILLO L.. Mental workload and visual impairment: Differences between pupil, blink, and subjective rating. **The Spanish Journal of Psychology**, v. 11, n. 2, p. 374-385, 2008. ISSN 1138-7416. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/29852-Article%20Text-29871-1-10-20110608.PDF>. Acesso em: 22 fev.2021.

REDELMEIER, D. A.; TIBSHIRANI, R. J. Association between cellular-telephone calls and motor vehicle collisions. **The New England Journal of Medicine**, v. 336, p. 453–502, 1997.

REED, N.; ROBBINS, R.. The Effect of text messaging on driver behaviour: A simulator study. **Transport research lab report**. PPR v. 367, 2008.

REIMER, Bryan. Impact of Cognitive Task Complexity on Drivers' Visual Tunneling. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, [S.L.], v. 2138, n. 1, p. 13-19, jan. 2009. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.3141/2138-03>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3141/2138-03>. Acesso em: 12 set. 2020.

REIMER, Bryan; MEHLER, Bruce; WANG, Ying; COUGHLIN, Joseph F.. The Impact of Systematic Variation of Cognitive Demand on Drivers' Visual Attention across Multiple Age Groups. **Proceedings Of The Human Factors And Ergonomics Society Annual Meeting**, [S.L.], v. 54, n. 24, p. 2052-2055, set. 2010. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/154193121005402407>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/154193121005402407>. Acesso em: 13 jan. 2021.

REY, Frederic; LÊ, Thanh-Thuan; BERTIN, René; KAPOULA, Zoï. Saccades horizontal or vertical at near or at far do not deteriorate postural control. **Auris Nasus Larynx**, [S.L.], v. 35, n. 2, p. 185-191, jun. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anl.2007.07.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0385814607001332?via%3Dihub>. Acesso em: 12 jan. 2021.

REYNOLDS, J. H.; DESIMONE, R..Interacting roles of attention and visual salience in V4. **Neuron**, v. 37, n. 5, p. 853–863, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(03\)00097-7](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(03)00097-7) Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896627303000977>. Acesso em 27 jun. 2020.

RICHARDSON, D. C.; SPIVEY, M. J.; MCRAE, K.; BARSALOU, L. W.. Spatial representations activated during real-time comprehension of verbs. **Cognitive Science**, v. 27, p. 767–780, 2003.

ROBINSON, D. L.; KERTZMAN, C.. Covert orienting of attention in macaques. III. Contributions of the superior colliculus. **Journal Of Neurophysiology**, [S.L.], v. 74,

n. 2, p. 713-721, 1 ago. 1995. American Physiological Society.
<http://dx.doi.org/10.1152/jn.1995.74.2.713>. Disponível em:
<https://journals.physiology.org/doi/abs/10.1152/jn.1995.74.2.713>. Acesso em 21 jan. 2019.

RODRIGUES, Sérgio Tosi . O movimento dos olhos e a relação percepção-ação. In: TEIXEIRA, L. A. (Org.). **Avanços em comportamento motor**. Rio Claro, SP: Movimento, p. 122-146, 2001.

ROCKWELL. Eye movement analysis of visual information acquisition in driving: an overview . **Australian Road Research Board (ARRB) Conference**. 6. ed. Canberra: Record Type: Publication, Cap. 3. p. 316-330, 1972.

ROLFE, J. M.. The secondary task as a measure of mental load, in W. T. Singleton, J. G. Fox and D. Whitfield (eds), **Measurement of Man at Work** (London: Taylor & Francis), p. 135-148, 1973.

ROSSINI, J. C.; GALERA, C. Atenção visual: estudos comportamentais da seleção baseada no espaço e no objeto. **Estudos de Psicologia**, Natal, v. 11, n. 1, p. 79-86, jan./abr. 2006.

RUSHWORTH, M.F.S.; PAUS, T.; RANNEY, P.K.. Attention systems and the organization of human parietal cortex. **J. Neurosci**. V. 21, p. 5262–5671, 2001. DOI. 10.1523/JNEUROSCI.21-14-05262.2001. Disponível em:
<https://www.jneurosci.org/content/21/14/5262.short>. Acesso em 12: ago. 2019.

RUSSO, G. S.; BRUCE, C. J.. Frontal eye field activity preceding aurally guided saccades. **J. Neurophysiol**, v.71, p. 1250-1253, 1994.

SALOMÃO S. R. Desenvolvimento da acuidade visual de grades. **Psicol USP**., v. 18, n. 2, p. 63-81, 2007.

SAMUELS, E.; SZABADI, E.. Functional Neuroanatomy of the Noradrenergic Locus Coeruleus: its roles in the regulation of arousal and autonomic function part ii. **Current Neuropsychopharmacology**, [S.L.], v. 6, n. 3, p. 254-285, 1 set. 2008. Bentham Science Publishers Ltd.. <http://dx.doi.org/10.2174/157015908785777193>.

SAMUELSSON, Stefan; NILSSON, Lena. Om möjligheterna att upptäcka och identifiera perifert presenterad information bilen. Vt' Rapport, Linköping, v. 0, n. 0, p. 1-36, nov. 1996.

SANTOS, Jorge; MERAT, Natasha; MOUTA, Sandra; BROOKHUIS, Karel; WAARD, Dick de. The interaction between driving and in-vehicle information systems: comparison of results from laboratory, simulator and real-world studies. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, [S.L.], v. 8, n. 2, p. 135-146, mar. 2005. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2005.04.001>. Disponível em:
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369847805000148?casa_token=wmPUgH9Hfd4AAAAA:9uENHXfNzJLPLea3jUuGiIRKjXZf8Ob631VHpG7-_oLkoROKsJHHt08LvQFPqalUOEvxRFIKIZI. Acesso em: 18 fev. 2019.

SARTER, M.; GIVENS, B.; BRUNO, J. P. The cognitive neuroscience of sustained attention: where top-down meets bottom-up. **Brain Res. Rev.**, v. 35, p. 146-160, 2001.

SELIGMANN-SILVA, E. **Desgaste mental no trabalho dominado**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ; Cortez, 1994.

SCHNEIDER, W.. Training high-performance skills: fallacies and guidelines, **Human Factors**, v. 27, p. 285-300, 1989. <https://doi.org/10.1177/001872088502700305>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/001872088502700305>. Acesso em: 19 jan. 2020.

SCHNEIDER, W.. **Automaticity**. In: Wilson, R.A., Keil, F.C. (Eds.), **The MIT encyclopedia of the cognitive sciences**. MIT Press, Cambridge, MA, p. 63–64, 1999. Disponível em: <https://philarchive.org/archive/WILP-52>. Acesso em: 26 maio 2020.

SCHWALM, M.; KEINATH, A.; ZIMMER, H. D.. Pupillometry as a method for measuring mental workload within a simulated driving task. In D. de Waard, F. O. Flemisch, B. Lorenz, H. Oberheid, & K. A. Brookhuis (Eds.), **Human factors for assistance and automation**, p. 1–13, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Maximilian-Schwalm/publication/262357754_Pupillometry_as_a_method_for_measuring_mental_workload_within_a_simulated_driving_task/links/0c960537600688a792000000/Pupillometry-as-a-method-for-measuring-mental-workload-within-a-simulated-driving-task.pdf Acesso em: 2 nov. 2020.

SCHWALM, M.. **Pupillometrie als Methode zur Erfassung mentaler Beanspruchungen im automotiven Kontext** (Doctoral dissertation). Saarbrücken: Universität Saarbrücken, 2009. <http://dx.doi.org/10.22028/D291-23297>. Disponível em: <https://publikationen.sulb.uni-saarland.de/handle/20.500.11880/23353>. Acesso em 2 jan 2021.

SCHWEIGERT, Manfred; BUBB, Heiner. Eye-Movements, Performance and Interference when Driving a Car and Performing Secondary Tasks. **Draft: Eye-movements, Performance And Interference**: München, 2001.

SHINAR, David; TRACTINSKY, Noam; COMPTON, Richard. Effects of practice, age, and task demands, on interference from a phone task while driving. **Accident Analysis & Prevention**, [S.L.], v. 37, n. 2, p. 315-326, mar. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2004.09.007>. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000145750400096X?casa_token=86kG8gDJSIUAAAAA:SSK_mx0zylhkyilBO3ydV45jaUliWXxlSI7iKkeXaQ0HDStUG1MgWa0vb4UxdYxLDd5P4cg3uAQ. Acesso em 26 set. 2019.

SILVA, Gustavo de Andrade. **Ergonomia cognitiva do uso de relógio inteligente durante condução simulada de automóvel**: movimento dos olhos e desempenho

de motoristas experientes e novatos. 2018. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Design, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2018.

SIVAK, Michael. The Information That Drivers Use: is it indeed 90% visual?. : Is it Indeed 90% Visual?. **Perception**, [s.l.], v. 25, n. 9, p. 1081-1089, set. 1996. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1068/p251081>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1068/p251081>. Acesso em: 24 ago. 2020.

SOHLBERG, M. M.; MATEER, C. A.. **Reabilitação cognitiva**: uma abordagem neuropsicológica integrativa. São Paulo: Ed. Santos, 2009. xix, 494 p.

SPIJKERS W.. IATSS- International Association of Traffic and Safety Sciences, **Publisher Elsevier**, v. 16, n.1, p. 27-34, 1992.

STEINHAUER, S. R., HAKEREM, G.. The pupillary response in cognitive psychophysiology and schizophrenia. In D. Friedman & G. Bruder (Eds), **Psychophysiology and Experimental Psychopathology**: A Tribute to Samuel Sutton, v. 658, p. 182–204, 1992. New York: NY Academy of Sciences.

STERNBERG, R. J. **Psicologia cognitiva**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

STEVENS, A.; MINTON, R. In-vehicle distraction and fatal accidents in England and Wales. **Accident Analysis & Prevention**, v. 33, n. 4, p. 539–545, 2001.

STRAYER, D. L.; JOHNSTON, W. A. Driven to distraction: Dual-task studies of simulated driving and conversing on a cellular phone. **Psychological Science**, v. 12, n. 6, p. 462–466, 2001.

STRAYER, David L.; DREWS, Frank A.. Cell-Phone? Induced Driver Distraction. Current Directions in **Psychological Science**, v. 16, n. 3, p. 128–131, 2007.doi:10.1111/j.1467-8721.2007.00489.x. disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1111/j.1467-8721.2007.00489.x>. Acesso em: 23 jun. 2019.

STRAYER, D. L.; COOPER, J. M.; TURRILL, J.; COLEMAN, J. R.; HOPMAN, R. J.. Talking to your car can drive you to distraction. Cognitive Research: Principles and Implications, V.1, p.1- 16, 2016. doi 10.1186 / s41235-016-0018-3.

STRICANNE, B.; ANDERSEN, R.A.; MAZZONI, P.. Eye-centered, head-centered, and intermediate coding of remembered sound locations in area LIP. **Neurophysiol.** V. 76, n. 2071, p.76, 1996.

SUMMALA, Heikki; NIEMINEN, Tapio; PUNTO, Maaret. Maintaining Lane Position with Peripheral Vision during In-Vehicle Tasks. **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, [s.l.], v. 38, n. 3, p. 442-451, set. 1996. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1518/001872096778701944>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1518/001872096778701944>. Acesso em: 21 ago. 2017.

TETTAMANTI, M.; BUCCINO, G.; SACCUMAN, M. C.; GALLESE, V.; DANNA, M., SCIFO, P., et al Listening to action-related sentences activates fronto-parietal motor circuits. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 17, p. 273–281, 2005. <http://dx.doi.org/10.1162/0898929053124965>.

TÖRNROS, Jan; BOLLING, Anne. Mobile phone use – effects of conversation on mental workload and driving speed in rural and urban environments. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, [S.L.], v. 9, n. 4, p. 298-306, jul. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2006.01.008>. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369847806000192?casa_token=7SLIDK9uNSkAAAAA:gDSodtYuN81FxXwFM7ewgJ7vjLiDxQV_DaBDEQzdhtDYa-CbAHowJMP3JQQCjpiqfwq1y13MvqM. Acesso em: 17 mar. 2020.

TREISMAN, A.; DAVIES, A.. Divided attention to eye and ear, in S. Kornblum (ed.), **Attention and Performance**, v.4, 1973. (New York: Academic Press).

TREUE, S.; MARTINEZ-TRUJILLO, J. C.. Feature-based attention influences motion processing gain in macaque visual cortex. **Nature**, v. 399, n. 6736, p. 575– 579, 1999. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/21176>. Acesso em: 13 nov. 2020.

TREUE, Stefan. Neural correlates of attention in primate visual cortex. **Trends In Neurosciences**, [S.L.], v. 24, n. 5, p. 295-300, maio 2001. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0166-2236\(00\)01814-2](http://dx.doi.org/10.1016/s0166-2236(00)01814-2). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166223600018142>. Acesso em: 1 fev. 2020.

TSAI Yi-Fang; VIIRRE Erik; STRYCHACZ Christopher; CHASE Bradley; JUNG Tzyy-Ping. 2007. Task performance and eye activity: Predicting behavior relating to cognitive workload. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 78, n. 5, May 2007. B176-B185. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.86.6880&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 3 fev. 2021.

TROUILLOUD, Audrey; KAUFFMANN, Louise; ROUX-SIBILON, Alexia; ROSSEL, Pauline; BOUCART, Muriel; MERMILLOD, Martial; PEYRIN, Carole. Rapid scene categorization: from coarse peripheral vision to fine central vision. **Vision Research**, [S.L.], v. 170, p. 60-72, maio 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.visres.2020.02.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004269892030050X>. Acesso em: 17 jul. 2019.

TSOTSOS, J. K.; CULHANE, S. M.; CUTZU, F.. From foundational principles to a hierarchical selection circuit for attention. In J. Tsotsos, S. Culhane, & C. Florin (Eds.), **Visual attention and cortical circuits**, p. 285–306, 2001. MIT Press.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/John_Tsotsos/publication/255656859_From_Foundational_Principles_to_a_Hierarchical_Selection_Circuit_for_Attention/links/0046353a1adb575d86000000.pdf. Acesso em: 2 jan. 2021.

TSOTSOS, J. K.; CULHANE, S. M.; WAI, W. Y. K.; LAI, Y.; DAVIS, N.; NUFLO, F.. Modeling visual attention via selective tuning. **Artificial Intelligence**, v. 78, n. 1–2, p. 507–545, 1995. Disponível em: <https://core.ac.uk/reader/81939030>. Acesso em: 19 jul. 2020.

UNDERWOOD, Geoffrey; RADACH, Ralph. Eye Guidance and Visual Information Processing. **Eye Guidance In Reading And Scene Perception**, [S.L.], p. 1-27, 1998. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-008043361-5/50002-x>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978008043361550002X>. Acesso em: 8 dez. 2020.

UNDERWOOD, G.; CRUNDALL, D.; CHAPMAN, P.. Selective searching while driving: The role of experience in hazard detection and general surveillance. **Ergonomics**, v. 45, p. 1–12, 2002. <http://dx.doi.org/10.1080/00140130110110610>.

UNDERWOOD, Geoffrey; CHAPMAN, Peter; BOWDEN, Karen; CRUNDALL, David. Visual search while driving: skill and awareness during inspection of the scene. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, [S.L.], v. 5, n. 2, p. 87-97, jun. 2002. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s1369-8478\(02\)00008-6](http://dx.doi.org/10.1016/s1369-8478(02)00008-6). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369847802000086>. Acesso em: 17 abr. 2018.

UNDERWOOD, G. Visual attention and the transition from novice to advanced driver. **Ergonomics**, v. 50, n. 8, p. 1235–1249, 2007. <http://dx.doi.org/10.1080/00140130701318707>. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00140130701318707?casa_token=IJS4EvYGIBMAAAAA%3AIsP_xxLBUMB0ETfQbrjFwcVckgcJ2hULfCOdEoVwyh626fumLphhIMMFDLRsrXjY1UaBDpGna4VMEw. Acesso em: 17 dez. 2020.

UNDERWOOD, Geoffrey; CRUNDALL, David; CHAPMAN, Peter. Driving simulator validation with hazard perception. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, [S.L.], v. 14, n. 6, p. 435-446, nov. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2011.04.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369847811000477>. Acesso em: 22 set. 2020.

VANDENBERGHE, R.; DUNCAN, J.; DUPONT, P.; WARD, R.; POLINE, J.B.; BORMANS, G.; MICHIELS, J.; MORTELMANS, L.; ORBAN, G.A.. Attention to one or two features in left or right visual field: a positron emission tomography study. J.

Neurosci. V.17, p. 3739–3750, 1997. Disponível em:
<https://www.jneurosci.org/content/jneuro/17/10/3739.full.pdf> .Acesso em: 22 jan. 2020.

VENTURA, Hugo, Miguel, Pinto. **Simulação da profundidade de campo:** profundidade de campo. 2009. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia da Informática, Faculdades de Ciência e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2009. Cap. 2. Disponível em:
file:///C:/Users/User/Downloads/Ventura_2009.pdf. Acesso em: 23 abr. 2021.

VERNEY, S. P., GRANHOLM, E., MARSHALL, S. P.. Pupillary responses on the visual backward masking task reflect general cognitive ability. **Int J Psychophysiol**, v. 52, p. 23–26, 2004.

VICTOR, Trent W.; HARBLUK, Joanne L.; ENGSTRÖM, Johan A.. Sensitivity of eye-movement measures to in-vehicle task difficulty. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, [S.L.], v. 8, n. 2, p. 167-190, mar. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2005.04.014>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369847805000161>. Acesso em: 6 out. 2020.

VOLLRATH, Mark; CLIFFORD, Caroline; HUEMER, Anja Katharina. Even experienced phone users drive worse while texting – A driving simulator study. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, [S.L.], v. 78, p. 218-225, abr. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2021.02.007>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369847821000310>. Acesso em: 27 maio 2021.

WEILL-FASSINA, A. L'Analyse des aspects cognitifs du travail. In: DADOY, M. et al. (Orgs.). **Les analyses du travail:** enjeux et formes. Paris: Cereq., p.193-198, 1990.

WELFORD, A.T.. Single-channel operation in the brain. **Acta Psychologica**, [S.L.], v. 27, p. 5-22, 1967. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0001-6918\(67\)90040-6](http://dx.doi.org/10.1016/0001-6918(67)90040-6). Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0001691867900406>. Acesso em: 23 jun. 2019.

WICKENS, Christopher D.. The effects of divided attention on information processing in manual tracking. **Journal Of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, [S.L.], v. 2, n. 1, p. 1-13, 1976. American Psychological Association (APA). <http://dx.doi.org/10.1037/0096-1523.2.1.1>. Disponível em:
<https://psycnet.apa.org/fulltext/1976-09005-001.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2019.

WICKENS, C. D.. The structure of attentional resources, in R. Nickerson (ed.), **Attention and Performance VIII** (Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum), v. 239, n. 257, 1980. Disponível em : <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=K5pa9DlnzFYC&oi=fnd&pg=PA239&dq=WICKENS,+C.+D.+1980,+The+>

structure+of+attentional+resources,+in+R.+Nickerson+(ed.),+Attention+and+Performance+VIII+(Hillsdale,+NJ:+Lawrence+Erlbaum),+239%C2%B1257.&ots=O2Bv7uwMOx&sig=xB4hQRu-OLqjW1_zfIZ5-TP8660#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 3 mar. 2019.

WICKENS, C. D. The structure of attentional resources. In R. Nickerson (Ed.), **Attention and performance** VHZ. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1984.

WICKENS, C. D..**Engineering Psychology and Human Performance**. NY: HarperCollins Publishers Inc, 1992.

WICKENS, C.D.. **Cognitive factors in display design**. J. Wash. Acad. Sci. v. 83, p. 179–201, 1993.

WICKENS, C.D., HOLLANDS, J.C.. **Engineering Psychology and Human Performance**. Prentice-Hall, New York. 1999.

WICKENS, C. D.; HOLLANDS, J.. **Engineering Psychology and Human Performance**, 3 ed. .Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2000. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=_rFmCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=WICKENS,+C.+D.+and+HOLLANDS,+J.+2000,+Engineering+Psychology+and+Human+Performance,+3rd+edn+\(Upper+Saddle+River,+NJ:+Prentice+Hall\).&ots=wYnicoiJEQ&sig=HgMO_6Uy3zegKpmdaJl3nu6Zmes#v=onepage&q=WICKENS%2C%20C.%20D.%20and%20HOLLANDS%2C%20J.%202000%2C%20Engineering%20Psychology%20and%20Human%20Performance%2C%203rd%20edn%20\(Upper%20Saddle%20River%2C%20NJ%3A%20Prentice%20Hall\).&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=_rFmCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=WICKENS,+C.+D.+and+HOLLANDS,+J.+2000,+Engineering+Psychology+and+Human+Performance,+3rd+edn+(Upper+Saddle+River,+NJ:+Prentice+Hall).&ots=wYnicoiJEQ&sig=HgMO_6Uy3zegKpmdaJl3nu6Zmes#v=onepage&q=WICKENS%2C%20C.%20D.%20and%20HOLLANDS%2C%20J.%202000%2C%20Engineering%20Psychology%20and%20Human%20Performance%2C%203rd%20edn%20(Upper%20Saddle%20River%2C%20NJ%3A%20Prentice%20Hall).&f=false). Acesso em: 17 mar. 2019.

WICKENS, Christopher D.. Multiple resources and performance prediction. **Theoretical Issues In Ergonomics Science**, [S.L.], v. 3, n. 2, p. 159-177, jan. 2002. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/14639220210123806>.

WICKENS, Christopher D.. Multiple Resources and Mental Workload. **Human Factors**: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, [S.L.], v. 50, n. 3, p. 449-455, jun. 2008. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1518/001872008x288394>. Disponível em: https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1518/001872008X288394?casa_token=jK0mXX6juVoAAAAA:tSuwfyEjBV_JZLk97wbufRYJq-07290uxahyUVsbCQefoKxUvO6BPomGoq97QEGmmEFRIBB-EmhGIA. Acesso em: 21 mar. 2020.

WILSCHUT, E.S.; RINKENAUER, G.; BROOKHUIS, K.A.; FALKENSTEIN, M.. Effects of visual search task complexity on lane change task performance. In: **Proceedings of the European Conference on Human Centred Design for Intelligent Transport Systems**, Lyon, France.2008. Disponível em: http://worldcat.org/digitalarchive/content/CDM266301.cdmhost.com/CBT/p266401coll4/1215542943230/HUMANIST_Proceedings_2008.pdf#page=31. Acesso em: 14 fev. 2021.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Global status report on road safety: time for action**. Geneva: World Health Organization, 2015. Disponível em: http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2009/en/. Acesso em: 20 dez 2019.

XIE, B.; SALVENDY, G.. Review and reappraisal of modelling and predicting mental workload in single- and multi-task environments. **Work and Stress**, v. 14, n. 1, p. 74–99, 2000.

YANTIS, Steven; JONIDES, John. Attentional capture by abrupt onsets: new perceptual objects or visual masking?. **Journal Of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, [S.L.], v. 22, n. 6, p. 1505-1513, 1996. American Psychological Association (APA). <http://dx.doi.org/10.1037/0096-1523.22.6.1505>. Disponível em: <https://psycnet.apa.org/record/1996-06577-011>. Acesso em: 4 dez. 2020.

YOUNG M.; MAHFOUD J.. Driven to distraction: Determining the effects of roadside advertising on driver attention. **Ergonomics Research Group Report, Brunel University, Uxbridge, England**, 2008. Disponível em: <https://bura.brunel.ac.uk/bitstream/2438/2229/1/Roadside%20distractions%20final%20report%20%28Brunel%29.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2021.

YOUNG, Kristie L.; LENNÉ, Michael G.; WILLIAMSON, Amy R.. Sensitivity of the lane change test as a measure of in-vehicle system demand. **Applied Ergonomics**, [S.L.], v. 42, n. 4, p. 611-618, maio 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2010.06.020>. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003687010001353?casa_token=jKhIXF7C1w4AAAAA:VMct5vUN2mF3qjTuDQ735dr2TaN00AfnhS62XHJzjs75Pmo3bQTARL7DbEHS9qm_4_30RxIZaYs. Acesso em: 18 fev. 2021.

YOUNG, Kristie L.; SALMON, Paul M.. Examining the relationship between driver distraction and driving errors: a discussion of theory, studies and methods. **Safety Science**, [S.L.], v. 50, n. 2, p. 165-174, fev. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2011.07.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092575351100155X?via%3Dihub>. Acesso em: 3 mar. 2021.

ZACKON, David H; CASSON, Evanne J; ZAFAR, Aftab; STELMACH, Lew; RACETTE, Lyn. The temporal order judgment paradigm: subcortical attentional contribution under exogenous and endogenous cueing conditions. **Neuropsychologia**, [S.L.], v. 37, n. 5, p. 511-520, fev. 1999. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0028-3932\(98\)00134-1](http://dx.doi.org/10.1016/s0028-3932(98)00134-1). Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0028393298001341?casa_token=Rdz7ZUbu7jAAAAA:FFX2bYVXvRwAgKbvhCH9OFILkSNeyt4s6y7OAnKgyAeRZt44rDXjhA97RFSEs54xnMFik0QHK80. Acesso em: 27 fev. 2021.

ZEKVELD, Adriana A.; KRAMER, Sophia E.; FESTEN, Joost M.. **Pupil Response as an Indication of Effortful Listening:** the influence of sentence intelligibility. *Ear, Hearing*, Amsterdam, v. 31, n. 4, p. 480-490, 2010.

ZWAHLEN, H. T.; ADAMS, C. C., JR.; DE BALD, D. P.. Safety aspects of CRT touch panel controls in automobiles. In A. G. Gale, et al. (Eds.), **Vision in vehicles II**, p. 335–344, 1988. The Netherlands: North Holland.

ANEXOS

ANEXO I - Formulário – experimento 1

**ANEXO II- Termo de Consentimento Livre Esclarecido -
experimento 1**

ANEXO III - Formulário Pré-Coleta - experimento 2

ANEXO IV - Formulário Pós-Coleta - experimento 2

ANEXO V - Teste de Snellen

ANEXO VI- Instruções da coleta ao participante - experimento 2

**ANEXO VII- Termo de Consentimento Livre Esclarecido -
experimento 2**

ANEXO I- Formulário - experimento 1



Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação

Programa de Pós-graduação em Design – LIVIA: Laboratório de Informação Visão e Ação

(EFEITO DISTRATOR DO TELEFONE CELULAR SOBRE A CONDUÇÃO SIMULADA DE AUTOMÓVEIS: SITUAÇÕES DE USO MANUAL E VIVA-VOZ).

FORMULÁRIO

Experiente() Novato ()
 (Mais de 30 mil Km) (Menos de 15 mil Km)

NOME
 TELEFONE

IDADE / DATA DE NASCIMENTO

1-Tem habilitação e dirige carro há quanto anos?

2- Dirige quantos dias por semana? _____

3- Quantos Km por Mês? _____

2-Tem hábito de jogar videogames com o tema direção de veículos, Sim () Não ()

Se sim, há quantos anos joga este tipo de jogo? _____

3- Já jogou videogame com Cockpit?

Muitas vezes (), poucas vezes () Nunca jogou ()

4 Já dirigiu em um simulador de direção? sim () Não ()

5-Tem algum problema oftalmológico? Sim () Não ()

6- Se sim, faz uso de correção?

Lente () Óculos ()

Se sim, cite qual é, e se afeta um olho ou os dois?

7- Tem hábito de dirigir e utilizar o celular?

Muitas vezes (), poucas vezes () Nunca usou ()

8- Qual(s) tarefa(s) realiza mais no celular enquanto dirige?

a) Conversa: viva-voz () b) segurando o celular na mão () c) Escrever mensagens ()

b) Ler mensagens () d) Todas acima ()

9- Você acha que falar no celular enquanto dirige, oferece risco à sua vida?

A)Sim() B) Não() Se Sim, qual tarefa realizada no celular acha mais perigosa?

10- Qual tarefa acha que oferece mais risco de acidente no trânsito:

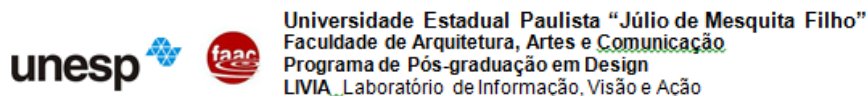
a) Guiar e conversar no celular segurando com uma mão? ()

b) Guiar e conversar no celular no viva-voz? ()

c) Nenhuma das tarefas acima oferece mais risco de acidente no trânsito:

RESULTADO DO TESTE OFTAMOLÓGICO: _____

ANEXO II- Termo de Consentimento Livre Esclarecido – experimento 1



(EFEITO DISTRATOR DO TELEFONE CELULAR SOBRE A CONDUÇÃO SIMULADA DE AUTOMÓVEIS: SITUAÇÕES DE USO MANUAL E VIVA-VOZ)

A pesquisa “Efeito distrator do telefone celular sobre a condução simulada de automóveis: situações de uso manual e viva-voz” tem como objetivo avaliar o efeito no desempenho do condutor de veículo em situação simulada, do ponto de vista atencional, com subsequente manuseio de telefone móvel (celular), a fim de detectar o quanto o telefone móvel (celular) contribuir para a distração do motorista no ato de dirigir automóvel.

Para a coleta de dados será utilizado um Sistema de medidas do movimento dos olhos e cabeça, por meio de câmeras, a direção de automóvel será em situação simulada. Nenhum dos procedimentos será invasivo e não causará nenhum desconforto ou risco à sua saúde, tendo em vista que as atividades a serem realizadas fazem parte do cotidiano da maioria das pessoas com habilitação de veículos. Em caso de dúvidas, você será totalmente esclarecido pelos responsáveis da pesquisa antes e durante a realização do experimento, além da possibilidade de entrar em contato por um dos meios divulgados abaixo.

Este “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido” atende a Resolução 196/96-CNS-MS e o “Código de Deontologia do Ergonomista Certificado – Norma ERG BR 1002 – ABERGO”.

Eu, _____, RG _____ - SSP/_____, estando ciente das informações acima lidas, concordo em participar da pesquisa **“Efeito distrator do telefone celular sobre a condução simulada de automóveis: situações de uso manual e viva-voz”** e entendo que as informações cedidas por mim são confidenciais, autorizando a sua divulgação no meio científico e acadêmico de forma anônima e global, tendo a minha identidade totalmente preservada. Estou ciente de que sou voluntário e, portanto, não receberei nenhum benefício por participar desta pesquisa, bem como não terei ônus algum. Tenho total liberdade para aceitar ou recusar fazer parte deste estudo e sei que a minha recusa, em qualquer momento do experimento, não acarretará nenhum prejuízo para mim.

Bauru, _____ de _____ de 2015.

Assinatura do sujeito

Pesquisadora Bethânia Graick Carizio

Prof. Dr. Sergio Tosi Rodrigues

(orientador)

Bethânia Graick Carizio Avenida Raul Furquim, 1295 Bairro: Casagrande CEP: 14701-600 Bebedoro -SP Telefones: (17)981426776/ (17)33423410 email: bethanya.carizio@yahoo.com.br	Prof. Dr. Sérgio Tosi Rodrigues Rua Bairro CEP: Bauru - SP Telefones: (14) email: srodrigu@fc.unesp.br	LIVIA Laboratório de Informação, Visão e Ação PPGDesign – FAAC – UNESP Av. Luís E. Carrijo Coube, 14-01 – Vargem Limpa, Bauru, SP, Brasil. CEP 17033-360 / Tel: (14) 3103-6082 –Ramal: 7611 email: livia@fc.unesp.br
--	---	---

ANEXO III - Formulário Pré-coleta - experimento 2



Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação
 Programa de Pós-graduação em Design – LÍVIA: Laboratório de Informação Visão e Ação
 EFEITOS DA DISTRAÇÃO NA INDUÇÃO DE IMAGENS MENTAIS EM MOTORISTAS NA CONDUÇÃO SIMULADA
 DE AUTOMÓVEIS: IMPLICAÇÕES PARA A ERGONOMIA COGNITIVA
FORMULÁRIO PRÉ-COLETA

Experiente() Novato ()
 (Mais de 30 mil Km) (Menos de 10 mil Km)

NOME:	IDADE	DATA DE NASCIMENTO
TELEFONE:		
E-MAIL:		

1-Tem habilitação e dirige carro há quanto tempo? _____

2- Dirige quantos dias por semana?

3- Quantos Km por Mês? _____

2-Tem hábito de jogar videogames com o tema direção de veículos, Sim () Não ()

Se sim, há quantos anos joga este tipo de jogo? _____

3- Já jogou videogame com *Cockpit*?

A)Muitas vezes () B) poucas vezes () C)Nunca jogou ()

4 Já dirigiu em um simulador de direção? A) sim () B)Não ()

5-Tem algum problema oftalmológico? A)Sim () B)Não ()

6- Se sim, faz uso de correção?

A) Lente () B) Óculos ()

Se sim, cite qual é, e se afeta um olho (qual olho) ou os dois?

7- Tem hábito de dirigir e utilizar algum, ou vários dispositivos eletrônicos? A)sim () B) não ()

I) Se sim qual ou quais são?

Qual a frequência de uso?

1-	A)Sempre () B) Muitas vezes () C)Poucas vezes () D)Raramente ()
2-	A)Sempre () B) Muitas vezes () C)Poucas vezes () D)Raramente ()
3-	A)Sempre () B) Muitas vezes () C)Poucas vezes () D)Raramente ()
4-	A)Sempre () B) Muitas vezes () C)Poucas vezes () D)Raramente ()

II)Qual(s) tarefa(s) mais realiza neste(s) dispositivo(s) enquanto dirige?

Nome do dispositivo	Tarefas: (Ex: conversar, escrever texto, mandar mensagens, clicar na tela, interagir com o GPS, dentre outros)	Você considera esta tarefa perigosa, na direção.
1-		A)sim() B)não() C) um pouco()
2-		A)sim() B)não() C) um pouco()
3-		A)sim() B)não() C) um pouco()
4-		A)sim() B)não() C) um pouco()

8-Tem hábito de dirigir e conversar ao mesmo tempo? (seja com o computador de bordo, celular ou com um passageiro?)

A)Sim() B) Não()

9-Você acha que conversar enquanto dirige, oferece risco à sua vida?

A)Sim() B) Não() C) um pouco() D) depende do tipo de conversa()

RESULTADO DO TESTE OFTAMOLÓGICO: _____

ANEXO IV - Formulário Pós-Coleta



Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação
Programa de Pós-graduação em Design – LÍVIA: Laboratório de Informação Visão e Ação
EFEITOS DA DISTRAÇÃO NA INDUÇÃO DE IMAGENS MENTAIS EM MOTORISTAS NA CONDUÇÃO SIMULADA
DE AUTOMÓVEIS: IMPLICAÇÕES PARA A ERGONOMIA COGNITIVA
FORMULÁRIO PÓS-COLETA

Experiente () Novato ()

NOME	IDADE / DATA DE NASCIMENTO

4- Em sua opinião, qual o grau de dificuldade da tarefa cognitiva (imaginação do cubo). Circule o valor que representa.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Muito fácil

Muito difícil

Se sim, por quê?

6-Você acredita que o simulador de direção é similar à situação real de direção?

A) Sim () B) Não ()

6.1-O que mais se assemelha à situação real no simulador?

--

6.2- O que menos se assemelha à situação real no simulador?

--

6- Assinale o grau que o simulador se parece ou não com a situação de direção REAL

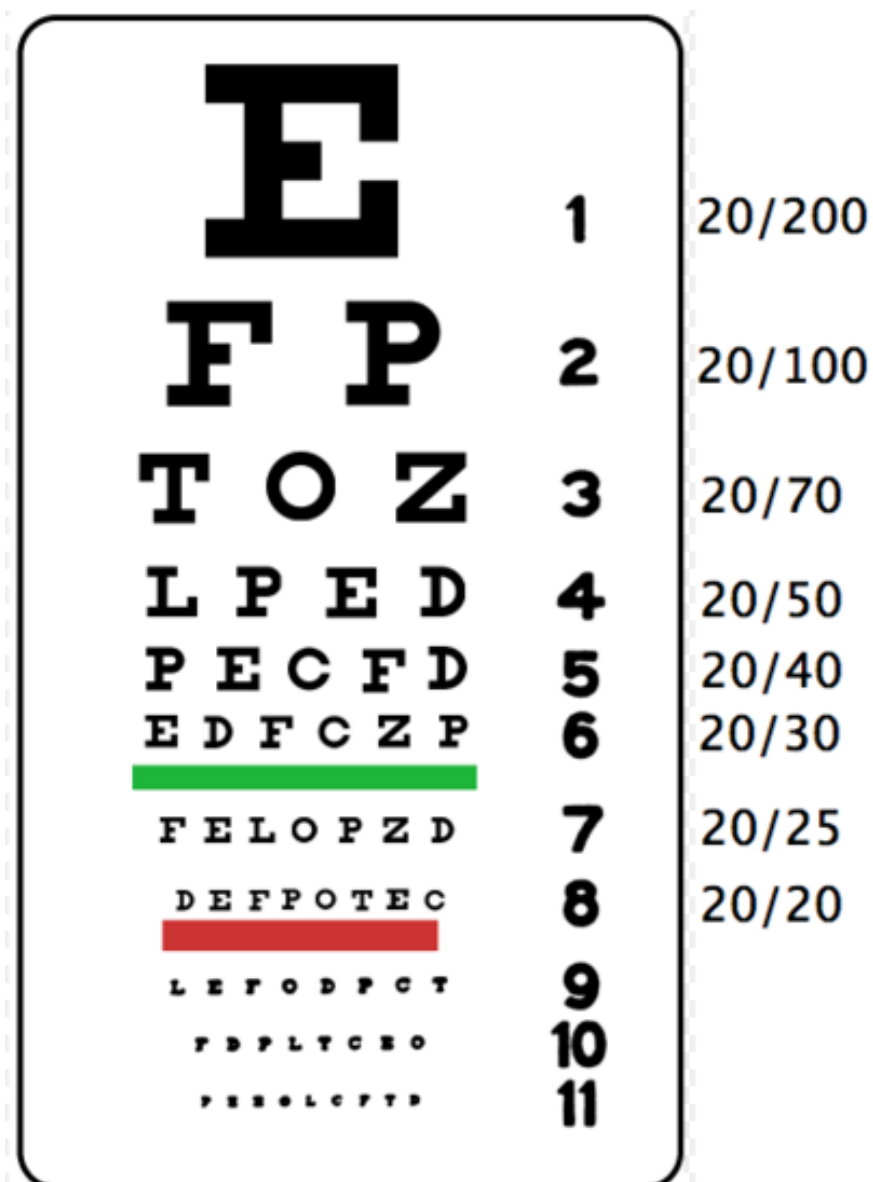
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Não se parece
nada com a
situação real

Se parece
muito com a
situação real

Obrigada por participar!

ANEXO V- Teste de Snellen de acuidade visual



Fonte: Salomão (2007)

ANEXO VI - Instruções da coleta ao participante – experimento 2

INSTRUÇÕES DA COLETA AO PARTICIPANTE

- Você dirigirá em um simulador de direção, em uma via urbana mão única, peço que siga as regras de trânsito normalmente e mantenha a velocidade de 60km/h.
- Caso haja colisão com algum obstáculo, deve continuar dirigindo até o final da tentativa.
- Serão 24 tentativas de em média um minuto cada, sendo 12 apenas dirigindo e 12 realizando uma tarefa cognitiva simultaneamente à direção. Totalizando por volta de 40 minutos, com os intervalos.
- Ao realizar a tarefa a de direção concomitante à cognitiva, deve se esforçar para realizar as duas tarefas com sucesso.
- Se sentir algum desconforto, nos avise para interrompermos a sessão.
- Você tem alguma dúvida? Então vamos começar!

ANEXO VII- Termo de Consentimento Livre Esclarecido



Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação
Programa de Pós-graduação em Design – LIVIA: Laboratório de Informação Visão e Ação
EFEITOS DA DISTRAÇÃO NA INDUÇÃO DE IMAGENS MENTAIS EM MOTORISTAS NA CONDUÇÃO SIMULADA
DE AUTOMÓVEIS: IMPLICAÇÕES PARA A ERGONOMIA COGNITIVA

TÍTULO DO PROJETO: Efeitos da distração na indução de imagens mentais em motoristas na condução simulada de automóveis: implicações para a ergonomia cognitiva

Você está sendo convidado(a) a participar deste projeto de pesquisa. Por favor, leia cuidadosamente toda a informação a seguir. Peça-nos para explicar quaisquer palavras ou termos que não estejam claros para você. Estamos a sua disposição para responder qualquer pergunta ou dúvida que você tenha sobre esta pesquisa. Após todos os esclarecimentos, se você decidir participar deste estudo, será solicitado que assine este termo. Você receberá uma cópia deste termo assinado e deverá guardar sua cópia.

Declaro que tomei ciência, que fui esclarecido(a) e que não tenho dúvidas quanto a minha participação nesta pesquisa. De acordo com os termos abaixo relacionados, fui informado que:

O objetivo deste estudo é determinar os efeitos da experiência de motoristas e do aumento da demanda atencional, associado a tarefa indução de elaborações de imagens mentais durante a tarefa de condução simulada de automóveis.

Para a coleta de dados será utilizado um Sistema de medidas do movimento dos olhos e cabeça, por meio de câmeras, a direção de automóvel será em situação simulada. As atividades a serem realizadas no simulador de direção fazem parte do cotidiano da maioria das pessoas com habilitação de veículos.

Nenhum dos procedimentos será invasivo, porém o simulador de direção e o equipamento de mensuração do movimento dos olhos poderá, com mínimo risco, causar náuseas, tonturas, enjoo, aflição ou demais desconfortos. Caso ocorra algum destes eventos de desconforto com o participante, o experimento será interrompido imediatamente, e em caso mais extremos será solicitado o socorro médico.

Em caso de dúvidas, eu serei totalmente esclarecido pelos responsáveis da pesquisa antes e durante a realização do experimento, além da possibilidade de entrar em contato por um dos meios divulgados no fim do presente documento.

Autorizo, para devidos fins, o uso, a divulgação e publicação em revistas científicas dos dados obtidos nesta pesquisa, desde que eu não seja identificado. Tenho, por parte dos pesquisadores, a garantia do sigilo (segredo) que garante a minha privacidade.

Entendo que posso fazer qualquer pergunta sobre tudo o que acontece na pesquisa e que eu sou livre para não participar da pesquisa ou para retirar meu consentimento de participação a qualquer momento, sem nenhum prejuízo de minha parte.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE, APÓS ESCLARECIMENTO.

Eu, _____

Li e/ou ouvi o esclarecimento sobre o projeto e compreendi para que serve o estudo, e a qual(is) procedimento(s) eu serei submetido. A explicação que recebi esclarece os riscos do estudo. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento, sem justificar minha decisão e que isso não me prejudicará. Diante desse entendimento eu concordo em participar do estudo.

Bauru, ...//.....

Assinatura do voluntário ou seu responsável legal

Documento de identidade: Nº

Bethânia Graick Carizio

RG: 30632528-7

Telefone (17)981426776

E-mail: bethanya.carizio@unesp.br

Sérgio Tosi Rodrigues

LIVIA: Laboratório de Informação, Visão e Ação.

Av. Luis E. Carrijo Coube, 14-01- Vargem Limpa, Bauru, SP, Brasil

CEP 17033-360/Tel: (14) 3103-6082-Ramal 7611

Email: livia@fc.unesp.br