



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

JULIANA CRISTINA DE ANGELO

ERGONOMIA COGNITIVA NA CONDUÇÃO SIMULADA DE
AUTOMÓVEL: EFEITOS DA APTIDÃO FÍSICA E DA
VELOCIDADE SOBRE A AQUISIÇÃO DE INFORMAÇÃO
VISUAL DOS MOTORISTAS

BAURU (SP)

2017



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

JULIANA CRISTINA DE ANGELO

ERGONOMIA COGNITIVA NA CONDUÇÃO SIMULADA DE
AUTOMÓVEL: EFEITOS DA APTIDÃO FÍSICA E DA
VELOCIDADE SOBRE A AQUISIÇÃO DE INFORMAÇÃO
VISUAL DOS MOTORISTAS

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Design, no Programa de Pós-Graduação em Design da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de Bauru, linha de pesquisa em Ergonomia sob orientação do Prof. Dr. Sérgio Tosi Rodrigues.

BAURU (SP)

2017

Angelo, Juliana Cristina de.

Ergonomia Cognitiva na condução simulada de automóvel:
efeitos da aptidão física e da velocidade sobre a
aquisição de informação visual dos motoristas /
Juliana Cristina de Angelo, 2017.

84 f.: il.

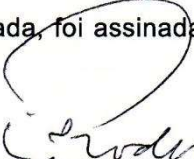
Orientador: Prof. Dr. Sergio Tosi Rodrigues.

Dissertação (Mestrado em Design)- Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação,
Bauru, 2017.

1. Movimento dos olhos. 2. Movimento da cabeça. 3.
Simulador de automóvel. 4. Velocidade de condução. 5.
Aptidão Física. I. Universidade Estadual Paulista.
Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação. II.
Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE JULIANA CRISTINA DE ANGELO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN, DA FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 23 dias do mês de março do ano de 2017, às 09:00 horas, no(a) Sala de Reuniões da Secretaria de Pós-Graduação/FAAC, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. SERGIO TOSI RODRIGUES - Orientador(a) do(a) Departamento de Educação Física / Faculdade de Ciências, Profa. Dra. PAULA FAVARO POLASTRI ZAGO do(a) Departamento de Educação Física / Faculdade de Ciências de Bauru - Bauru/SP, Prof. Dr. FAUSTO ORSI MEDOLA do(a) Departamento de Design / Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação de Bauru, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de JULIANA CRISTINA DE ANGELO, intitulada **ERGONOMIA COGNITIVA NA CONDUÇÃO SIMULADA DE AUTOMÓVEL: EFEITOS DA APTIDÃO FÍSICA E DA VELOCIDADE SOBRE A AQUISIÇÃO DE INFORMAÇÃO VISUAL DOS MOTORISTAS**. Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.



Prof. Dr. SERGIO TOSI RODRIGUES



Profa. Dra. PAULA FAVARO POLASTRI ZAGO



Prof. Dr. FAUSTO ORSI MEDOLA

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a Deus, pela sabedoria que me concebeu para chegar até aqui, foi um longo trabalho, com muitas mudanças e aprendizagem até sua finalização.

Agradeço à minha família, meus pais (Marisa e José) e irmãos (Dani e Rafa), pela paciência e compreensão. Ao Walter, meu companheiro, por ter sido presenteada pela sua constante presença em minha vida.

Aos participantes voluntários e à Assessoria Esportiva Iron Coach, que me conduziram para que eu chegasse a essa conclusão.

Aos alunos (e colegas) Lilian, Fabrício, Guilherme e Liara, da turma de pós-graduação em Design, obrigada pelas horas de convívio e a todos funcionários do Departamento de Pós-graduação em Design da Unesp Bauru.

Ao pessoal do Laboratório de Informação, Visão e Ação (Lívia), em especial à Gisele e Matheus, pela ajuda durante toda a coleta.

Para minhas amigas Letícia, Eliane, Geiza e as meninas da clínica do Gean, pelos sorrisos, surpresas, paciência e, especialmente, por todo o incentivo!

A Bethânia, com sua bondade, humildade e sabedoria, que me ajudou nessa longa jornada, no início, no meio, ou no fim.

E àquelas pessoas que estavam sempre presentes, desde o início até o final.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Sérgio Tosi Rodrigues, pela sabedoria e paciência para comigo, por literalmente abrir as portas de seu laboratório e dedicar tantas horas para “cobrir” minha inexperiência no uso do MATLAB... e, ainda mais, por ofertar sugestões alcançáveis e interessantes para a análise dos dados.

À banca examinadora, pela sua disponibilidade em avaliar o meu trabalho, Profa. Paula e Prof. Fausto, muito obrigada.

ANGELO, J. C. *Ergonomia cognitiva na condução simulada de automóvel: efeitos da aptidão física e da velocidade sobre a aquisição de informação visual dos motoristas*. 2017. 83 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2017.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da aptidão física e da velocidade do veículo sobre a aquisição da informação visual de motoristas experientes durante a condução simulada de automóveis. Quinze participantes fisicamente ativos, com idade de $37,46 \pm 4,34$ anos, IMC de $22,7 \pm 2,57$ kg/m² e experiência de condução de $17,93 \pm 4,06$ anos, e quinze participantes sedentários, com idade de $30,66 \pm 6,90$ anos, IMC de $22,8 \pm 3,87$ kg/m² e experiência de condução de $10,20 \pm 5,08$ anos, foram submetidos a uma tarefa de condução simulada de automóvel, de duração de três minutos, nas condições de velocidade 50-60, 80-90 e 110-120 Km/h, enquanto tiveram seus movimentos dos olhos e da cabeça e sua frequência cardíaca gravados. As variáveis dependentes adotadas foram número de fixações, duração média das fixações e sua variabilidade, tempo relativo de fixação, variâncias das posições horizontal e vertical do olhar, variâncias das posições e orientações tridimensionais da cabeça. Estes dados foram submetidos a uma análise de variância de Grupo (ativo, sedentário) por Velocidade (50-60, 80-90, 110-120 Km/h) com medidas repetidas no segundo fator. O questionário Baecke apresentou no score de exercícios físicos para classificação de aptidão física uma média de $M = 3,53$ (DP = 0,74) e o grupo sedentário $M = 2,26$ (DP = 0,67). A frequência cardíaca resultou em uma média significativamente afetada pela condição experimental, $F(3,0, 83,2) = 4,51$, $p = 0,006$ e pelo grupo, $F(1, 28) = 5,50$, $p = 0,026$. A variabilidade da duração das fixações dos movimentos dos olhos foi significativamente afetada pela condição velocidade, $F(1,5 43,2) = 3,79$, $p = 0,041$ e a variabilidade da duração das fixações na velocidade 80-90 Km/h ($M = 0,34$, EP = 0,17) foi significativamente maior ($p = 0,019$) do que na velocidade 110-120 Km/h ($M = 0,31$, EP = 0,17). Em síntese: o nível de aptidão física afetou significativamente a frequência cardíaca durante a condução simulada de automóvel em distintas velocidades; bem como a velocidade do veículo afetou significativamente a frequência cardíaca. Participantes ativos e sedentários foram semelhantes na aquisição de informação visual durante a condução simulada de automóvel em diferentes velocidades.

Palavras-chaves: Movimento dos olhos. Movimentos da cabeça. Simulador de automóvel. Velocidade de condução. Aptidão física.

ANGELO, J. C. *Cognitive ergonomics in simulated car driving: effects of physical fitness and velocity on the drivers' visual information acquisition*. 2017. 83 f. Dissertação apresentada para a Defesa (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2017.

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the effects of physical fitness and driving velocity on the experienced drivers' visual information acquisition during simulated car driving. Fifteen physically fit participants, with age of $37,46 \pm 4,34$ years, BMI of $22,7 \pm 2,57$ kg/m², and driving experience of $17,93 \pm 4,06$ years, and fifteen sedentary participants with age of $30,66 \pm 6,90$ years, BMI of $22,8 \pm 3,87$ kg/m², and driving experience of $10,20 \pm 5,08$ years, were submitted to a simulated car driving task of 3-min duration, under the velocity conditions of 50-60, 80-90, and 110-120 Km/h, while had their gaze and head movements, and heart frequency recorded. The dependent variables adopted were number of fixations, mean fixation duration and its variability, relative fixation time, variances of horizontal and vertical gaze position, variances of tridimensional head position and orientation. These data were submitted to a Group (fit, sedentary) by driving velocity (50-60, 80-90, 110-120 Km/h) analysis of variance. The Baecke questionnaire presented a mean of $M = 3.53$ (SD = 0.74) and the sedentary group $M = 2.26$ (SD = 0.67) in the physical fitness score for physical fitness classification. The heart rate resulted in a mean significantly affected by the experimental condition, $F(3.0, 83.2) = 4.51$, $p = 0.006$ and by the group, $F(1.28) = 5.50$, $p = 0.026$. The variability of the fixation duration of the eye movements was significantly affected by the velocity condition, $F(1.5, 43.2) = 3.79$, $p = 0.041$ and the variability of the fixation duration at the velocity 80-90 Km / h ($M = 0.34$, $SD = 0.17$) was significantly higher ($p = 0.019$) than at the speed 110-120 km / h ($M = 0.31$, $SD = 0.17$). In summary: the level of physical fitness significantly affected the heart rate during simulated car driving at different speeds; vehicle speed significantly affected heart rate. Active and sedentary participants were similar in acquiring visual information during simulated car driving at different speeds.

Keywords: Eye movements. Head movements. Car driving simulator. Driving velocity. Physical fitness

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Quadro de um sistema de comportamento que resulta em excesso de velocidade.....	29
Figura 2 - <i>Eye tracker</i>	39
Figura 3 - Imagem do olho registrada em vídeo pelo <i>Eye tracker</i> através do <i>software</i> ASL	40
Figura 4 - Imagens das coordenadas X e Y (localização do olhar na cena) registrada pelo <i>Eye tracker</i> através do <i>software</i> ASL	41
Figura 5 - Cockpit (Logitech).....	42
Figura 6 - Teste de Snellen de acuidade visual	44
Figura 7 - Coordenadas espaciais da cabeça em (A) Vista Superior, (B) Vista Lateral e (C) Vista posterior.....	47
Figura 8 - Escala de percepção para o simulador de automóvel para o grupo de ativo e sedentário assinalando o grau que o simulador se parece ou não com a situação de direção natural (referente à questão 9 do quadro 3).....	49
Figura 9 - Média da frequência cardíaca (bpm) dos participantes ativos e sedentários durante a condução no simulador nas condições de velocidade 50-60, 80-90 e 110-120 km nos grupos de ativos e de sedentários * $p \leq 0,05$	51
Figura 10 - Análise da variabilidade da duração das fixações (s) dos movimentos dos olhos dos participantes ativos e sedentários durante as condições de velocidade do simulador de automóvel: 50-60, 80-90 e 110-120 km/h. * $p = 0,019$	52
Figura 11 - Análise de variância da cabeça no eixo X (cm) do grupo de participantes ativos e sedentários nas condições de velocidade do simulador de automóvel: 50-60, 80-90 e 110-120 km/h. * $p = 0,005$; $p = 0,019$	53
Figura 12 - Análise da variância do ângulo de elevação da cabeça (graus) do grupo de participantes ativos e sedentários nas condições de velocidade do simulador de automóvel 50-60, 80-90 e 110-120 km/h nos grupos de ativos e de sedentários. * $p = 0,001$	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais tarefas envolvidas no desempenho de motoristas	27
Quadro 2 - Descrição das tarefas da coleta de dados	45
Quadro 3 - Questões de percepção do simulador de direção	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo geral	16
2.2 Objetivos específicos	16
2.3 Hipóteses	16
2.3.1 Hipóteses Preliminares	16
2.3.2 Hipóteses Centrais	16
3 REVISÃO LITERATURA	17
3.1 Atenção visual	17
3.2 Movimentos dos olhos e informação visual.....	19
3.3 Simulador e velocidade no trânsito.....	26
3.4 Aptidão física e condução de automóvel.....	31
4. MÉTODO	37
4.1 Participantes	37
4.2 Equipamentos.....	39
4.3 Procedimentos.....	42
4.3.1 Descrição das tarefas de condução no simulador	44
4.4 Tratamento e análise dos dados	46
5 RESULTADOS	48
6 DISCUSSÃO	55
6.1 Implicações do estudo	61
7. CONCLUSÃO	63
REFERÊNCIAS	64
ANEXOS	76
Anexo I - Termo de consentimento	77
Anexo II - Folha de Procedimento do Pesquisador.....	78

Anexo III - Formulário Pré Coleta	79
Anexo IV – Questionário de Baecke	80
Anexo V – Como calcular o questionário Baecke* de atividade física habitual	81
Anexo VI - Questionário Pós Coleta	82
Anexo VII - Tabela do índice VO2 máx no CAT	83
Anexo VIII - Classificação da aptidão aeróbia de acordo com a idade para população em geral	84

1 INTRODUÇÃO

Conduzir automóveis é uma tarefa visual altamente complexa que envolve a capacidade de alternância do foco atencional dos motoristas entre a pista, outros veículos, pedestres e sinais de trânsito (DONGES, 1978). Atualmente, há uma combinação de fatores que podem prejudicar a condução de veículos; por um lado, há o aumento do número de veículos no trânsito e, por outro, a sociedade convive com elevados níveis de estresse e ansiedade. Para aprovação da habilitação do condutor, fatores psicológicos são avaliados em relação à tomada de decisões, processamento de informações, comportamento e personalidade (CONTRAN, 2008). Na condução de automóvel, o processamento de informação é importante para ultrapassagem, tomada de decisões bruscas, evitar colisões e para o desempenho de condução em geral.

Os fatores psicológicos desencadeados pelo estresse e ansiedade são elementos comprometedores da saúde e que podem prejudicar a qualidade de condução de automóvel. Um estudo realizado por Briggs et al (2011) mostrou que participantes ansiosos durante a condução de simulador de automóvel fixaram menos em áreas de interesse e tiveram menor exploração visual do ambiente em comparação a níveis baixos de ansiedade, progredindo para um desempenho de condução ruim (JANELLE, 2002). Entre outros fatores que prejudicam a saúde física ou mental, encontra-se o sedentarismo, que pode acarretar na redução da velocidade de processamento de informações, decréscimo de atenção, déficit sensorial e na redução da capacidade de memória de trabalho (KRAMER; WILLIS, 2002).

O sedentarismo também pode proporcionar o desenvolvimento de doenças cardiovasculares, levando o condutor à perda de consciência ou insuficiência cardíaca durante uma condução de automóvel ou qualquer outra tarefa do dia a dia (JUNIOR, 2010). Mediante essa situação, o bem-estar físico e cognitivo torna-se ainda mais importante; para atingi-lo, a prática regular de atividades físicas tem papel relevante (KIG; MARTIN, 1994).

A atenção visual é primordial para se conduzir um veículo com segurança. A simulação de condução de automóveis é um método consistente e válido porque preserva as características essenciais da estimulação visual e do controle de

movimentos — semelhantes ao contexto natural do trânsito — para o estudo das relações entre a percepção e ação motora dos condutores (LAMM et al, 1998). Simuladores oferecem várias vantagens, tais como baixo custo, coleta de dados fácil, o máximo de segurança para os participantes dos testes e múltiplas possibilidades de experimentos em condições controladas. Os simuladores são sistemas interativos e permitem tanto o registro de diversos comportamentos relativos ao desempenho dos motoristas, quanto a manipulação de características do veículo, do cenário e do trânsito, oferecendo diversidade de velocidades, trajetórias e condições de dificuldade do tráfego (EASA, 2005, 2006).

A aptidão física pode ser concebida como um estado de energia e vitalidade que permite a realização das tarefas do cotidiano e outras ocupações ativas nas horas de lazer, com realizações de esforços físicos sem fadiga excessiva, garantindo boa qualidade de vida em relação ao meio e melhora das principais funções orgânicas (GUEDES, 1996). Indivíduos ativos tendem a possuir processamento cognitivo mais rápido e tomadas de decisões mais apropriadas, sendo capazes de desempenhar tarefas motoras com eficiência (CHODZKO; MOORE, 1994).

A falta de atenção, segundo a Polícia Rodoviária Federal do Brasil, desencadeia 32,6% dos casos de acidentes no trânsito, sendo que desses, 20,3% resultam em mortes; e o excesso de velocidade é o responsável por 13,1% dos casos de acidente com morte (IPEA, 2015).

Aproximadamente 1,25 milhões de pessoas morrem anualmente em acidentes de trânsito; o excesso de velocidade está entre os principais fatores de risco. O excesso de velocidade potencializa os riscos: quando uma criança é atingida em uma colisão a 50km/h, o impacto equivale a ter seu peso multiplicado por 20 (FIA Foundation, 2004). Segundo pesquisas apresentadas pela Organization for Economic Cooperation and Development (CEMT, 2006), pessoas mais vulneráveis sobrevivem a um atropelamento por um automóvel transitando a 30 km/h, enquanto a maioria morre quando atropelados por automóveis transitando a uma velocidade a 50 km/h.

Neste contexto, torna-se ainda mais importante para os motoristas a educação para o trânsito. A presença de tecnologias que interagem com o motorista no ambiente de condução, como o uso do celular e o manuseio de equipamentos de áudio e vídeo interferem na atenção durante a condução (IPEA, 2015).

Enquanto conduzem seus veículos, motoristas buscam informações da cena. Os movimentos dos olhos não estão restritos a simples ações musculares, mas estão associados à atenção visual do indivíduo; o papel de padrões do movimento dos olhos tem sido investigado em uma variedade de contextos, como nas atividades esportivas e na ergonomia, sugerindo que a relação entre o homem, seu ambiente e suas tecnologias é caracterizada por uma aquisição da informação visual particular obtida através do controle do olhar e da cabeça (CARIZIO, 2016), como na situação de condução simulada de automóveis investigada no presente estudo.

White e Caird (2010) observaram que os movimentos dos olhos não foram afetados durante uma tarefa de condução e conversa em relação a uma situação controle. Entretanto, em experimentos que simularam situações de ansiedade e estresse houve maior distração cognitiva e erros de condução, algumas das principais consequências nesses testes foram dificuldades em não observar as placas com limites de velocidade (BRIGGS; HOLE; LAND, 2011; CHEN; CHIUHSIANG, 2011).

A condução em velocidade alta em situações de ansiedade elevada e condução durante uma conversa ao telefone, numa tarefa dupla, podem ocasionar um estreitamento da atenção visual. Os participantes ansiosos tendem a concentrar-se mais no campo visual à frente, sugerindo que aspectos emocionais causados pela ansiedade ou estresse de uma conversa podem afetar a habilidade do motorista em controlar sua atenção, causando dificuldades no processamento de informação e um desempenho ruim durante a condução de automóvel (JANELLE et al, 1999).

Assim, as evidências sugerem que ansiedade e estresse elevados que estão associados à elevação de batimentos do coração, podem alterar o desempenho na condução (JOHNSON et al, 2011; MEHLER et al, 2012).

A medida dos batimentos do coração, chamada de frequência cardíaca, é o método mais utilizado para registro deste tipo fenômeno (ASTRAND; RODHAL, 1980). Batimentos cardíacos medidos através da frequência cardíaca têm sido utilizados na literatura para contribuir como preditores de desempenho em condução de automóvel sob alta carga de ansiedade e estresse desencadeados por diversos fatores, dentre eles o excesso de velocidade (BRIGGS et al, 2011; JOHNSON et al, 2011; MEHLER et al, 2012).

A frequência cardíaca é muito utilizada em estudos epidemiológicos entre indivíduos ativos e sedentários para análise do nível de aptidão física, os quais sugerem que pessoas moderadamente ativas têm menor risco de serem acometidas por desordens mentais do que as sedentárias, mostrando que a participação em programas de exercícios físicos exerce benefícios na esfera física e psicológica (ELSAYED et al, 1980; DUSTMAN et al, 1984; VAN BOXTEL et al, 1996) e que indivíduos fisicamente ativos provavelmente possuem um processamento cognitivo mais rápido, como em percepção, aprendizagem, memória, atenção, vigilância, raciocínio e solução de problemas. Além disso, o funcionamento psicomotor, o tempo de reação, tempo de movimento e a velocidade de desempenho são beneficiados (CHODZKO-ZAJKO, 1991; CHODZKO-ZAJKO; MOORE, 1994). Outras atividades físicas, como o condicionamento cardiorrespiratório, tem sido associada à cognição em medidas de atenção, função executiva e visuoespacial (BARNES et al, 2003).

Para Antunes (2006) o exercício físico pode interferir na performance cognitiva por diversos motivos: a) em função do aumento nos níveis dos neurotransmissores e por mudanças em estruturas cerebrais (isso seria evidenciado na comparação de indivíduos fisicamente ativos e sedentários); b) pela melhora cognitiva observada em indivíduos com prejuízo mental (baseado na comparação com indivíduos saudáveis); c) na melhora limitada obtida por indivíduos idosos em função de uma menor flexibilidade mental/atencional quando comparados com grupo jovem.

Um estudo realizado em São Paulo investigou o nível de atividade física da população do núcleo de apoio à família, considerando fatores de gênero, idade, níveis socioeconômico e intelectual. As entrevistas foram feitas com 2001 pessoas, sendo 953 homens e 1048 mulheres entre 14 e 77 anos. Foi aplicado o Questionário Internacional de Atividade Física na forma curta, através do qual foi determinado que 45,5% dos homens e 47,3% mulheres — 46,5% da amostra total — são pessoas insuficientemente ativas (sedentários e irregularmente ativos) (MATSUDO et al, 2002).

Esta condição prevalente do sedentarismo observada na população em geral, representa uma séria ameaça para o organismo, estimulando o surgimento de doenças crônico-degenerativas, transtorno de humor, bem como diminuição das funções fisiológicas e cognitivas (NIEMAN, 1999; WILLORE, 2001; MCARDLE, 1998).

Além disso, o sedentarismo diminui a autoestima, aumentando a ansiedade (ACMS, 2000), fator que pode desencadear o estresse durante a condução de automóvel.

Espera-se que o presente estudo possa avançar nosso entendimento sobre o relacionamento entre a atenção visual — considerada pelo registro de movimento dos olhos — e o nível de aptidão física dos motoristas — sugerido pela frequência cardíaca de motoristas ativos e sedentários — durante uma tarefa de condução simulada de automóvel em distintas condições de velocidade.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos da aptidão física e da velocidade do veículo sobre a aquisição da informação visual de motoristas experientes durante a condução simulada de automóveis.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Caracterizar o desempenho de condução do veículo, a frequência cardíaca e os movimentos de olhos e cabeça de participantes ativos/sedentários na condução simulada de automóveis em distintas condições de velocidade do veículo;

a) Determinar os efeitos do nível de atividade física e da velocidade do veículo sobre a frequência cardíaca e sobre os movimentos dos olhos e da cabeça dos motoristas.

2.3 HIPÓTESES

2.3.1 Hipóteses Preliminares

O aumento da velocidade do automóvel causará aumento da frequência cardíaca média dos participantes ativos e sedentários durante a condução simulada de automóvel;

Os participantes ativos apresentarão menor frequência cardíaca média do que os participantes sedentários durante a condução simulada de automóvel.

2.3.2 Hipóteses Centrais

O aumento da velocidade do veículo causará um efeito de afunilamento do padrão de busca visual durante a condução simulada de automóvel, ocasionando aumento da duração média e do tempo relativo das fixações, redução do número de fixações e da variabilidade da duração das fixações, como também haverá uma redução da variância do movimento do olhar e da cabeça;

Os participantes do grupo ativo serão menos afetados pelo efeito de afunilamento decorrente do aumento da velocidade do veículo do que os participantes sedentários.

3 REVISÃO LITERATURA

3.1 ATENÇÃO VISUAL

A atenção é um processo cognitivo e comportamental de concentração seletiva sobre um aspecto de informação recebida, considerada subjetiva ou objetiva, ignorando outras formas perceptíveis (ANDERSON, 2000). A atenção pode ainda ser definida como “fenômeno pelo qual o ser humano processa ativamente uma quantidade limitada de informações do enorme montante de informações disponíveis através dos órgãos dos sentidos, de memórias armazenadas e de outros processos cognitivos” (STERNBERG, 2000, p.78).

No ambiente, o homem sofre o efeito de uma diversidade de estímulos; dentre esses, ele seleciona de acordo com o seu interesse os quais direcionará sua atenção (LURIA, 1979). A atenção está relacionada à percepção, que é um processo de interpretação, seleção e organização das informações; a partir de conhecimentos passados associados é que o significado à entrada sensorial é dado (ROZESTRATEN, 1988).

Há três redes neurais ativas quando o sujeito atende a estímulos, redes estas que formam a base física da atenção seletiva: a rede de orientação visual, responsável pela mudança do foco e busca de algo de interesse em uma localização específica; a rede executiva de atenção, que corresponde à detecção e reconhecimento de objetos no campo visual e está envolvida na seleção de um alvo entre várias alternativas; e a rede de vigilância, encarregada de manter um determinado estado de alerta (PELLEGRINI, 2001; POSNER; RAICHLE, 1994).

De particular interesse para o presente trabalho é a atividade da rede de orientação visual. Com frequência, reorientamos nossa atenção através dos movimentos dos olhos; para que isso seja possível, ocorre o desprendimento do foco de atenção antigo, mudança e engajamento no novo foco, sendo cada uma dessas operações computadas em áreas cerebrais diferentes (respectivamente, lobo parietal, colículo superior e pulvinar do tálamo) com o objetivo de orientação (POSNER; FAN, 2001).

A segunda rede neural, denominada por atenção executiva é requerida em situações que envolvem planejamento ou tomada de decisões, detecção de erros e resposta a ações não habituais (POSNER; FAN, 2001). Por outro lado, a rede atencional anterior engloba o córtex cingulado anterior e as áreas motoras

suplementares do córtex frontal, regiões cerebrais que se juntam para o desempenho ativo de uma ampla variedade de situações que envolvem a detecção de eventos e a preparação de respostas apropriadas. De acordo com Posner e seus colegas (2001), seria também a rede atencional anterior a exercer o “controle executivo” do comportamento voluntário e dos processos mentais conscientes.

A terceira rede neural, a rede de vigilância, mantém o sujeito em alerta para responder a possíveis estímulos rapidamente. Durante a atividade desta rede acontecem mudanças físicas, no corpo e na mente, devido à redução de atividade elétrica no cérebro (POSNER; FAN, 2001). O córtex parietal teria aqui a função específica de “desligar” o foco de atenção do estímulo-alvo atual, enquanto que o colículo superior se encarregaria de “mover” ou deslocar esse foco para um estímulo esperado (amplificando o alvo indicado pela pista) e o pulvinar se envolveria no “ligar” do foco atencional ao novo estímulo-alvo atendido (POSNER; PETERSEN, 1990).

A rede de alerta ou vigilância atua no cerne do foco atencional; a rede de orientação tem dois elementos, um automático (exógeno) de recepção e um voluntário (endógeno), sendo o voluntário ativado no estado de vigilância; a rede executiva interfere no domínio voluntário e na coordenação de atividades requisitadas.

O cérebro é sensível a inúmeros fatores que resultam em danos às redes neurais. Alguns fatores foram identificados como riscos que podem aumentar o prejuízo cognitivo em um indivíduo; dentre esses fatores, destacam-se a idade, gênero, histórico familiar, trauma craniano, nível educacional, tabagismo, etilismo, estresse mental, aspectos nutricionais e socialização. Neste contexto, o sedentarismo como fator de prejuízo cognitivo pode ser revertido ou amenizado através do exercício físico, assim como outras doenças degenerativas também provocadas pelo sedentarismo (CHODZKO-ZAJKO et al, 1991).

De acordo com PELLEGRINI (1982), a atenção está relacionada ao cérebro e suas principais funções nas áreas sensorial, motora, de linguagem, entre outras. Estudos sobre a teoria da informação e do comportamento humano apontaram a atenção e a memória como fatores fundamentais para o armazenamento da informação. Neste contexto, processar informações significa reduzir incertezas (PELLEGRINI, 2001). Ademais, Broadbent (1958) destaca itens importantes que relacionados à atenção seletiva na visão do cérebro. Em sua pesquisa, endente-a

como um sistema ativo de processamento de informação e identifica quais operações dão suporte à percepção.

A atenção pode ser definida como a capacidade do indivíduo responder aos estímulos que são significativos perante outros; o sistema nervoso é capaz de manter um contato seletivo com as informações que chegam através dos órgãos sensoriais, dirigindo a atenção para aqueles que são comportamentalmente relevantes e garantindo uma interação eficaz com o meio (BRANDÃO, 1995). A atenção pode ter outros estímulos: extrínsecos (apreendidos pelo meio) e intrínsecos (memórias, pensamentos, recordações, execução de cálculos mentais, dentre outros), para tanto, a atenção voltada para o ambiente externo é denominada como percepção seletiva, extrínseca ao indivíduo; quando a atenção está voltada ao ambiente interno, é definida como cognição seletiva (LIMA, 2005).

As informações obtidas pelo ser humano através de estímulos dão condições de decidir o que fazer e quando agir de acordo com o ambiente (PELLEGRINI; SILVA, 1993). De acordo com Pellegrini (2001), a atenção é importante na organização do comportamento humano, relacionando o organismo com o meio, buscando novos comportamentos para possíveis problemas motores.

Dirigir um automóvel é uma tarefa visual complexa. A alternância do foco atencional varia entre as ações, como o motorista que, ao sair de uma estrada e entrar no tráfego intenso dentro de uma cidade, passa a mudar o foco de atenção mais frequentemente entre outros veículos, pedestres e sinais de trânsito: na estrada, a atenção está direcionada à direção do veículo, no rádio e possíveis trocas de ideias com o passageiro de viagem, quando a situação real de direção muda e a demanda do tráfego aumenta a, demanda atencional também é alterada. Assim, possivelmente, o motorista reduz o som do rádio, dispersa-se da conversa com o passageiro e até reduz de velocidade devido a maior número de informações para uma boa condução do automóvel. Assim, o modo como o motorista conduz depende do limite atencional e das prioridades necessárias a essa tarefa (PELLEGRINI, 1982).

3.2 MOVIMENTOS DOS OLHOS E INFORMAÇÃO VISUAL

Em termos da evolução da espécie humana, a visão era utilizada com o intuito de fornecer as informações necessárias do dia a dia para a realização das

tarefas como construir abrigos, cozinhar e caçar (RODRIGUES, 2001). No século XVII, a descoberta de que o olho funcionava como uma câmara, de modo a formar uma imagem, influenciou posteriormente o estudo da percepção visual, processo pelo qual uma imagem da retina é convertida na percepção do mundo através dos olhos (BRUCE; GREEN, 1990).

Nesse sentido, a percepção é um conjunto de processos pelos quais os estímulos ambientais são reconhecidos, organizados e entendidos através dos sentidos (STERNBERG, 2000). As sensações servem como instrumento para a apreensão de um dado objeto ou ambiente (NOBREGA, 2008). Por meio da adaptação sensorial na retina (superfície receptora do olho), podemos parar de detectar a presença de um estímulo, garantindo que a informação sensorial esteja mudando constantemente. Essa adaptação sensorial age constantemente, ocasionando movimentos rápidos com os olhos.

O sistema sensorial é formado por vias neurais aferentes e eferentes. Essas vias aferentes são responsáveis por captar e enviar informações do meio externo (captadas através dos sentidos) ao sistema nervoso central para serem processadas a fim de possibilitar o envio de uma resposta através das vias eferentes (NOBREGA, 2008).

As informações oriundas do sentido da visão permitem que um motorista perceba um perigo iminente ao avistar uma árvore caída na pista e/ou para desviar-se de um carro. Assim, para compreensão da captação e processamento de informações apreendidas, é necessária a análise dos processos cognitivos que envolvem a visão.

Atualmente, a visão é fundamental para leitura, escrita e manuseio de tecnologias, particularmente, o computador. Esta é obtida através do olho, um órgão sensível à luminosidade do meio externo e recoberto por uma película transparente, a córnea. A íris controla a quantidade de luz que entra nos olhos e contém a pigmentação que dá cor a este órgão. As pálpebras também são responsáveis por controlar a entrada de luz no aparelho visual. No centro da íris está a pupila, associada ao pequeno círculo do olho, ela permite entrada da luz até a retina. O cristalino comporta-se como uma lente (biconvexa) nos olhos, é uma estrutura elástica e transparente responsável pelo foco sobre a retina. Tanto a íris quanto a pupila são cobertas pela córnea que, juntamente com a esclera, ou branco do olho, formam o globo ocular (CARLTON, 2002; BEAR et al, 2008).

A busca visual de informação através dos movimentos dos olhos direciona a projeção de características da cena para a fóvea, sobre a qual é formada a imagem retinal. A fóvea é uma película sensível a luz e cobre de 1º a 2º da área central da retina. Ela compõe-se de várias camadas de diferentes tipos de células que possuem ligação como cérebro para codificação das imagens (DE VALOIS; DE VALOIS, 1998).

A fóvea proporciona alta acuidade ou claridade; ela é composta por receptores, os cones, que suportam uma discriminação visual mais fina e transformam a luz do ambiente em impulsos elétricos, transmitindo-a para o cérebro para a interpretação do que é visto (KANDEL; SCHWARTZ; JESSEL, 1991). À medida que o estímulo move-se para longe, ocorre a diminuição da acuidade visual, devido à redução de concentração de cones nessa região e aumento dos outros receptores, os bastonetes, localizados mais em direção à periferia da retina. Os bastonetes são mais sensíveis à luz e ao movimento, não proporcionam detalhes e cores (BRUCE; GREEN, 1990; COREN; WARD; ENNS, 1994; KANDEL; SCHWARTZ; JESSELL, 1991).

Na chamada visão noturna (ou estocópica), a acuidade é pobre em todas as excentricidades, com predominância da atividade dos bastonetes (DAVSON, 1980). Em níveis de visão diurna (ou fotópicos), a acuidade foveal acentuada é bastante constante nos 2º centrais onde estão localizados os cones que transmitem para o cérebro seus registros (KANDEL; SCHAWARTZ; JESSEL, 1991).

A visão obtida através dos movimentos oculares localizam objetos, cujo mecanismo é frequentemente utilizado durante nossa vida cotidiana. A simples intenção de pegar uma caneca que está a sua frente fará com que o sistema ocular inicie os movimentos dos olhos, movimentando cabeça e tronco, trazendo a imagem da caneca para a fóvea, obtendo-se uma resolução espacial da imagem; posteriormente, estimulando o sistema motor, que controla os braços e as mãos, a mover-se para fazer contato com a caneca (LAND, 2006).

Mais especificamente na tarefa de dirigir um automóvel, os movimentos dos olhos abrangem várias áreas externas de interesse, a exemplo: na parte interna do veículo, o retrovisor, volante, velocímetro e externos, cruzamentos, sinais de trânsito, pedestres, como também nos momentos de ultrapassagem, nos quais o olhar do motorista tem que estar focado à frente na pista para evitar colisão com o veículo a ser ultrapassado.

Para medir esse comportamento ocular, identificar quais movimentos os olhos realizam durante uma tarefa de condução e para onde o sujeito olha no ambiente, existem várias possibilidades de análise, a mais popular e adequada para a análise do comportamento motor tem sido o método de reflexão da córnea. Este método é baseado na reflexão de uma pequena fonte de luz na porção central da córnea, cuja imagem é uma função da posição do globo ocular; desta forma, tem-se um registro do ponto onde o sujeito olha no ambiente, com precisão de 1 grau de ângulo visual. Os equipamentos mais utilizados para análises do comportamento ocular são os sistemas de movimento dos olhos das marcas NAC e ASL (RODRIGUES, 2001).

Os principais comportamentos dos olhos são fixação, perseguição, movimentos sacádicos e reflexo vestibulo-ocular. Fixações são movimentos oculares que estabilizam a retina em relação a um objeto fixo de interesse (LEIGH; ZEE, 1991).

A fixação dos olhos em uma determinada área de interesse tem função de localizar, direcionar e orientar a ação a ser realizada. Em situações laboratoriais, os resultados de fixações em áreas de interesse demonstrou durações relativamente curtas, variando entre 80 a 150ms (CARL; GELLMAN, 1987; OPTICAN, 1985).

Zhang et al (2017), em seu estudo, explorou o comportamento ocular (fixação e sacádico) nas áreas de interesse dos motoristas com função de alerta durante uma condução simulada de automóvel. Os movimentos oculares foram rastreados através de um óculos da marca SMI ETG™. Os dados do simulador foram obtidos a 60Hz e os movimentos oculares obtidos a 30Hz.

Participaram da pesquisa mencionada 24 pessoas de ambos os sexos, com idade entre 31 e 39 anos, experientes em conduzir automóveis e no mínimo 20.000 km de prática. Os sistemas de aviso de colisão como condições de alerta foram demonstrados através de luzes vermelhas que estavam em outro veículo. O simulador de automóvel utilizado foi um similar ao Ford Focus com um grau de plataforma de movimento de liberdade que podia imitar a sensação de movimento a fim de replicar em grande parte as situações naturais. Este estudo examinou os desempenhos visuais em função das condições de alerta no veículo. Foram encontradas diferenças significativas de desempenho visual dos condutores sob diferentes condições de aviso. Os avisos continham informações direcionais emitidas por fala em períodos que variavam de 2,5 a 5,5 s; o controle para coleta

das informações baseou-se nos intervalos entre um aviso de fala e outro, isto é, nos momentos em que não havia a voz de comando. Os dados necessários para as condições de aviso foram dados da seguinte maneira: “por favor, observe o veículo com luz vermelha à sua direita” (2,0 s era necessário) e “observe o veículo com luz vermelha” (1,6 s era necessário). As mensagens de alerta foram liberadas por um sistema de som com dois alto-falantes localizados na frente do simulador.

Dentre os resultados e discussões, a condição de aviso a 4,5 s à frente de uma colisão teve melhor eficácia em termos de desempenho visual. Nestes casos, o motorista fixou a sua atenção à frente após o aviso. No mesmo exame, os participantes envolvidos apresentaram um grau elevado de atenção às luzes vermelhas emitidas pelas lanternas de freio dos carros que estavam a sua frente, assim, na pesquisa de Zhang et al (2017), esse foi um dos resultados de grande relevância.

Os movimentos sacádicos são rápidos e utilizados no reposicionamento da fóvea em relação a algum objeto ou características do ambiente visual (GREGORY, 1990). Devido às velocidades altas, o movimento sacádico balístico é utilizado para alinhar a fóvea a determinada imagem, com pouca percepção visual (ZEE et al, 1976). Movimentos oculares sacádicos são considerados balísticos porque não respondem a mudanças subsequentes na posição do alvo durante a trajetória do movimento ocular.

Já os movimentos de perseguição ocorrem quando os olhos se fixam em algo móvel, de forma relativamente lenta e contínua, acompanhando a velocidade do objeto perseguido (CARPENTER, 1988). O reflexo vestibulo ocular é um movimento que estabiliza as imagens na retina durante o movimento da cabeça, ao produzir um movimento ocular na direção oposta ao movimento da cabeça. Tal movimento intenciona preservar a imagem no centro do campo visual; a exemplo, quando a cabeça se move para a direita, os olhos se movem para a esquerda e vice-versa. Especificamente, este reflexo combina a velocidade do olho à velocidade da cabeça (CARPENTER, 1988). Os movimentos compensatórios dos olhos produzidos pelo reflexo vestibulo-ocular são rápidos (16 ms), enquanto os associados com o uso do sistema retinal são relativamente mais lentos (170 ms) (LEE; ZEIGH, 1991).

A condução de automóvel é complexa, exigindo muito do sistema visual, isso porque 90% de informações de condução entram pelos dos olhos (ROBINSON et al, 1972). Dentre essa predominância, um estudo com simulador de condução realizado

por Rogers, Kadar e Costall (2005) observou, numa experiência em condução em linha reta e frenagem, que, à medida que a velocidade aumentava, ocorria um afunilamento do campo visual o olhar em função da velocidade. No entanto, os motoristas sempre preferiram olhar na direção à frente do campo visual. Na frenagem, o olhar era sempre altamente limitado, independentemente da perícia e da velocidade decrescente, e tendia a ser direcionado não apenas para o caminho pretendido dos motoristas, mas também ancorado em onde eles pretendiam parar. Nessas duas tarefas, o olhar parece ter duas funções primárias: olhar para as superfícies que os motoristas pretendem aproximar e olhar para aquelas que pretendem evitar cruzar. Estas funções parecem estar relacionadas com a detecção do centro e a taxa de expansão óptica do campo de fluxo óptico.

Os movimentos dos olhos e seus comportamentos de fixação, sacádicos ou de perseguição, também ocorrem em dupla tarefa, como conduzir automóvel e conversar ao mesmo tempo; ou conversar com um passageiro ou no telefone; nestes casos, ocorre o afunilamento visual decorrente de situações de estresse ou ansiedade, exigindo uma carga de trabalho cognitiva maior durante a condução. Essa hipótese confirma-se no estudo sobre a teoria de Eficiência de Processamento de Eysenck e Calvo (1992), citada no estudo de Briggs et al (2011). Essa pesquisa relata que conversas telefônicas durante condução de automóvel afetam negativamente a direção e sugere, que quando um indivíduo experimenta situações de ansiedade ou estresse, por exemplo, como excesso de velocidade, o processamento de informações sensoriais de entrada passa a ser menos eficiente e têm de trabalhar mais para manter os níveis de desempenho de condução. Este aumento da carga de trabalho cognitiva, por sua vez, contribui para a diminuição da consciência visual.

Em sequência de estudos com simuladores e movimentos dos olhos, Guo et al (2015) analisou doze voluntários do sexo masculino (idade média de 23 anos) todos com visão normal e em boas condições físicas e psicológicas durante a condução em um simulador de trem sob diversas velocidades. O estudo continha nove condições de velocidade, das quais eram aplicadas aleatoriamente somente três para cada participante: 20 km/h, 80 km/h, 150 km/h, 200 km/h, 250 km/h, 280 km/h, 320 km/h, 350 km/h e 400 km/h. Dentre as análises foram observadas as diversas áreas de interesse: informação visual exterior, que incluía sinalização, estrada de ferro, estações ferroviárias e da paisagem. As informações visuais

interiores seriam a leitura do medidor de pressão de ar, indicador de velocidade, relógio e outros monitores. As principais movimentações oculares registradas foram: fixação, sacádicos e perseguição. Os resultados mostraram que, em velocidades menores, o participante fixava os movimentos dos olhos em diferentes áreas de interesse. À medida que a velocidade aumentava, a fixação restringia-se a uma área específica à frente do trem. Esse aumento da fixação à frente do simulador de trem oportunizava o chamado fenômeno túnel do campo visual ou afunilamento visual, que é a concentração da atenção em lugares de destaque no ambiente, fazendo com que o campo visual do motorista diminuísse à medida que a velocidade aumentava. Esses resultados sugerem que, ao dirigir em uma velocidade muito alta, a quantidade de informação visual irá atingir o limite de processamento de informação, o motorista precisará colocar mais atenção na parte da frente para evitar perder a informação importante como as luzes de sinalização e condições ferroviárias, esse afunilamento visual será causado por fatores de estresse associados ao aumento da velocidade (FORREST, 1988).

Briggs et al (2011) relataram em seu estudo com simulador de automóvel 3D Driving School, dois grupos de participantes (um caracterizado por fobia por aranhas e o outro sem fobia) durante uma dupla tarefa em conversar sobre aranhas, com distração e sem distração. Os motoristas todos experientes conduziram por ambientes urbanos e rurais livremente durante 10 minutos a uma velocidade constante de 50 km/h estabelecido pelo código de rodovias. O desempenho dos motoristas durante a condução foi analisado; a condução efetiva se dava quando o motorista não ultrapassa a velocidade determinada pelo estudo, não ultrapassava a faixa sem avisar e ficava no percurso da pista estabelecido. Outra variável analisada durante o estudo foi a frequência cardíaca, medida tanto em repouso quanto em condução. O movimento dos olhos foram rastreados pelo ASL 5000 a uma frequência de 50Hz. Os resultados relacionados à tarefa dupla (conduzir e conversar sobre aranhas) caracterizaram para o grupo fóbico o aumento da velocidade. Os resultados da frequência cardíaca mostraram diferença significativa entre as três sessões: repouso, distração e condução com distração devido ao estresse gerado pela conversa sobre aranhas. Para análise dos movimentos dos olhos, observou-se que as fixações durante a tarefa somente de conduzir para ambos os grupos aumentou significativamente. Houve uma interação significativa entre sessão de "condução" e condição fóbica, no entanto, quando os dados foram divididos por

condição fóbica, emergiu que os participantes fóbicos mostraram uma diminuição significativa nas fixações horizontais enquanto os não fóbicos não. Na sessão de condução sem distrações, os fóbicos demonstraram uma maior variação nas fixações do que os não fóbicos. No entanto, enquanto os não-fóbicos mantiveram comportamento relativamente semelhante entre as duas sessões, os participantes fóbicos mostraram uma diminuição na variância da fixação, compatível com a noção de afunilamento visual. Os resultados deste estudo sugerem que os aspectos de estresse ou ansiedade de uma conversa podem afetar a habilidade do motorista de controlar sua atenção, aumentando a frequência cardíaca e o nível de carga cognitiva, levando ao afunilamento visual.

Dessa forma, os movimentos dos olhos podem ser abordados sob diversos aspectos. São exemplos os processos cognitivos, perceptuais e aspectos patológicos. Atendo-se à percepção, o sistema visual busca compreensão e clareza, e não descansa enquanto as invariantes não forem extraídas. Exploração e otimização parecem ser as funções do sistema visual (GIBSON, 1979). Lee (1980), baseado nas concepções gibsonianas sobre percepção visual, explorou as características da informação visual presentes em situações que envolvem sincronização, ou seja, nas quais a relação entre sujeito e objeto de seu interesse no ambiente se altera.

Embora o olho humano seja apenas uma parte do sistema, é através dele que se inicia o processo da percepção visual e como o ser humano se comporta em seu ambiente. No caso do presente estudo, o contexto a ser investigado é o do simulador de automóvel.

3.3 SIMULADOR E VELOCIDADE NO TRÂNSITO

Estudos realizados em simuladores de condução proporcionam um ambiente seguro e controlável, com o propósito de ser analisado sem arriscar a segurança dos participantes. Os simuladores replicam precisamente cenários da vida real; diversas variáveis podem ser controladas no ambiente virtual, em contraste com resultados na condução natural. Além disso, as condições de condução e situações de tarefas podem ser repetidas de forma idêntica para cada participante. Estudos com simuladores têm o potencial de abordar questões de pesquisas interessantes, além de ser de baixo custo (BELLA, 2009).

Os simuladores são ferramentas interessantes para a avaliação do motorista. Colocar condutores inexperientes em uma situação real de trânsito, com eventos imprevisíveis gera risco desnecessário; os simuladores são capazes de eliminar as consequências destes riscos. Estudos em contextos simulados de direção comparam condições em relação à pilotagem na estrada e em cenários urbanos, avaliando velocidade e suas adaptações decorrentes do aumento desta (BELLA, 2008; GODLEY et al, 2002; LEE, CAMERON; LEE 2003; TÖRNROS, 1998).

Para que os participantes possam aprender a conduzir um simulador, antes é necessário passar por um processo adaptativo relacionado a uma nova aprendizagem (SPEELMAN; KIRSNER, 2005). Entretanto, as reações dos participantes podem ser diferentes do simulador para o real (SAHAMI; JENKINS; SAYED, 2009). A aprendizagem veicular exige que o condutor apresente habilidades motoras, sensoriais, cognitivas e de informações sobre o trânsito como exemplificada no quadro 1.

Quadro 1 - Principais tarefas envolvidas no desempenho de motoristas

CAMPO FUNCIONAL	TAREFAS DEMANDADAS
Percepção	Detectar objetos; Perceber movimentos; Estimar velocidade.
Atenção	Focar a atenção; Varredura do campo perceptivo; Atenção seletiva; Reagir a eventos inesperados.
Habilidades motoras	Desempenhar manobras com alto nível de complexidade; Manuseio dos diferentes controles do veículo.
Outros processos cognitivos e comportamentais envolvidos na interação com outros usuários do ambiente viário.	Prever o comportamento dos outros usuários da via a partir da observação; Comportar-se de maneira previsível; Capacidade de negociar a entrada num fluxo ou numa interseção.

Fonte: adaptado de Hakamies; Blomqvist (1996).

Dirigir veículos não é uma tarefa fácil e requer muita atenção. A velocidade é um fator fundamental para trafegar por diversas condições climáticas e conflitos de tráfego. “O condutor deverá, a todo o momento, ter domínio de seu veículo, dirigindo-o com atenção e cuidados indispensáveis à segurança do trânsito” (BRASIL, 1997).

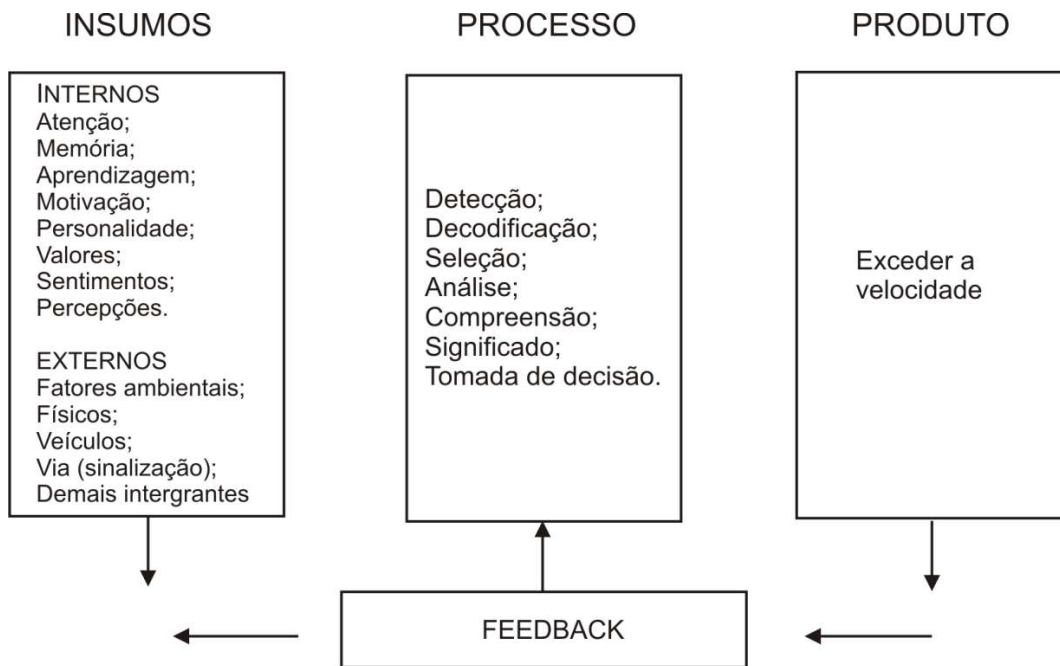
A Organização Mundial de Saúde (OMS, 2016) analisou alguns países nos quais relacionaram riscos de acidentes e de mortes ao aumento da velocidade por meio de cálculos baseados em relatórios de ocorrências de trânsito enviados por todo o mundo e compilados em 2004. Um dos índices apontados reconhece, no mundo todo, a velocidade alta e inadequada como contribuinte para o número de colisões e acidentes no trânsito.

A gestão da velocidade constitui uma ferramenta muito importante para melhorar a segurança no trânsito. No entanto, fazer cumprir os limites de velocidade regulamentares e reduzir velocidades que comprometem a segurança no trânsito não são tarefas fáceis. Os condutores não entendem os riscos envolvidos e, muitas vezes, as vantagens percebidas ao acelerar superam os problemas que podem resultar, como a instabilidade do carro, capotamento, batidas traseiras, frenagens bruscas, entre outras.

Segundo os dados do Ministério da Saúde, os acidentes de transporte terrestre no Brasil mataram cerca de 43 mil pessoas em 2013 (CARVALHO, 2016). Uma das sugestões apresentadas foi que a redução da taxa de velocidade do tráfego para que os acidentes e mortes fossem conseqüentemente reduzidos. Ademais, o principal fator relacionado ao aumento do número de acidentes foi a quantidade de veículos nas vias, principalmente nas rodovias brasileiras onde ocorre a maior parte de acidentes com vítimas fatais (IPEA, 2015).

De acordo com um estudo realizado em Campinas (SP), a falta de atenção e excesso de velocidade são fatores que podem ocasionar um acidente no trânsito (AZEREDO, 2007). Thielen, Hartmann e Soares (2008) demonstraram os riscos a serem detectados e solucionados para se manter uma situação de trânsito segura e apresentaram um quadro contendo um sistema de comportamento que resulta em excesso de velocidade, como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Quadro de um sistema de comportamento que resulta em excesso de velocidade



Fonte: Baseado em Thielen, Hartmann e Soares (2008).

A condução é complexa e exige muito dos sistemas visual e psicológico. Cerca de 90% das informações visuais disponíveis para uma condução são captadas pelos olhos (ROBINSON et al, 1972). Dificilmente poder-se-á perceber 100% das informações (BAKER, 1999; SHEU, 2008). Neste contexto, Baker (1999) utiliza, para caracterizar a dinâmica e propriedades de percepção do condutor em ambientes em movimento, a noção de fluxo óptico. Quando dois veículos se deslocam numa determinada via ou em faixas adjacentes, as decisões do motorista são influenciadas pelo que está ao seu redor, a velocidade do condutor, por exemplo, é ajustada pela óptica conforme a disposição de outros veículos na estrada. Erros de percepção podem ocorrer através de imagens em movimento na condução de automóvel devido à dualidade da imagem e a transferência de informação visual (BAKER, 1999), tais fatores podem construir uma incerteza da percepção durante a condução (SHEU, 2013).

Ji et al (2004) também estudaram o efeito da velocidade sobre os movimentos dos olhos em simuladores de trem. Os autores apresentaram uma análise na qual os movimentos dos olhos indicaram que houve efeito significativo da velocidade de imagem no campo visual. As fixações concentraram-se mais no meio

da pista quando a velocidade foi aumentada, de modo similar ao estudo de Beiyuan et al (2005), que observou, através do uso de um sistema de rastreamento ocular para analisar o comportamento visual de um maquinista, a fixação predominantemente no campo visual exterior. Durante o processo de condução, o condutor de trem recebe e processa tipos de informações diferentes; informação visual interna, que é a leitura do medidor de pressão do ar, relógio indicador de velocidade, entre outros monitores; para a informação visual externa são observadas as condições das ferrovias, estações ferroviárias e a paisagem. As fixações significativas observadas no campo visual externo se devem ao fato de que os condutores de trem só possuem a tarefa de avançar ao longo da pista, não podendo ultrapassar outros trens, nem sair da pista, e viajando mais rápido do que um carro. Por conseguinte, na condução em alta velocidade em um trem, o condutor processa as informações de modo diferente à de um motorista de carro, bem como é influenciado por outros efeitos psicológicos e fisiológicos (JI et al, 2004).

Rogé et al (2004) investigaram o efeito de uma tarefa de condução simulada prolongada no campo visual útil (perimetria Gamb) de indivíduos de diferentes idades, variável entre 22 e 59 anos. Nesta pesquisa, os sujeitos foram expostos a diferentes velocidades (90 km/h e 130 km/h); eles deveriam seguir, durante duas horas, outro veículo, tentando manter sempre a mesma distância entre eles, as condições adversas selecionadas para a pesquisa variava entre tráfego monótono e com nevoeiro. Como tarefa central, de tempos a tempos, de forma aleatória, um círculo na parte posterior do carro que seguiam mudava de cor, devendo os sujeitos assinalar essa ocorrência pressionando um joystick colocado atrás do volante. Como tarefa periférica, deveria ser detectada uma breve exibição (68 ms) de um sinal luminoso que aparecia aleatoriamente no tempo numa das luzes traseiras dos veículos que compunham o tráfego (o sujeito conduzia o seu automóvel pelo corredor central e estes carros surgiam nos corredores laterais). Estes sinais periféricos podiam surgir a diferentes excentricidades (1-4°, 6-10°, 12-16° e 18-22°). Os investigadores mediram a percentagem de sinais centrais e periféricos que os sujeitos assinalaram. Os resultados mostraram que os sujeitos detectaram menos sinais centrais quando conduziram a 90 km/h do que quando o fizeram a 130 km/h, tendo os sujeitos novatos detectado mais estímulos, mas não de forma significativa. Com o decorrer da sessão, a percentagem de sinais centrais detectados baixou significativamente. O aumento da excentricidade dos estímulos

periféricos fez baixar muito a sua detecção (86,85% entre 1 e 4º para 16% entre os 18 e os 22º). Contrariamente ao verificado com os estímulos centrais, os condutores detectaram menos estímulos periféricos a velocidades mais elevadas, afirmando que, quando o tráfego rodoviário e o tipo de estrada se mantêm constantes, o campo visual útil deteriora-se com a velocidade. Com o decorrer da tarefa, a detecção periférica também se degradou significativamente, mostrando que o campo visual útil diminui com o prolongamento de uma tarefa monótona de condução. Assim, o processo de informação por unidade tempo torna-se mais significativo com o aumento da velocidade, levando o condutor a detectar menos sinais de tráfego em relação à velocidade baixa devido às informações estarem disponíveis por um limite de tempo (ROGÉ et al, 2003).

Com base neste contexto, que indica o aumento de infrações relacionadas ao aumento da velocidade e a grande quantidade de pessoas feridas e mortas, o estudo em simuladores é mais eficiente e seguro para os participantes tanto em pesquisas laboratoriais como em escolas de condução (DENATRAN, 2012).

Motoristas mais jovens, portanto menos experientes, possuem sentidos aguçados, com tendência acometer frequentemente excessos de velocidade, arriscando-se mais, provocando falhas voluntárias como a falta de atenção e não por falta de habilidades (ANDRADE et al, 2003; ALLEN et al, 2008).

Dentre tantos riscos de condução, a falta ou diminuição no rigor na fiscalização e penalização dos infratores de trânsito torna-se importante a compreensão dos mecanismos atencionais e o processamento de informação para essa habilidade motora.

3.4 APTIDÃO FÍSICA E CONDUÇÃO DE AUTOMÓVEL

O Código de Trânsito Brasileiro não determina com quantos anos o indivíduo deve parar de conduzir um automóvel; de acordo com este código, a proibição de dirigir só é efetivada através de exame médico, o qual avaliará a aptidão física, mental e psicológica do condutor, identificando os riscos que pode oferecer para os pedestres, para si mesmo e demais situações no trânsito. Portanto, nossa legislação não estabelece uma idade ideal para não praticar a condução de veículo. O art. 166 do Código de Trânsito Brasileiro indica as adversas condições que podem afetar o comportamento de um motorista, sendo as mais comuns as condições físicas: fadiga

(cansaço), dirigir alcoolizado, sono, pressa, fome, drogas, visão ou audição deficiente, perturbações físicas (dores e doenças crônicas) e as condições mentais: estados emocionais (tristezas ou alegrias), preocupações, medo, insegurança.

Para a renovação da carteira de habilitação, a resolução do Contran n. 007/98 estabelece que, até os 65 anos são realizados exames médicos para avaliar a aptidão física, mental e psicológica a cada cinco anos.

Como a condução de um veículo é um procedimento complexo, são necessárias três funções básicas: a cognitiva, que envolve raciocínio, entendimento, memória, comunicação, atenção, concentração, vigília e respostas imediatas; a motora, responsável pela liberdade de movimentos, rapidez, força, agilidade, coordenação; e a sensório perceptiva, que relaciona a sensibilidade tátil, visão, audição e percepção.

Outro fator preponderante são as doenças degenerativas do sistema nervoso, como Alzheimer e Parkinson, que podem levar o indivíduo à demência, consequentemente impossibilitando a condução de automóvel. De modo similar, ocorrem problemas com as doenças relacionadas a cataratas, hipertensão arterial, diabetes, doenças ósteoarticulares, distúrbio mental e emocional, doenças metabólicas e outras; estas podem comprometer as funções essenciais para a atividade se não controladas e também podem ocasionar riscos para o condutor e para o trânsito (CUNHA et al, 2012).

Muitos sintomas relacionados à saúde modificam-se com a prática regular de atividade física (PLEIS; LETHBRIDGE-CEJKU, 2006). A prática regular de atividade física nos dias atuais tem sido muito difícil. A rotina estressante do trabalho, o tempo que se passa no computador, televisão e outros meios de comunicação absorvem uma grande parte do tempo dos indivíduos. Assim, o sedentarismo vem assumindo uma grande escala, o que torna a mudança de vida para um hábito saudável de extrema importância.

Hábitos saudáveis de prática de atividade física são incorporados na infância e adolescência, transferindo-se para a fase adulta (LAAKSO L, VIKARI J, 1997; TAYLOR WC; BLAIR SN, 1999). A atividade física pode ser considerada de diferentes domínios: ocupacional; de tempo livre; atividades do lar e de deslocamento (FARIAS JR, 2011). A atividade física é desenvolvida e apresentada para a dispersão de energia através da frequência, duração, intensidade dentro de cada tipo de atividade (CASPERSEN et al, 1985). Para a American Heart

Association, os indivíduos têm que realizar atividade física todos os dias, variando entre intensidade moderada e vigorosa de acordo com suas aptidões físicas, por um período igual ou superior a 30 minutos (PEARSON et al, 2002).

O efeito da atividade física beneficia a redução da pressão arterial, os riscos cardiovasculares e a prevenção da hipertensão (FAGARD, 2006; MYERS et al, 2002). A atividade física tem que ser planejada e realizada de forma contínua, com o intuito de manter a saúde e a aptidão física, proporcionando benefícios agudos e crônicos, como a melhora no condicionamento físico, o aumento da força, coordenação, equilíbrio, redução da incapacidade funcional e a promoção da melhoria do bem-estar e do humor (FOUNTOULAKIS et al, 2003).

Há diversas maneiras para se mensurar os efeitos da atividade física sobre o corpo humano. Uma dessas maneiras é a aferição da frequência cardíaca, atividade de fácil análise e uma variável fisiológica utilizada na prescrição e esforço físico.

O sistema no qual a frequência cardíaca pode ser medida é o sistema nervoso autônomo (SNA). A definição “autônomo” significa regular a si próprio, não acessíveis à consciência; esse sistema é também chamado de sistema motor involuntário ou neurovegetativo. Este sistema influencia a pressão arterial, a resistência periférica (resistência oferecida pelos vasos para o fluxo de sangue de modo a assegurar o funcionamento eficaz do sistema circulatório), frequência cardíaca e o débito cardíaco, que determina a quantidade de sangue a ser bombeado pelo coração por minuto (KANDEL et al, 2000; JOHNSON et al, 2000; GUYTON, 2000).

O coração é um órgão central na manutenção da homeostasia e para alcançá-la recebe influências autônomas (LONGO et al, 1995). A principal característica do coração consiste na constante mudança da frequência de seus batimentos através das vias aferentes, medulares e vagais. A informação atinge o sistema nervoso central, é modulada e volta para o coração através das fibras eferentes vagais rápidas e eferentes simpáticas lentas (podendo ocorrer no intervalo de até 20 segundos). Esse efeito resultante das influências autônomas é a variabilidade de batimento a batimento da frequência cardíaca (RIBEIRO et al, 2000; CAMPELO et al,1992; PUMPRLA et al, 2002).

Indivíduos bem treinados fisicamente possuem frequência cardíaca de repouso mais baixa (AUBERT et al, 2001). A recuperação da frequência cardíaca pós exercício em indivíduos bem treinados é rápida (COLE et al, 2000). A atividade

física pode ser mensurada por meios indireto e direto: indiretamente, pode ser medida através de questionários, entrevistas ou diários; de forma direta, a medição pode ser realizada através de marcadores fisiológicos ou sensores de movimento, ou até pela realização de alguns testes invasivos através da coleta de sangue (REIS et al, 2000).

Uma possível avaliação da aptidão física pela análise direta seria a medição da frequência cardíaca por meio de um monitor cardíaco, fácil de mensurar em ambientes experimentais, como nos casos de laboratório, nos quais os voluntários são convidados a participar do teste executando tarefas. Essas tarefas podem apresentar para o voluntário uma condição de tédio, estresse ou até mesmo ansiedade (MOLLER et al, 2010; RHEINBERG; VOLLMEYER, 2012; TOZMAN; PEIFER, 2015). Entretanto, outra forma de identificar a aptidão física é através do VO₂ máx, realizado através da espirometria, que analisa as frações expiradas de oxigênio e dióxido de carbono durante o esforço e a ventilação pulmonar, este seria um modo avaliativo de alta precisão, por apresentar fidedignidade nos resultados (SANTOS et al, 2012). Para o American College of Sports Medicine (2000), os protocolos indiretos determinam o VO₂ máximo através de equações baseadas em tempo, distância, frequência cardíaca, idade, gênero, dentre outros fatores. Embora o índice de consumo de oxigênio (VO₂) em repouso seja similar entre indivíduos sedentários e ativos, é durante o esforço máximo que identificamos a diferença, a principal alteração nesses casos está relacionada ao fato de que indivíduos bem treinados apresentam VO₂ máximo duas vezes maior do que o de sedentários (ROBISON et al, 1938).

Embora a aptidão física pareça afetar a condução de automóvel, apenas alguns estudos foram desenvolvidos para analisar que a prática de atividade física proporciona melhoras no desempenho de condução em automóvel como identificado no estudo desenvolvido por Caragata et al, (2009).

Caragata et al (2009) estudou dezenove participantes adultos mais velhos com o objetivo de identificar se a aptidão física resultaria em melhoras na percepção durante a condução. Foi aplicado, para os participantes, o questionário SF-36 reduzido para questões de saúde e atividades físicas realizadas nos últimos seis meses (natação, jardinagem, aula de ginástica entre outros relatados pelos participantes). Outro questionário respondido pelos participantes retratava os hábitos de condução (OWSLEY et al, 1999), descreviam qual a média em que dirigiam, dias

por semana, tempo médio gasto em cada viagem, percursos rurais, urbanos, limites de velocidades, entre outros.

O estudo de Caragata et al (2009) teve três componentes principais: aprimoramentos de engenharia, educação para os motoristas em condução e aptidão física. Para aptidão física foram desenvolvidos exercícios baseados nos movimentos específicos que acontecem durante a prática da condução. Foram realizados exercícios na posição sentada e em pé, utilizaram também equipamentos como bolas, faixas, pesos para a resistência, cones para agilidade e discos de propriocepção para o equilíbrio. Em vista da importância da visão para conduzir automóvel, também citado pela Transportation Research Board (1985), foram inclusos no programa os movimentos oculares associados ao desempenho no comportamento visual em conduzir (MARPLE-HORVAT et al, 2005). Algumas das atividades desenvolvidas imitavam os comportamentos de condução de automóvel, como os exercícios para o pescoço (flexão, extensão, rotação direita e esquerda), tronco e de visão. Os resultados apresentados mostraram ganhos de medida de resistência para os homens, enquanto as mulheres apresentaram ganhos de força, resistência, agilidade, flexibilidade e tempo de reação da mão para o grupo experimental. Metade dos participantes sentiu que suas habilidades de condução tinham melhorado e 40% relataram um aumento na confiança em conduzir. Todos os participantes concluíram que os exercícios ensinados nas aulas ajudaram a tornar as tarefas de condução mais fáceis, como a capacidade de mover a cabeça e ombros durante o escaneamento visual na cena. Em conclusão, mais de 28,6% dos participantes disseram que aumentaram a consciência de suas limitações, bem como da necessidade da aptidão física para conduzir, apontaram também a necessidade do estado de vigilância visual constante durante a condução.

Mediante todo o contexto, a prática de atividade física possibilita boa qualidade de vida e bem-estar para o ser humano prorrogando o aparecimento de doenças crônicas, podendo ser considerada como fator benéfico para o desempenho na condução de automóvel tanto no aspecto físico como no comportamento ocular. Entretanto, com o avanço tecnológico, a realização de tarefas as diárias e laborais passaram a ser mais simples, reduzindo o tempo e a intensidade da atividade física, aumentando o tempo exposto a comportamentos sedentários (HAMILTON; HAMILTON; ZDERIC, 2007; OWEN et al, 2010).

Desta forma, a presente revisão de literatura levantou as principais características do desempenho da condução de automóveis e buscou estabelecer as bases da frequência cardíaca (efeito da aptidão física) e dos movimentos dos olhos e cabeça durante a condução do automóvel, bem como das variáveis relacionadas aos grupos ativo e sedentário submetidos a diferentes velocidades do veículo, esse levantamento de dados contribui para as definições do método desenvolvido no presente estudo.

4. MÉTODO

4.1 PARTICIPANTES

Os participantes da pesquisa somam-se trinta voluntários habilitados em conduzir automóveis pelo menos há três anos e com, no mínimo 15.000 km, dirigidos, estes declararam possuir experiência em rodovias. Esses participantes tinham idade entre 21 e 45 anos e eram de ambos os sexos. Quinze participantes compuseram o grupo fisicamente ativo e quinze participantes o grupo de sedentários. Para o grupo ativo, foram selecionados participantes que praticavam atividades físicas de forma ininterrupta há, pelo menos, nove meses. Os participantes do grupo sedentário não praticavam atividades físicas de modo sistemático.

Os critérios de inclusão foram os seguintes: (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 ter experiência de no mínimo 3 anos na condução de automóveis (iv) ter idade entre 21 a 45 anos (v) praticar atividade física contínua para os aptos fisicamente.

Para identificar o nível de aptidão física, aplicou-se o questionário de Baecke (1982) para os grupos, este é considerado um método indireto, de fácil aplicação e entendimento (Anexo V). Consiste no histórico de 12 meses de atividade física relacionada a tarefas ocupacionais, exercícios físicos, de lazer e locomoção. O questionário é composto por 16 questões divididas em três setores: atividades ocupacionais (Q1 a Q8), exercícios físicos durante as horas de lazer (Q9 a Q12) e atividades físicas durante o lazer e locomoção (Q13 a Q16). As questões são calculadas de acordo com as divisões das perguntas e seus scores (Anexo VI).

O grupo ativo apresentou um histórico de, no mínimo, nove meses de prática de atividade física contínua, com média de idade de 37,46 anos ($DP = 4,34$) e índice de massa corpórea de 22,7 kg/m² ($DP = 2,57$). Dirigiam uma média de 6,25 dias na semana ($DP = 1,35$), com média de prática de condução de automóveis 17,93 anos ($DP = 4,06$). Com relação ao tempo de condução somente em rodovias, descrito em um pré-questionário, a média de cada viagem na rodovia foi 209,8km ($DP = 292,37$).

O grupo ativo foi selecionado na assessoria esportiva de corrida de Bauru Iron Coach; seus participantes já praticavam a corrida há pelo menos nove meses e

realizaram um teste físico para avaliar o condicionamento físico, o CAT. Esse teste de corrida consiste em determinar a recuperação da frequência cardíaca, limiares aeróbio e anaeróbio e, de forma indireta, o índice de VO₂máx (capacidade máxima do corpo de um indivíduo em transportar e metabolizar oxigênio durante um exercício físico) sobre distâncias percorridas (GARCIA et al, 1996). O teste foi realizado em um percurso de três km e resultou numa média para o grupo ativo de $M = 830$ s ($DP = 140$ s).

O grupo sedentário, que não praticava atividade física de modo sistemático, apresentou idade média 30,66 anos ($DP = 6,90$), índice de massa corpórea $M = 22,8$ kg/m² ($DP = 3,87$), tempo em que dirigem automóveis, média 10,2 anos ($DP = 5,08$); dias da semana, média 4,86 dias ($DP = 1,99$). O tempo conduzido somente em rodovia por cada viagem foi de 90 km ($DP = 73,19$). Pertinentemente ao aumento dos fatores fisiológicos, como no caso específico da frequência cardíaca e a pressão sistólica e diastólica, somente o grupo ativo foi submetido ao teste CAT de 3000 metros para identificar o VO₂ máximo por ser um teste de esforço e envolver riscos aos sedentários.

Sobre a acuidade visual, foi realizado o teste de Snellen, no qual resultou para os participantes ativos o seguinte panorama: sete participantes com (20/20), e oito participantes com correção, com (20/25). Para o grupo sedentário, foram nove participantes com (20/20) e seis participantes com correção, com (20/25). A visão dos motoristas deve estar dentro da normalidade com relação de até 20/30; uma acuidade visual pior que essa é suscetível a apresentar dificuldades na leitura de letreiros e sinais de limites de velocidade (FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 2003).

A participação de todos voluntários foi condicionada à autorização por escrito, através do termo de consentimento livre e esclarecido, devidamente aprovado pelo Comitê de Ética da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação Ciências da Unesp, Campus de Bauru.

4.2 EQUIPAMENTOS

Para coleta de dados, foi utilizado um sistema de medidas que integra os dados relacionados ao movimento dos olhos e da cabeça. Para mensurar o comportamento do olhar, foi utilizado o sistema de análise dos movimentos dos olhos *Eye tracker*, da marca *Applied Sciences Laboratories (ASL, modelo H6)*, (Figura 2). Este sistema apresenta acurácia de 1° de ângulo visual e é monocular, funciona 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. De fato, há duas microcâmeras no sistema: uma que filma o olho do sujeito (imagem refletidas na parte interna de um visor acoplado a um suporte fixo à cabeça de quem usa o sistema) e outra que filma diretamente a cena que o sujeito está vendo.

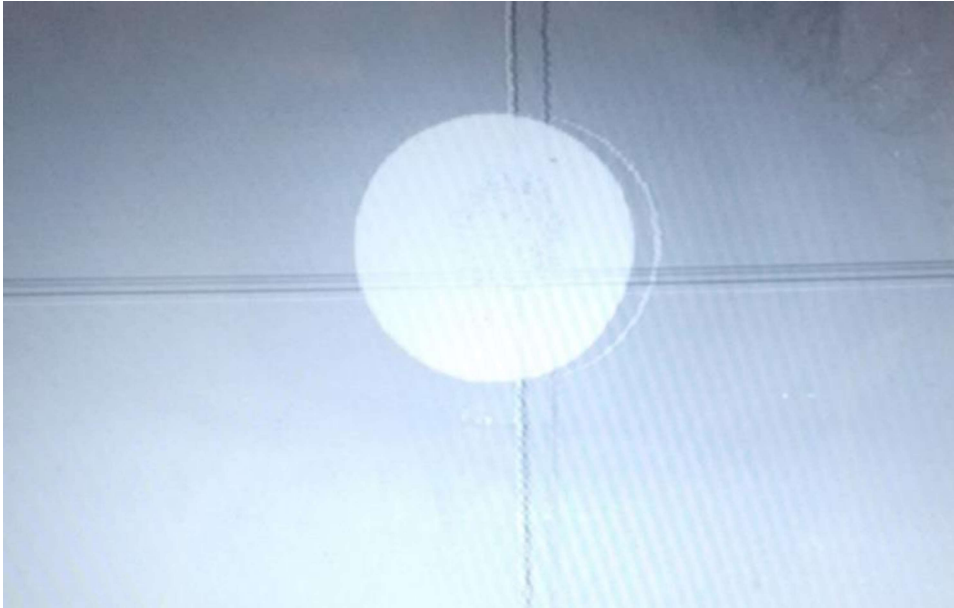
Figura 2 - Eye tracker



Fonte: a própria autora.

Na imagem da câmera do olho, as posições relativas da pupila e da reflexão na córnea são identificadas em tempo real por um programa de computador, com base nos seus distintos níveis de contraste. A seguir, os centroides da pupila e da reflexão na córnea são calculados e suas coordenadas horizontais e verticais (em unidades de vídeo) são usadas para determinar a linha do olhar em relação ao sistema óptico do aparato (Figura 3).

Figura 3 - Imagem do olho registrada em vídeo pelo *Eye tracker* através do software ASL



Fonte: a própria autora.

Com base na posição da linha do olhar e em informações oriundas do procedimento de calibração, o sistema gera um cursor que é adicionado a cada quadro de imagem da câmera da cena para indicar onde o sujeito está olhando naquele instante (RODRIGUES, 2001). Este sistema possui aparato magnético que mede o movimento da cabeça (posição e orientação tridimensionais) e, com calibração adicional, possibilita a integração entre dados do olho e cabeça. A frequência de aquisição de dados foi de 60 Hz.

Figura 4 - Imagens das coordenadas X e Y (localização do olhar na cena) registrada pelo *Eye tracker* através do software ASL



Fonte: a própria autora.

Durante a coleta de dados, foi utilizado um Cockpit da marca Logitech, contendo uma poltrona, câmbio com seis marchas, direção, pedais de acelerador, freio, embreagem e uma televisão de tela plana 46 polegadas. O simulador utilizado no método foi o *City Car Driving* da empresa *Forwad Developmentes* (versão 1.0).

Para o presente estudo, utilizou-se a rodovia como trajeto; testou-se diferentes velocidades de acordo com as normas de trânsito. O trajeto urbano possui adversidades que poderiam interferir a pesquisa, como a proibição de velocidades altas, a presença de várias sinalizações, tais quais sinaleiros, faixas de pedestres, entre outros. Por tal motivo, o presente estudo desconsiderou a modalidade de tráfego urbano proporcionado pelo simulador. O clima utilizado foi o de sol e 10% de tráfego, a quantidade de veículos para ultrapassar ou diminuir a velocidade foi fundamental para que não interferisse nas tarefas quando a velocidade estivesse a 110 km/h.

Figura 5 - Cockpit (Logitech)



Fonte: a própria autora.

Para a aferição da frequência cardíaca em repouso e durante a realização dos testes em diversas velocidades, utilizou-se o frequencímetro da marca Polar RS800CX com GPS.

Os sistemas descritos foram sincronizados para possibilitar a análise dos dados. Para análise integrada dos dados, foram utilizadas *software* Matlab (The Matworks Inc., 2010 – versão 7.10.0.499), para cálculos das variáveis de interesse e também o SPSS (SPSS Inc., 2008 – versão 17.0.1), para análises estatísticas do presente estudo.

4.3 PROCEDIMENTOS

Primeiramente, os participantes receberam por e-mail uma mensagem eletrônica explicando sobre o projeto e sua possível participação, esse e-mail já continha algumas perguntas sobre a prática de atividade física e a experiência em conduzir automóvel.

A coleta de dados ocorreu dentro e fora do laboratório de Informação, Visão e Ação (LIVIA). Para o grupo ativo pré-selecionado e que praticava atividade física (corrida) há mais de nove meses, antecipadamente foi realizado um teste de esforço físico na Assessoria Esportiva Iron Coach situada na cidade de Bauru. O objetivo do teste foi comparar o condicionamento físico dos participantes ativos com a literatura específica sobre aptidão física. O teste consistiu em correr 3000 metros em um local plano, objetivando fazer o menor tempo possível nesta metragem. Os participantes

no dia do teste eram orientados a fazer um aquecimento de cinco minutos, com alongamentos antes de realizar o teste.

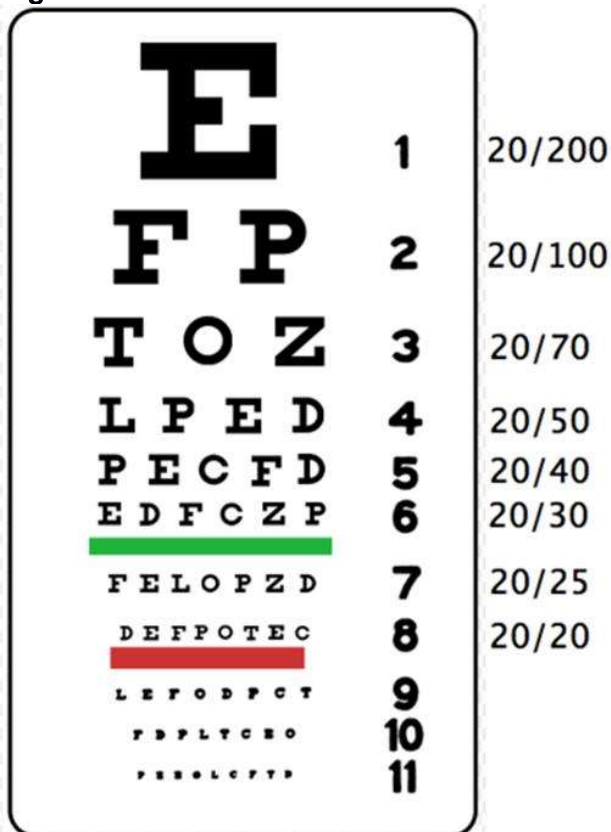
O resultado do tempo do teste CAT foi comparado à determinação do VO₂ máx (Anexo VIII) segundo apresentado pela OMS (1981) para determinar se a aptidão física dos participantes realmente estava boa ou ruim. O teste CAT permite determinar de forma indireta o índice de VO₂ máx sobre as distâncias percorridas, assim como outras variáveis, como os limiares aeróbio e anaeróbio e a recuperação da frequência cardíaca (GARCIA et al, 1996). O grupo sedentário não realizou esse teste de esforço físico.

Para a avaliação no simulador, foi orientado aos participantes que se deslocassem até o Laboratório de Informação, Visão e Ação (LIVIA). Os participantes preencheram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).

Os envolvidos também responderam ao questionário de aptidão física (BAECKE, 1982), que consistiu em coletar informações sobre a atividade física dos últimos 12 meses através de três escores AFO (atividades físicas ocupacionais) composto por oito questões, quatro questões de EFL (atividades esportivas e programa de exercícios físicos) e quatro questões de ALL (atividades de ocupação de tempo livre) (Anexo VI) de forma auto respondida. Os resultados obtidos foram organizados em forma de escala Likert com escore variável entre 1 e 5 pontos (BAECKE et al, 1982; FLORINDO et al, 2004).

Após o término do questionário Baecke (1982), o participante foi direcionado a ficar em pé para realizar o teste de Snellen. O teste consistiu em medir a acuidade visual. Para o ser humano, a acuidade visual normal apresenta-se na faixa entre 20/25 e 20/20 (SALOMÃO, 2007). O participante foi colocado a uma distância de 180 cm da figura do teste de Snellen fixada na parede. O teste ocorreu quando o pesquisador pediu para o voluntário ler em voz alta cada letra apontada e observou sua respectiva acuidade visual normal até o limite de diminuição do tamanho da letra. Para alguns participantes foi necessária a utilização de seus corretores (óculos).

Figura 6 - Teste de Snellen de acuidade visual



Fonte: Salomão (2007).

Em seguida, o participante foi direcionado a sentar-se em uma cadeira para colocar o frequencímetro cardíaco (POLAR) no braço esquerdo (braço oposto ao lado da troca de marcha padronizado para todos) e a cinta foi colocada na região do processo xifoide. O participante ficou por 60 segundos sentado e descansando com o polar em seu braço sem registrar nenhuma frequência. Após esse descanso, aferiu-se a frequência cardíaca em repouso durante 60 segundos. Ao seu término, o participante foi direcionado ao cockpit. Durante os testes no simulador, a frequência cardíaca foi analisada de cinco em cinco segundos e depois tabulada pelo software Polar. Ao término, a totalização foi transformada em arquivo txt e processado pelo *software* Matlab.

4.3.1 Descrição das tarefas de condução no simulador

Primeiramente, o participante ficou parado por 60 segundos para que os batimentos cardíacos ficassem próximos às condições de repouso e, logo em seguida, foi aferida a frequência cardíaca em repouso durante 60 segundos. Logo após, o participante foi direcionado para o simulador. Nessa primeira parte, o

participante fez os principais ajustes em relação à sua cabine de pilotagem (ajuste da distância da poltrona em relação aos pedais e inclinação da poltrona), nesse momento também foram esclarecidas as principais dúvidas do participante. A medição da frequência cardíaca não considerou esse período da orientação aos participantes.

Iniciou-se o processo de adaptação no simulador por 180 segundos sem a utilização do *Eye tracker*, somente com o frequencímetro cardíaco (POLAR). Logo após, foi realizada a calibração do *Eye tracker* na cabeça do participante para analisar o movimento dos olhos e da cabeça. Em seguida, foi colocado o cenário de condução proposto pelo método.

As condições da coleta de dados do presente estudo foram randomizadas para evitar possíveis efeitos de ordem e todas aferidas a frequência cardíaca. As velocidades escolhidas foram baseadas no Código de Trânsito Brasileiro respeitando os limites de velocidade durante a condução de automóvel, consistiam em três: 50-60 km/h, 80-90 km/h e 110-120 km/h. As tarefas foram conduzir o simulador de automóvel na rodovia por 180 segundos com as velocidades randomizadas sem bater em outros automóveis, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 - Descrição das tarefas da coleta de dados

Voluntários habilitados: Grupo 1 (ativo) e grupo 2 (sedentário)	A- Responder ao questionário de Baecke (aptidão física). Aferir a FC.	B - Dirigir rodovia em linha reta (adaptação-sem <i>Eye tracker</i>) 3 minutos - Aferir FC	C - Dirigir o automóvel por mais 3 minutos com velocidade aumentada (randomizadas) <ul style="list-style-type: none"> • 50-60km • 80-90km • 110-120km Aferir FC	D - responder ao questionário em percepção com o simulador
--	---	---	--	--

Fonte: a própria autora.

Após a coleta de dados com o simulador de direção, o participante foi orientado a retirar o POLAR. Em sequência, foi encaminhado a responder ao último questionário, assim finalizava-se a aplicação do protocolo experimental como mostrado no Quadro 2.

O questionário foi baseado em perguntas afirmativas de situações reais de condução de automóvel, relacionadas a fatores atencionais (Q7 e Q8), movimento dos olhos (Q7 e Q8), velocidade (Q2), desempenho (Q1 e Q4) e percepção do simulador (Q3, Q5 e Q6) (QUADRO 3), para identificar a percepção de cada

participante sobre similaridades entre as situações do simulador e aquelas naturais do trânsito.

Quadro 3 - Questões de percepção do simulador de direção

Q1	O controle do carro do simulador para manter-se na pista é semelhante à situação real de trânsito?
Q2	A percepção das alterações de velocidade do carro no simulador é semelhante à situação real.
Q3	As situações de trânsito, simulada e real são semelhantes.
Q4	Controlar o carro em simulador é semelhante à situação real de trânsito.
Q5	No simulador modifico o meu modo de dirigir em relação à situação real de trânsito.
Q6	As características físicas do simulador se assemelham com um carro real
Q7	A minha atenção visual está ali, mas minha consciência está em outro lugar.
Q8	Quando dirijo meus olhos ficam fixados na estrada
Q9	Assinale o grau que o simulador se parece ou não com a situação de direção real

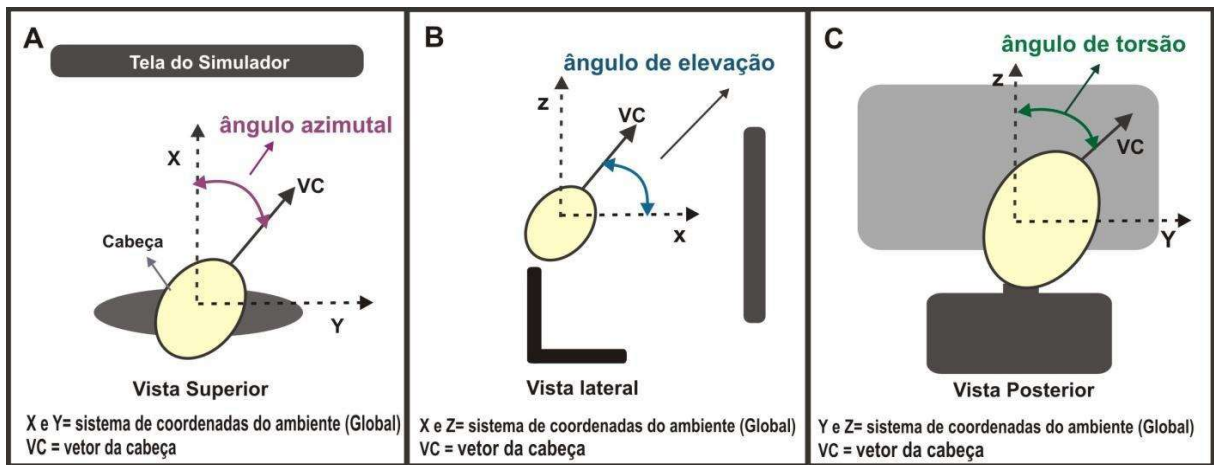
Fonte: a própria autora.

4.4 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

A partir dos dados de posição e orientação da cabeça (vide sistema de coordenada na Figura 7) e a localização do olhar em relação à tela, foram obtidas as seguintes variáveis dependentes:

- número de fixações (unidades);
- duração média das fixações (segundos);
- variabilidade (DP) da duração das fixações (segundos);
- tempo relativo de fixação (%) (porcentagem do tempo total de cada experimento no qual o participante fixou o olhar);
- variância da posição horizontal do olho (cm);
- variância da posição vertical do olho (cm);
- variância da cabeça no eixo x (cm);
- variância da cabeça no eixo y (cm);
- variância da cabeça no eixo z (cm);
- variância do ângulo azimutal da cabeça (graus);
- variância do ângulo de elevação da cabeça (graus);
- variância do ângulo de torção da cabeça (graus).

Figura 7 - Coordenadas espaciais da cabeça em (A) Vista Superior, (B) Vista Lateral e (C) Vista posterior



Fonte: a própria autora.

Para análise da frequência cardíaca, foram obtidas as variabilidades entre grupos e a diferença da frequência cardíaca em repouso, estas foram aferidas em diferentes velocidades. Os dados de cada variável dependente foram submetidos à análise de variância (ANOVA) de Grupo (ativo e sedentário) por condição (50-60km/h, 80-90km/h, 110-120km/h). O nível de significância adotado foi 0,05 para todas as análises. Para comparações aos pares (post-hoc), foi utilizado o Teste LSD de Tukey. Ajustes de probabilidade de Bonferroni e de graus de liberdade de Greenhouse-Geisser foram utilizados conforme necessário (MAXWELL; DELANEY, 1990).

5 RESULTADOS

Os resultados do questionário Baecke foram organizados em forma de escala de Likert contendo escores variando de 1 a 5 pontos, esta variável quantitativa indica 1 como ruim e 5 bom (BAECKE et al, 1982). O escore de atividades esportivas e programas de exercício físico (EFL) do questionário de Baecke indicou que o grupo ativo ($M = 3,53$, $DP = 0,74$) foi significativamente superior ao grupo sedentário ($M = 2,27$, $DP = 0,68$), $F(1, 28) = 23,78$, $p < 0,001$. Nas demais atividades, o grupo ativo teve resultados levemente superiores nas atividades ocupacionais, obteve $M = 2,83$ ($DP = 0,99$) e o sedentário $M = 2,51$ ($DP = 0,79$); nas atividades de lazer, o grupo ativo obteve $M = 2,58$ ($DP = 0,75$) e o grupo sedentário $M = 2,25$ ($DP = 0,54$).

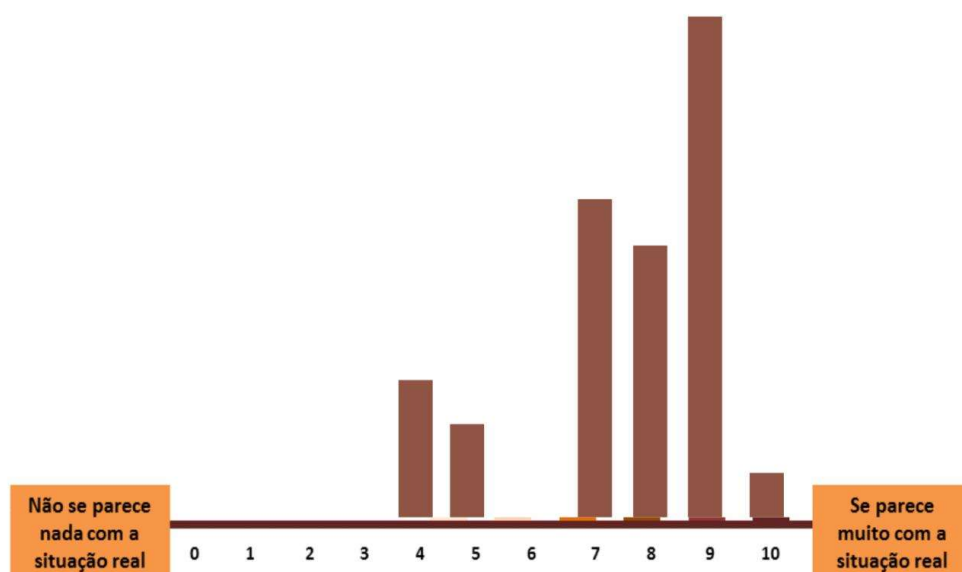
O teste físico de corrida mostrou que o tempo do grupo ativo foi $M = 830$ s, correspondente a 51,2 de VO_2 máximo pela tabela CAT. A média de idade avaliada no grupo ativo foi de 30-45 anos. De acordo com a OMS (1980), indivíduos do sexo feminino que possuem idade entre 30-39 anos e o índice de VO_2 máximo > 45 ou idade entre 40-49 anos e índice > 42 são considerados excelentes. Para o grupo masculino, indivíduos com idade entre 30-39 anos e índice de VO_2 máximo > 49 anos ou idade entre 40-49 anos e índice > 45 são considerados excelentes (Anexo IX). Portanto, os resultados obtidos através do teste prático assemelharam-se às respostas do questionário Baecke no quesito aptidão física.

Para o questionário de percepção do simulador de automóvel, foram consideradas somente as respostas positivas SIM para os grupos ativo e sedentário. Para as questões Q1 e Q4 relacionadas ao desempenho da condução do automóvel, as respostas consideradas somente SIM foram de 60% para a questão Q1 e 63% para a questão Q4 nos grupos ativo e sedentário. Na questão sobre condução em diferentes velocidades (Q2), para o grupo ativo e sedentário as respostas SIM totalizaram 63%. Nas questões sobre a percepção do simulador de automóvel em relação ao trânsito de forma geral, as respostas SIM para os participantes ativos e sedentários foram 100% para a questão Q3, 57% para a questão Q5 e 83% para a questão Q6. As questões atencionais envolvidas durante a condução de automóvel no simulador, semelhantes a situações reais de trânsito, foram de 13% para a questão Q7 e 80% para a questão Q8 para os grupos de ativo e sedentário.

A questão 9 foi analisada por meio de uma escala de percepção do simulador de direção (Figura 8), essa escala contribuiu para se detalhar o quanto o uso do simulador de automóvel se assemelhou ou divergiu da situação natural de trânsito, bem como o quanto a tarefa foi difícil ou fácil. Assim, nessa questão não houve diferenciação por grupos. Os participantes apresentaram concordância positiva para o simulador de automóvel similar à situação natural nos itens tráfego de veículos, velocidade, pedal e câmbio; e desfavorável para os itens: volante duro dificultando a condução, retrovisores do programa e som. Outras sugestões dos participantes foram que o simulador fosse mais dinâmico e anatômico, aumentando assim o grau de liberdade dos movimentos e facilitando a visibilidade dentro do ambiente de simulação pelo condutor, semelhante à situação natural.

Figura 8 - Escala de percepção para o simulador de automóvel para o grupo de ativo e sedentário assinalando o grau que o simulador se parece ou não com a situação de direção natural (referente à questão 9 do quadro 3)

Q9: escala de percepção para o simulador de direção



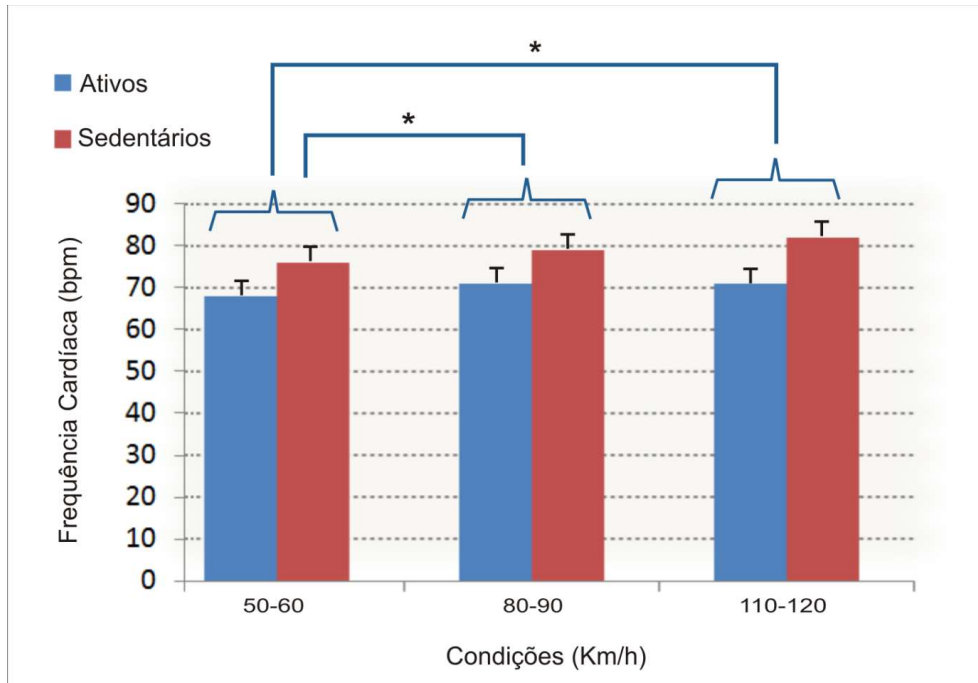
Fonte: a própria autora.

A análise de desempenho de condução dos motoristas durante a realização da tarefa mostrou quantas pessoas colidiram com outro veículo durante o período de cada tentativa (180 segundos). No grupo ativo, dois participantes colidiram, uma vez por participante na condição de velocidade 50-60 km/h; enquanto que, para essa mesma condição de velocidade, não houve colisões para o grupo sedentário. Na

condição de velocidade 80-90km/h, um participante do grupo ativo e um do grupo sedentário colidiram uma única vez. Na condição de velocidade 110-120 km/h, o grupo ativo, no total, colidiram três vezes, sendo uma vez cada participante, enquanto que o grupo sedentário colidiu seis vezes, sendo uma colisão para cada participante. No total, oito participantes do grupo ativo e sete participantes do grupo sedentário não colidiram nenhuma vez durante a condução simulada de automóvel.

A frequência cardíaca média foi significativamente afetada pela condição experimental, $F(3,0, 83,2) = 4,51$, $p = 0,006$ e pelo grupo, $F(1, 28) = 5,50$, $p = 0,026$, conforme mostra Figura 9. A comparação aos pares revelou que a frequência cardíaca média foi significativamente menor na condição de 50-60 Km/h ($M = 72,14$, $DP = 1,99$) do que na condição de repouso ($M = 76,52$, $DP = 2,15$), na qual o participante permaneceu sentado por 60 segundos antes de ir para o simulador e realizar as tarefas. A média da frequência cardíaca da velocidade 80-90 Km/h ($M = 75,17$, $DP = 2,27$) foi maior que a velocidade 50-60km/h e menor que 110-120 Km/h ($M = 76,57$, $DP = 2,42$), respectivamente, com $ps = 0,013$, $0,007$ e $p < 0,001$. Para o efeito de grupo, a frequência cardíaca do grupo ativo foi $M = 70,20$ e $DP = 2,99$ a do grupo de sedentários foi $M = 80,12$ e $DP = 2,99$.

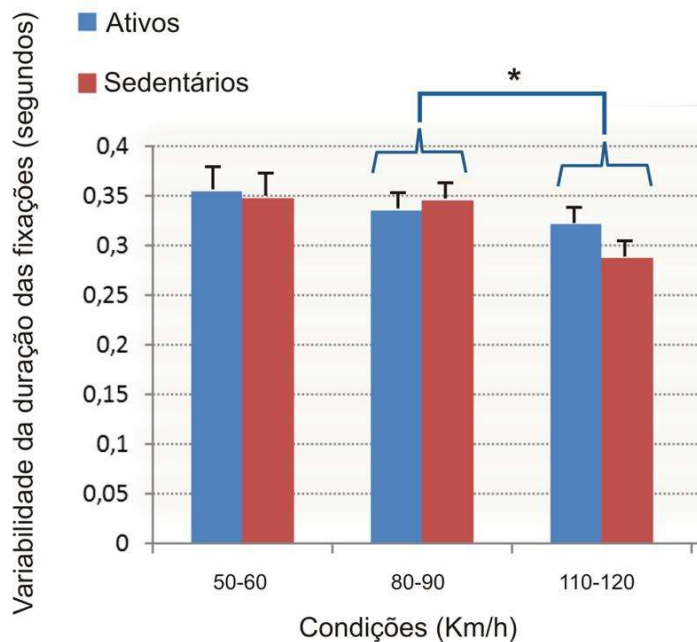
Figura 9 - Média da frequência cardíaca (bpm) dos participantes ativos e sedentários durante a condução no simulador nas condições de velocidade 50-60, 80-90 e 110-120 km nos grupos de ativos e de sedentários * $p \leq 0,05$



Fonte: a própria autora.

Destarte, o número de fixações, a duração média das fixações, a porcentagem de tempo de fixação em relação ao tempo total e as variâncias horizontal e vertical do olhar não foram significativamente afetados pelas condições de velocidade, nem pelo efeito de grupo ou interação das condições de velocidade por grupo. De outro modo, a variabilidade da duração das fixações dos movimentos dos olhos foi significativamente afetada pela condição velocidade, $F(1,5 \ 43,2) = 3,79$, $p = 0,041$, conforme mostra a Figura 10.

Figura 10 - Análise da variabilidade da duração das fixações (s) dos movimentos dos olhos dos participantes ativos e sedentários durante as condições de velocidade do simulador de automóvel: 50-60, 80-90 e 110-120 km/h. * $p = 0,019$

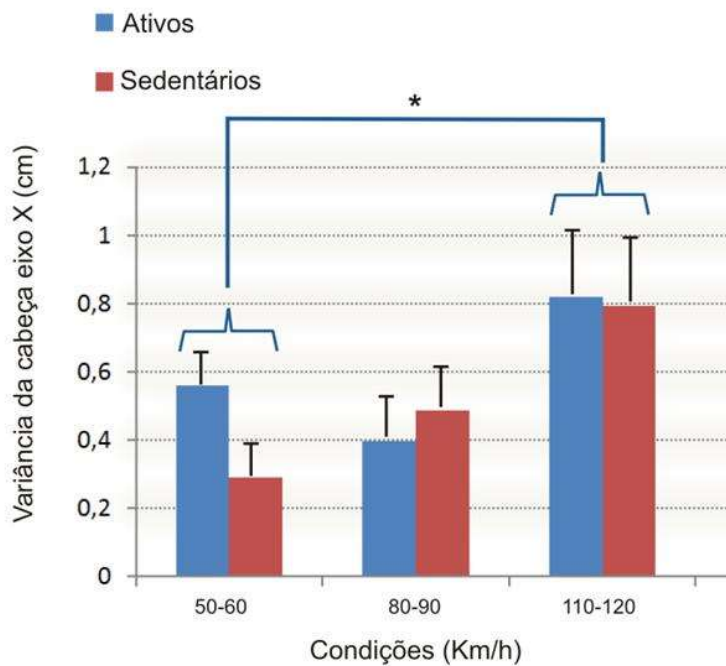


Fonte: a própria autora.

Assim, a comparação aos pares revelou que a variabilidade da duração das fixações na velocidade 80-90 Km/h ($M = 0,34$, $EP = 0,17$) foi significativamente maior ($p = 0,019$) do que na velocidade 110-120 Km/h ($M = 0,31$, $EP = 0,17$); os outros pares não diferiram significativamente.

A variância da cabeça no eixo X, foi afetada significativamente pela velocidade de condução, $F(1,8 \ 50,7) = 7,75$, $p = 0,002$, conforme mostra Figura 11. A comparação aos pares revelou que a variância da cabeça no eixo X na condição de velocidade 110-120 Km/h ($M = 0,81$, $EP = 0,14$) foi significativamente maior do que na velocidade 50-60 Km/h ($M = 0,43$, $EP = 0,08$) e do que na velocidade 80-90 Km/h ($M = 0,44$, $EP = 0,10$), respectivamente, com $ps = 0,005$ e $0,019$.

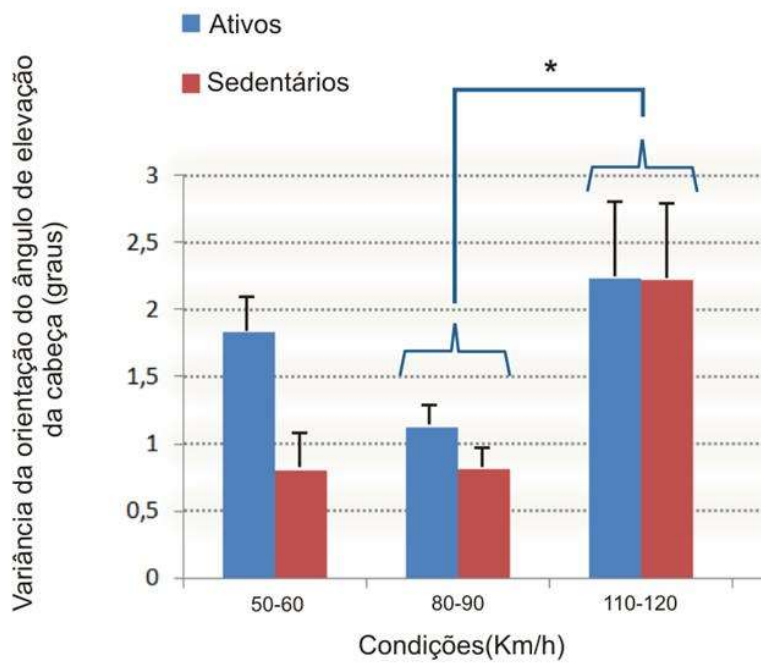
Figura 11 - Análise de variância da cabeça no eixo X (cm) do grupo de participantes ativos e sedentários nas condições de velocidade do simulador de automóvel: 50-60, 80-90 e 110-120 km/h. * $p = 0,005$; $p = 0,019$



Fonte: a própria autora.

Assim, as variáveis relacionadas ao movimento da cabeça nos eixos Y e Z não foram significativamente afetadas pelas condições de velocidade, nem pelo efeito de grupo ou interação das condições de velocidade por grupo. A variância do ângulo de elevação da cabeça foi afetada significativamente pela condição de velocidade, $F(2, 56) = 8,60$, $p = 0,001$, conforme mostra Figura 12. A comparação aos pares revelou que a variância do ângulo de elevação da cabeça na condição de velocidade 110-120 Km/h ($M = 2,22$, $EP = 0,40$) foi significativamente maior ($p = 0,001$) do que na velocidade 80-90 Km/h ($M = 0,97$, $EP = 0,12$). As variâncias dos ângulos azimutais e de torção não foram significativamente afetadas pelas condições de velocidade, nem pelo efeito de grupo ou interação das condições de velocidade por grupo.

Figura 12 - Análise da variância do ângulo de elevação da cabeça (graus) do grupo de participantes ativos e sedentários nas condições de velocidade do simulador de automóvel 50-60, 80-90 e 110-120 km/h nos grupos de ativos e de sedentários. * $p = 0,001$



Fonte: a própria autora.

6 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da aptidão física e da velocidade do veículo sobre aquisição da informação visual dos motoristas durante uma condução simulada de automóvel. Especificamente, este estudo avaliou em situação simulada a possibilidade de combinação de um efeito orgânico, relacionado à eficiência metabólica do participante (grupos ativo e sedentário), e um efeito que altera o padrão da informação visual disponível; que potencialmente altera o risco e o nível de ansiedade em situações naturais (condições de velocidade 50-60, 80-90 e 110-120 Km/h), sobre o perfil de movimentos da cabeça e dos olhos, envolvido na aquisição de informação visual necessária à condução bem-sucedida do automóvel. A melhor compreensão dos aspectos perceptuais, cognitivos e motores da interação homem-automóvel possibilita avanço do conhecimento na área de Ergonomia Cognitiva e de suas aplicações no trânsito.

Os grupos estudados de ativos e sedentários, com distintas experiências em atividades físicas verificadas através do questionário de Baecke, obtiveram escores de atividades esportivas e programas de exercícios físicos significativamente diferentes, com superioridade para o grupo ativo. O grupo ativo realizou adicionalmente o teste físico de corrida com 3000 metros, com o resultado de tempo médio de 830 s (o que corresponde ao valor de 51,2 de VO₂ máximo, resultado classificado como boa aptidão física). Em suma, o grupo ativo apresentou aptidão física marcadamente superior ao grupo sedentário, como esperado.

Com base nas distintas características entre os grupos ativo e sedentário para o estudo no simulador de automóvel, a frequência cardíaca foi utilizada como um preditor do nível de esforço físico e mental requerido pela tarefa. Registros de frequência cardíaca dos participantes foram realizados durante a condução simulada de automóvel em diferentes velocidades. Presume-se que velocidades de condução mais elevadas geram elevações do batimento cardíaco (GOBATTO et al, 2000), uma vez que dirigir em velocidade elevada aumenta o esforço atencional e perceptual, reduz o tempo disponível para respostas motoras, aumentando sobremaneira a dificuldade da tarefa (RENDON-VELEZ et al, 2016). Certamente, em contextos naturais, e potencialmente em contextos simulados, o aumento da velocidade eleva

de modo importante o risco de acidentes e, conseqüentemente, a ansiedade e o estresse envolvidos na condução de veículos (BELLA et al, 2014).

O uso da variável dependente *frequência cardíaca* foi baseado em duas expectativas. Como as hipóteses preliminares estabelecem, uma expectativa era a de que o grupo ativo apresentaria menor frequência cardíaca do que o grupo sedentário durante a condução simulada de automóvel, pois pessoas bem condicionadas apresentam frequência cardíaca mais baixa em repouso, em relação a indivíduos sedentários da mesma faixa etária (AUBERT, 2003). Adicionalmente, a segunda hipótese preliminar indicava que o aumento da velocidade do automóvel em condução simulada causaria aumento da frequência cardíaca dos participantes ativos e sedentários (DE VITTA et al, 2006; GOBATTO et al, 2000).

Os resultados obtidos pelo presente estudo revelaram um efeito significativo de grupo sobre a frequência cardíaca: o grupo ativo apresentou, nas situações de repouso e de adaptação e nas três condições de velocidade, valores significativamente menores que os do grupo sedentário. Particularmente, os resultados da frequência cardíaca pela condição de repouso durante sessenta segundos antes do experimento evidenciou, sem interferência dos procedimentos e condições experimentais, que indivíduos mais ativos possuíam frequência cardíaca mais baixa do que o grupo de sedentários, confirmando achados consistentes da literatura (AUBERT, 2001; 2003), indicando que a frequência cardíaca de repouso baixa tende a representar um bom quadro de saúde, enquanto valores mais altos aparentemente estão relacionados ao risco de mortalidade agravado (GREENLAND et al, 1999).

A análise da frequência cardíaca revelou efeito significativo das condições experimentais. A frequência cardíaca foi significativamente menor na condição de velocidade de 50-60 Km/h do que na condição de repouso, quando não estava conduzindo o simulador, o que revela que, em situações de teste, o participante pode desenvolver a ansiedade ou estresse, desencadeando o aumento da frequência cardíaca. A frequência cardíaca para os grupos ativo e sedentário, quando a velocidade estava 50-60 km/h, foi menor que na fase de adaptação, fase efetiva para envolver o participante no protocolo e reduzir sua ansiedade e batimentos cardíacos; adicionalmente, os participantes ativos e sedentários apresentaram, na condição 50-60 Km/h, frequência cardíaca significativamente menor do que nas velocidades 80-90 Km/h e 110-120 Km/h (Figura 9). O fato da

velocidade 50-60 km/h ter apresentado frequência cardíaca menor para ambos os grupos pode ser explicado de modo semelhante às mudanças da frequência cardíaca em resposta ao exercício quando praticados em diferentes intensidades, muito embora a condução do simulador de automóvel não requeira relativamente adaptações de tão alta intensidade.

Segundo Araújo (1983), nos primeiros segundos do início do exercício, a frequência cardíaca apresenta uma aceleração inicial. Quando um movimento é iniciado, as articulações e os tendões e músculos enviam instantaneamente para o cérebro informações nervosas e, em menos de um segundo, a atividade do sistema nervoso autônomo parassimpático, que é o sistema responsável por “frear” os batimentos do coração, é substancialmente reduzida, o que resulta no aumento adaptativo da frequência cardíaca. A capacidade de variar a frequência cardíaca em função de estímulos externos parece representar um importante papel fisiológico na vida diária, mesmo em situações relativamente simples, como as mudanças posturais e, principalmente, em situações de esforço físico mais intenso, como na atividade esportiva. Além disso, eventos cardiovasculares ou mesmo a evolução natural da idade parecem corroborar na importância funcional do indivíduo, tais eventos incidem na perda ou na redução da capacidade de variar a frequência cardíaca (WOLF et al, 1978).

Os resultados do presente estudo indicaram um relacionamento significativo entre a velocidade do veículo e os batimentos cardíacos dos participantes, independentemente do nível de atividade física de cada grupo. Muito embora a diferença entre as frequências cardíacas nos dois níveis mais altos de velocidade não tenha alcançado significância estatística. Assim, confirma-se a expectativa de que diferentes velocidades de condução de automóvel podem mudar o estado fisiológico do motorista, no caso específico deste estudo, a frequência cardíaca.

Os achados do presente estudo confirmam os resultados dos estudos realizados por Gobato et al (2000), neste, um piloto de automobilismo experiente — esporte que expõe seus praticantes a situações bastante similares à condução de automóvel em simulador — foi objeto de análise, o estudo considerou duas provas de intensidade distintas e diferenças entre os eventos em cada prova, como retas e curvas do circuito. Os dados mostram um acoplamento entre a frequência cardíaca e o lactato sanguíneo; na interpretação dos autores, isso sugere que a frequência cardíaca, ao menos nesse piloto experiente, não está alterada pelo risco da

modalidade e, sim, relacionada ao esforço físico e ansiedade de vitória semelhante a qualquer outro esporte. De modo correlato, no presente estudo, a velocidade chegou a 110-120 km/h e a frequência cardíaca foi significativamente aumentada para ambos os grupos, em comparação à condição 50-60 Km/h, refletindo a adaptação nos batimentos cardíacos aos níveis de esforço físico e mental da tarefa.

Cabe ressaltar que há fatores adicionais que aumentam a frequência cardíaca em um simulador de automóvel, fatores estressores associados ao aumento da velocidade, como fatores psicológicos indiretos, como aumento de ansiedade, redução do processamento de informação e consequente estímulo de uma variedade de respostas fisiológicas, tais como dilatação da pupila, aumento da frequência cardíaca, digestão retardada e uma constrição dos vasos sanguíneos (WICKENS et al, 2004).

Assim, em suma, as hipóteses preliminares foram confirmadas. A importância desta comprovação diz respeito ao fato das duas variáveis independentes do presente estudo — o grupo de atividade física e a condição de velocidade — afetarem claramente a variável dependente frequência cardíaca. Desse modo, é possível interpretar que estas variáveis independentes, no contexto específico da condução simulada de automóveis, deveriam necessariamente afetar os participantes em seu funcionamento fisiológico rotineiro, diferentemente do que pode ocorrer com outros grupos de variáveis não consideradas nesta pesquisa.

Essa influência das condições fisiológicas afetou em pequeno grau o modo comportamental da aquisição da informação visual, o que pode ser confirmado através dos resultados dos movimentos dos olhos e cabeça. Deste modo, assumiu-se que uma mudança na resposta fisiológica seria necessária, mas não suficiente, para gerar uma alteração significativa nas respostas perceptuais e motoras esperadas. Entretanto, foram encontrados resultados significativos do movimento ocular relacionados ao efeito do aumento da velocidade conforme as hipóteses centrais.

As hipóteses centrais do presente estudo estão baseadas no fenômeno de afunilamento de atenção e movimento dos olhos, descrita em uma variedade de circunstâncias na literatura da área (GUO et al, 2015; JANELLE et al, 1999; BRIGGS et al, 2011; ROGERS et al, 2005). No contexto do presente estudo, o referido fenômeno seria caracterizado pelo: a) aumento da duração média e do tempo relativo das fixações, b) redução do número de fixações e da variabilidade das

fixações; e c) redução da variância relativa ao movimento do olhar e da cabeça, conforme estabelecido na primeira hipótese central. Com a elevação da velocidade do veículo e o respectivo aumento de restrição temporal, o sistema óculo motor estaria compelido a aumentar a eficiência da atenção e do processamento de informação, privilegiando fixações mais longas e mais próximas espacialmente, bem como minimizando gasto de tempo com movimentos da linha do olhar e da cabeça.

Com relação às hipóteses centrais do presente estudo, estas foram apenas parcialmente confirmadas. O esperado efeito de afunilamento refletiu-se claramente apenas na variável variabilidade da duração das fixações, que foi significativamente reduzida com o aumento da velocidade (Figura 10). No presente estudo, apesar das variáveis de fixação do olhar, duração média das fixações, tempo de fixação e variâncias horizontal e vertical do olhar não terem sido afetadas significativamente pela velocidade nem pelo grupo, observou-se que a variabilidade da duração das fixações na velocidade 80-90 Km/h foi significativamente maior ($p = 0,019$) do que na velocidade 110-120 Km/h.

A literatura, de modo geral, confirma a expectativa levantada na primeira hipótese central. Rogers, Kadar e Costall (2005), em um estudo com simulador de condução, aumentaram as demandas da tarefa, elevando a velocidade de condução durante uma tarefa de direção em linha reta. Em resposta, independentemente da experiência em condução, os participantes reduziram os movimentos dos olhos, fixando mais o olhar na área à frente da cabeça, em linha reta ao olhar. No estudo com simulador de trem de Guo et al (2015), os participantes foram submetidos a velocidades de condução de 20 a 400 km/h enquanto deveriam apertar um botão no painel após detectarem um sinal na estrada de ferro localizado em diferentes áreas. Os resultados indicaram que, em velocidades menores, o participante variava os movimentos dos olhos, fixando em diferentes áreas de interesse; à medida que a velocidade aumentava, a fixação restringia-se a uma área somente, em frente ao trem, confirmando o fenômeno de “túnel visual” em consequência da alta velocidade.

Os resultados do presente estudo mostram apenas a redução da variabilidade da duração das fixações, confirmando que o aumento da velocidade do veículo limitava as possibilidades do sistema visuomotor na aquisição de informação visual. No entanto, a expectativa de aumento da eficiência atencional e de processamento, com fixações mais longas e concentradas no espaço, minimizando movimentos de olhos/cabeça, não foi confirmada. Parece que as magnitudes das

velocidades que foram capazes de promover aumento importante do batimento cardíaco, não foram suficientes para alterar o comportamento do complexo olho-cabeça. Velocidades muito mais elevadas do que as utilizadas no presente estudo, como 400 km/h (GUO et al, 2015) foram capazes de promover o afunilamento visual na busca por informação visual relevante na condução de veículos. De modo semelhante, o aumento de velocidade do veículo decorrente de aumento de pressão de tempo, com um passageiro continuamente solicitando ao motorista para ir mais rápido gerou aumento da atenção e redução da visão espacial, com movimento dos olhos centralizados à frente, o chamado “túnel do olhar” (RENDON-VELEZ et al, 2016).

Efeitos significativos do aumento da velocidade do veículo sobre o comportamento da cabeça foram observados, independentemente da aptidão física, em variáveis de posição e orientação da cabeça. Na velocidade 110-120 km/h, a variância horizontal da posição da cabeça no eixo X (em relação à velocidade 50-60 km/h) e a variância do ângulo de elevação da cabeça (em relação à velocidade 80-90 km/h) foram significativamente maiores. Esses dados revelam que, diferentemente do esperado, e mesmo que os padrões de fixação não tenham se alterado com o aumento da velocidade do veículo, a cabeça se moveu mais amplamente nas duas referidas dimensões para acomodar algum requerimento da tarefa, aspecto não demonstrado claramente nos resultados ora obtidos. Vale salientar que o aumento significativo na posição e orientação da cabeça é justamente o oposto do esperado; ao invés de uma redução linear dos movimentos de cabeça com o aumento da velocidade do veículo, um padrão de U foi observado naquelas duas variáveis, mostrando que, de algum modo, não há uma relação proporcional entre a magnitude das velocidades e o movimento da cabeça no contexto de condução de automóvel do presente estudo.

A segunda hipótese central estabeleceu que os participantes ativos seriam menos afetados durante o aumento da velocidade do veículo que o grupo sedentário na condução simulada de automóvel em termos de movimentos do olhar e da cabeça. Porém, esses resultados não foram encontrados no presente estudo. Apesar de participantes ativos apresentarem menor frequência cardíaca que participantes sedentários, de modo geral, as condições de velocidade utilizadas não foram capazes de perturbar distintamente os grupos de diferentes níveis de aptidão física.

Talvez durações mais longas em cada tentativa que, no presente estudo totalizou 180 segundos, ou magnitudes de velocidade maiores pudessem promover fatores de estresse ou cansaço tanto no processamento de informação visual quanto nos respectivos movimentos dos olhos e cabeça, evidenciando efeitos de um metabolismo mais eficiente do grupo ativo.

Em síntese, as hipóteses preliminares foram confirmadas, evidenciando que a eficiência metabólica, distinta entre os grupos, afetou as respostas de frequência cardíaca durante a tarefa de condução simulada de veículos em diferentes velocidades. As hipóteses centrais foram apenas confirmadas parcialmente, não corroborando o fenômeno de afunilamento visual baseado em dados do olhar e da cabeça. Sugere-se que estudos futuros utilizem situações experimentais mais desafiadores, como a condução de veículo em velocidades muito mais elevadas para se testar de modo mais efetivo a influência da interação em aspectos metabólicos e informacionais nas ações motoras humanas.

6.1 IMPLICAÇÕES DO ESTUDO

Instigar o interesse por situações simuladas de condução de automóvel abordando situações de velocidade, do sistema comportamental ocular, do desempenho de motoristas e da atenção visual de pessoas aptas fisicamente e sedentárias.

Os resultados deste experimento mostraram diferenças significativas nas medidas fisiológicas através da frequência cardíaca por efeito de grupo e pela condição experimental, fortalecendo o potencial de medidas fisiológicas como avaliador das demandas da tarefa de motorista durante a condução de automóvel (MEHLER et al, 2009).

Por se tratar de uma situação simulada e não real de condução, a hipótese de que os resultados dos movimentos oculares investigados não foram significativos pode dever-se ao fato de que estudos com simuladores exigem menores campos visuais para serem observados (GREEN, 2000) possuem menos distrações e menor carga cognitiva. Portanto menos movimentos dos olhos mesmo durante o aumento de velocidade. Talvez durações mais longas em cada tentativa, que no presente estudo totalizou 180 segundos, ou magnitudes de velocidade maiores pudessem promover fatores de estresse ou fadiga, tanto no processamento da informação

visual quanto nos respectivos movimentos dos olhos e cabeça, evidenciando efeitos de um metabolismo mais eficiente do grupo ativo.

Contudo, e como referimos, a pesquisa não revelou com dados satisfatórios a premissa de que a aptidão física não levaria a melhorias, bem como a prevenção de acidentes, já que o sedentarismo evolui para doenças degenerativas, impossibilitando o motorista de conduzir do ponto de vista atencional.

No entanto, estudos com simuladores apresentam segurança em sua aplicabilidade e baixo custo, podendo controlar variáveis que não são possíveis no campo natural, como, por exemplo, o tempo de reação, a exposição de um elemento surpresa e direção em velocidades altas sem causar danos à saúde do participante. Com a presença dos simuladores nas autoescolas, indaga-se a importância de se observar os programas de treinamento de novos condutores e analisar quais tipos de pistas, desempenho, informação visual e de atenção são fornecidos pelos condutores durante o treinamento em contraposição à situação real de condução.

Dentre esses fatores da análise dos movimentos dos olhos dos condutores, que são indicadores atencionais e importantes para um bom desempenho de condução, identificar possíveis problemas fisiológicos e ergonômicos na interface entre humanos e condução de automóveis também se faz necessário.

7. CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo dão suporte às seguintes conclusões:

- O nível de aptidão física afetou significativamente a frequência cardíaca durante a condução simulada de automóvel em distintas velocidades. Os participantes ativos apresentaram menor frequência do que sedentários;
- A velocidade do veículo afetou significativamente a frequência cardíaca durante a condução simulada de automóvel, sendo que a frequência foi menor na condição 50-60 Km/h, quando respectivamente comparada às condições de 80-90 e 110-120 Km/h;
- O fenômeno de afunilamento visual não foi claramente confirmado para as variáveis relativas à fixação e movimentos de olhos e cabeça durante a condução simulada de automóvel. Observou-se somente a redução da variabilidade da duração das fixações com o aumento da velocidade do veículo;
- Participantes ativos e sedentários foram semelhantes na aquisição de informação visual durante a condução simulada de automóvel em diferentes velocidades.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, J. P.; BROWN, B. B. Adolescents, peers, and motor vehicles the perfect storm. *American Journal of Preventive Medicine*, v. 35, Supl. 3, p. 289-293, 2008.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. *Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. 6. ed. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, 2000.
- ANDERSON, J. R. *Cognitive psychology and its implications*. 5. ed. New York: Worth Publishers, 2000.
- ANDRADE, S. M.; SOARES, P. A.; BRAGA, G. P.; MOREIRA, J. H.; BOTELHO, F. M. N. Comportamento de risco para acidentes de trânsito: um inquérito entre estudantes de Medicina na Região sul do Brasil. *Revista da Associação Médica Brasileira*, v. 49, n. 4, p. 439-444, 2003.
- ANTUNES, H. K. M.; SANTOS, R. F.; CASSILHAS, R.; SANTOS, R. V. T.; BUENO, O. F. S.; MELLO, M. T. Exercício físico e função cognitiva: uma revisão. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, Niterói, v. 12, n. 2, mar./abr. 2006.
- ARAÚJO, D. S. M. S.; ARAÚJO, C. G. S. Aptidão física, saúde e qualidade de vida relacionada à saúde em adultos. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, Niterói, v. 6, n. 5, out. 2000.
- ASTRAND, P. O.; RODHAL, K. *Tratado de fisiologia do exercício*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- AUBERT, A. E.; BECKERS, F.; RAMAEKERS, D. Short-term heart rate variability in young athletes. *Journal of Cardiology*, n. 37, Supl. 1, p. 85-88, 2001.
- AUBERT A.E.; SEPS B.; BECKERS F.; Heart rate variability in athletes. *Sports Medicine*, n. 33, p. 889-919, 2003.
- AZEREDO, L. E. *Riscos, perigos e acidentes*. In: _____. *Associação Brasileira de Prevenção dos Acidentes de Trânsito: por vias seguras*. 2007. Disponível em: <http://www.vias-seguras.com/comportamentos/direcao_defensiva_manual_denatran/riscos_perigos_e_acidentes>. Acesso em: 2 ago. 2016.
- BAECKE, J. A.; BUREMA, J.; FRIJTERS, J. E. A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 36, n. 5, p. 936-942, 1982.
- BAKER, R. G. V. On the quantum mechanics of optic flow and its application to driving in uncertain environments. *Transportation Research Part F*, v. 2, n. 1, p. 27-53, 1999.
- BARNES, D.E., YAFFE, K., SATARIANO, W.A., TAGER, I.B. A longitudinal study of cardiorespiratory fitness and cognitive function in healthy older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, n. 51, p. 459-65, 2003.

BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. *Neurociências: desvendando o sistema nervoso*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

BEIYUAN, G.; WEINING, F.; MINGSEN, D. Test and analysis of locomotive driver's visual behavior. *Journal of Engineering Science and Technology*, v. 5, n. 9, p. 620 e 623, 2005.

BELLA, F. Driving simulator for speed research on two-lane rural roads. *Accident Analysis and Prevention*, n. 40, p. 1078-1087, 2008.

BELLA, F. Can the driving simulators contribute to solving the critical issues in geometric design Transportation Research Record, 2138, 20–126, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3141/2138-16>>. Acesso em: 12 jan. 2017.

BELLA, F. Driver perception of roadside configurations on two-lane rural roads: Effects on speed and lateral placement. *Accident Analysis and Prevention*, n. 50, 251–262, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2012.04.015>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

BERNSTEIN, N. A. *The coordination and regulation of movements*. Oxford: Pergamon Press, 1967.

BRANDÃO, M. L. (Org). *Psicofisiologia*. São Paulo: Atheneu, 1995.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 24 set. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9503.htm>. Acesso em: 5 maio 2016.

BRIGGS, G. F.; HOLE, G. J.; LAND, M. F. Emotionally involving telephone conversations lead to driver error and visual tunnelling. Transportation Research Part. F. *Psychology Research and Behavior Management*, v. 14, n. 4, p. 313-323, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2011.02.004>>. Acesso em: 5 jul. 2016.

BROADBENT, D. E. *Perception and communication*. New York: Oxford University Press, 1958.

BRUCE, V.; GREEN, P. R. *Visual perception: physiology, psychology and ecology*. Hove, UK: Lawrence Erlbaum Associates, 1990.

CAMPELO, M.; COUTINHO, J.; FERNANDES, P.; MACIEL, M. J.; GONÇALVES, F.R.; GOMES, M. C. Variabilidade da frequência cardíaca: uma perspectiva. *Revista Portuguesa de Cardiologia*, v. 11, n. 9, p. 723-732, 1992.

CARAGATA, G. E.; TUOKKO, H.; DAMINI, A. Fit to Drive: A Pilot Study to Improve the Physical Fitness of Older Drivers. *Activities, Adaptation & Aging*, v. 33, n. 4, p. 240-255, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/01924780903349080>>.

Acesso em: 20 jan. 2016.

CARIZIO, B. G. *Efeito distrator do telefone celular sobre a condução simulada de automóveis: situações de uso manual e viva voz*. 2016. 77f. Dissertação (Mestrado em Design)-Faculdade de Pós Graduação em Design, Universidade Estadual Paulista, Bauru, SP, 2016.

CARL, J., GELLMAN, R. Human smooth pursuit: Stimulus-dependent responses. *Journal of Neurophysiology*, v. 57, n. 5, p. 1446-1463, 1987.

CARLTON, N. R. *Fisiologia do comportamento*. 7. ed. Rio de Janeiro: Manole, 2002.

CARPENTER, P. A.; JUST, M. A. Linguistic influences on picture scanning. In: J. SENDERS, J.; MONTY, R. (Eds.). *Eye movements and psychological processes*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1976. (In press).

CARPENTER, R. H. S. *Movements of the eyes*. London: Pion Limited, 1988.

CARVALHO, C. H. R. *Desafios da mobilidade urbana*. Brasília: Ipea, 2016. (Texto para Discussão, n. 2198).

CASPERSEN, C. J.; POWELL, K. E.; CHRISTENSON, G. M. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*, v. 100, n. 2, p. 126-131, 1985.

CEMT. *Transport Research Centre: Speed Management report*, Paris, 2006.

CHODZKO-ZAJKO, W. J. Physical fitness, cognitive performance, and aging. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 23, n. 7, p. 868-872, 1991.

CHODZKO-ZAJKO, W. J.; MOORE, K. A. Physical fitness and cognitive functioning in aging. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, n. 22, p. 195-220, 1994.

CLARKE, D. D; WARD, P; BARTLE, C.; TRUMAN, W. *Young driver accidents in the UK: The influence of age, experience, and time of day*. *Accident Analysis and Prevention*, 38, 871–878, 2006 Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2006.02.013>. Acesso em: 12/01/2017.

COLE, C. R.; FOODY, J. M.; BLACKSTONE, E. H.; LAUER, M. S. Heart rate recovery after submaximal exercise testing as a predictor of mortality in a cardiovascularly healthy cohort. *Annals of Internal Medicine*, v. 132, n. 7, p. 552-555, 2000.

CONTRAN. *Resolução CONTRAN n. 267 de 15/02/2008*, 2008. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=108968>>. Acesso em: 15 out. 2016.

COREN, S.; WARD, L. M.; ENNS, J. T. *Sensation and perception*. Fort Worth: Harcourt Brace & Company, 1994.

CUNHA, L. H. M.; SILVA, F. M. A.; RABELO, G. D.; SILVA, F. C. M. Catarata e direção veicular: avaliação de condutores que aguardam cirurgia de catarata. *Revista ABRAMET*, v. 29, n. 1, 2012.

DAVSON, H. *Physiology of the eye*. 4. ed. New York: Academic Press, 1980.

DENATRAN. *DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO*, ca 2014. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/simulador200314.htm/>>. Acesso em 10 ago. 2016.

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

DONGES, E. A two-level model of driver steering behavior. *Human Factors and Ergonomics Society Annual*, v. 20, n. 6, p. 691-707, 1978.

DUSTMAN, R. E.; RUHLING, R. O.; RUSSELL, E. M.; SHEARER, D. E.; BONEKAT, H. W.; SHIGEOKA, J. W. et al. Aerobic exercise training and improved neuropsychological function of older individuals. *Neurobiology of Aging*, v. 5, n. 1, p. 35-42, 1984.

EASA, S. M.; GANGULY, C. Modeling Driver Visual Demand on Complex Horizontal Alignments. *Journal of Transportation Engineering*, v. 131, n. 8, p. 583-590, 2005.

EASA, S. M.; HE, W. Modeling Driver Visual Demand on Three-Dimensional Highway Alignments. *Journal of Transportation Engineering*, v. 132, n. 5, p. 357-365, 2006.

ELSAYED, M.; ISMAIL, A. H.; YOUNG, R. J. Intellectual differences of adult men related to age and physical fitness before and after an exercise program. *The journals of gerontology*, v. 35, n. 3, p. 383-387, 1980.

FAGARD, R. H.; CORNELISSEN, V. A. Effect of exercise on blood pressure control in hypertensive patients. *Preventive*, v. 14, n. 1, p. 12-17, 2007.

FAIRCLOUGH, S. H.; TATTERSALL, A. J.; HOUSTON, K. Anxiety and performance in the British Driving Test. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, v. 9, n. 1, p. 43-52, 2006. doi:10.1016/j.trf.2005.08.004, 2006.

FARIAS JR., J. C. Mensuração de atividade física em estudos epidemiológicos. In: FLORINDO, A. A.; HALLAL, P. C. *Epidemiologia da atividade física*. São Paulo: Atheneu, 2011. 210p.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. *Manual on uniform traffic control devices*. Revision 1. Washington DC: U.S. Department of Transportation, 2003.

FIA FOUNDATION, *Seat-belt campaign toolkit*. London, 2004.

FORREST, E. B. *Optometric extension program foundation*, 1988. Disponível em: <<http://books.google.com/books?id=iYoOyWAACAAJ&pgis=1> Stress Vis>. Acesso em: 16 maio 2017.

FOUNTOULAKIS, K. N.; O' HARA, R.; IACOVIDES, A.; CAMILLERI, C. P.; KAPRINIS, S.; KAPRINIS, G. Unipolar late-onset depression: a comprehensive review. *General Hospital Psychiatry*, v. 2, n. 11, p. 1-14, 2003.

GARCIA, J. M.; NAVARRO, M.; RUIZ, J. A. *Pruebas para la valoración de la capacidade motriz en el deporte*. Madrid: Gymnos, Col. Ent. Deportivo, 1996.

GESTÃO da velocidade: um manual de segurança viária para gestores e profissionais da área. Brasília, D.F.: OPAS, 2012.

GREENLAND, P.; DAVIGLUS, M. L.; DYER, A. R.; LIU, K.; HUANG, C. F.; GOLDBERGER, J. J. et al. Resting heart rate is a risk factor for cardiovascular and noncardiovascular mortality: the Chicago Heart Association Detection Project in Industry. *American Journal of Epidemiology*, v. 149, n. 9, p. 853-862, 1999.

GREGORY, R. L. *Eye and brain: the psychology of seeing*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1990.

GIBSON, J. J. *The ecological approach to visual perception*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1979.

GOBATTO, C. A., MENDONÇA, E. R., MATSUSHIGUE, K. A. Respostas do lactato sanguíneo e da frequência cardíaca em duas diferentes provas do automobilismo. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 6, n. 1, jan/fev, 2000.

GODLEY, S. T.; TRIGGS, T. J.; FILDES, B. N. Driving simulator validation for speed research. *Accident Analysis and Prevention*, v. 34, n. 5, p. 589-600, 2002. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575\(01\)00056-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575(01)00056-2)>. Acesso em: 20 jan. 2017.

GREEN, M. How long does It take to stop? Methodological analysis of driver perception-brake times. *Transportation Human Factors*, v. 2, n. 3, p. 195-216, 2000.

GUEDES, D. P. Atividade física, aptidão física e saúde. In: CARVALHO, T.; GUEDES, D. P.; SILVA, J. G. (Orgs.). *Orientações básicas sobre atividade física e saúde para profissionais das áreas de educação e saúde*. Brasília: Ministério da Saúde e Ministério da Educação e do Desporto, 1996.

GUO, B.; MAO, Y.; HEDGE, A. B.; FANG, W. Effects of apparent image velocity and complexity on the dynamic visual field using a high-speed train driving simulator. *International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 48, p. 99-109, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ergon.2015.04.005>>. Acesso em: 10 out. 2016.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. *Tratado de fisiologia médica*. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

HAKAMIES-BLOMQVIST, L. Research on older drivers: a review. *IATSS Research*, v. 20, p. 91-100, 1996.

HAMILTON, M. T.; HAMILTON, D. G.; ZDERIC, T. W. Role of low energy expenditure and sitting in obesity, metabolic syndrome, type 2 diabetes, and cardiovascular disease. *Diabetes*, v. 56, n. 11, p. 2655-2667, 2007. Disponível em: <<http://doi.org/10.2337/db07-0882>>. Acesso em: 16 maio 2017.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. PRF – Polícia Rodoviária Federal. *Acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras*. Brasília: Ipea, 2015.

JÄNCKE, L.; KOENEKE, S.; HOPPE, A.; ROMINGER, C.; AND, HÄNGGI, J. The architecture of the golfer's brain. *PLoS ONE*, v. 4, n. 3, 2009.

JANELLE, C. M. *Anxiety, arousal and visual attention: a mechanistic account of performance variability*. *Journal of Sports Sciences*, v. 20, n. 3, p. 237-51, 2002.

JANELLE, C. M., SINGER, R. N., WILLIAMS, A. M.. External distraction and attentional narrowing: visual search evidence. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 21, 70-91, 1999.

JI, Q.; ZHU, Z.; LAN, P. Real-time nonintrusive monitoring and prediction of driver fatigue. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, v. 53, n. 4, p. 1052-1068, 2004.

JOHNSON, L. R. *Fundamentos de fisiologia médica*. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

JOHNSON, M. J. et al. Physiological responses to simulated and on-road driving. *International Journal of Psychophysiology*, v. 81, n. 3, p. 203-208, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2011.06.012>>. Acesso em: 15 ago. 2016.

JUNIOR, D. R. A. *Até que idade posso dirigir um veículo*. São Paulo: ABRAMET, 2010. Disponível em: <http://www.abramet.com.br/conteudos/artigos/ate_que_idade_posso_dirigir/>. Acesso em: 5 nov. 2016.

KANDEL, E. R.; SCHAWARTZ, J. H.; JESSEL, T. M. *Principles of neural science*. Norwalk, Connecticut: Appleton & Lange, 1991.

KANDEL, E. R.; SCHWARTS, J. H.; JESSELL, T. M. *Principles of neural science*. 4. th. Mc Graw Hill, 2000.

KEMENY, A.; PANERAI, F. Evaluating perception in driving simulation experiments. *Trends in Cognitive Sciences*, v. 7, n. 1, p. 31-37, 2003. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S1364-6613\(02\)00011-6](http://dx.doi.org/10.1016/S1364-6613(02)00011-6)>. Acesso em: 16 maio 2017.

KIG, A. C.; MARTIN, J. E. (Org.). *Aderência ao exercício*: Blair SN. American College of Sport Medicine (ACSM). Prova de esforço e prescrição de exercício. Rio de Janeiro: Revinter, 1994.

KRAMER, A.F., WILLIS, S.L. Enhancing the cognitive vitality of older adults. *Current Directions in Psychological Science*, n. 11, p. 173-7, 2002.

- LAAKSO, L.; VIIKARI, J. Physical activity in childhood and adolescence as predictor of physical activity in young adulthood. *American Journal of Preventive Medicine*, v. 13, n. 4, p. 317-323, 1997.
- LAMM, R.; CHOUËIRI, E. M.; HAYWARD, J.C.; PALURI, A. Possible design procedure to promote design consistency in highway geometric design on two-lane roads. *Transportation Research Record*, 1195, p. 111-122, 1998
- LAND, M. F. Eye movements and the control of actions in everydaylife. *Progress in Retinal and Eye Research*, v. 25, n. 3, p. 296-324, 2006.
- LEE, D. N. Visuo-motor coordination in space-time. In: STELMACH, G. E.; REQUIN, J. (Eds.). *Tutorials in motor behavior Amsterdam: North-Holland*, 1980. p. 281-293
- LEE, H. C.; CAMERON, D.; LEE, A. H. Assessing the driving performance of old adult drivers: On-road versus simulated driving. *Accident Analysis and Prevention*, v. 35, n. 5, p. 797-803, 2003.
- LEE, J. R.; ZEIGH, D. S. *The neurology of eye movements*. Philadelphia: F. A. Davis, 1991.
- LEIGH, R. J.; ZEE, D. S. *The neurology of eye movements*. 2. ed. Philadelphia: F. A. Davis, 1991.
- LIMA, R. F. Compreendendo os mecanismos atencionais. *Ciênc. Cogn.*, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, jul. 2005. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/scielophp?script=sci_arttex&pid=S1806_5821200500020013&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 15 nov. 2016.
- LONGO, A.; FERREIRA, D.; CORREIA, J. C. Variabilidade da frequência cardíaca. *Revista Portuguesa de Cardiologia*, v. 14, p. 241-262. 1995.
- LURIA, A. *Curso de psicologia geral*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1979. 4 v.
- LURIA, A. *Fundamentos de neuropsicologia*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos; Edusp, 1981.
- MARPLE-HORVAT, D. E.; CHATTINGTON, M.; ANGLESEA, M.; ASHFORD, D. G.; WILSON, M.; KEIL, D. Prevention of coordinated eye movements and steering impairs driving performance. *Experimental Brain Research*, v. 163, n. 4, p. 411-420, 2005.
- MATSUDO, S. M. M.; MATSUDO, V. R.; ARAÚJO, T.; ANDRADE, D.; ANDRADE, E.; OLIVEIRA, L. et al. Nível de atividade física da população do Estado de São Paulo: análise de acordo com o gênero, idade, nível socioeconômico, distribuição geográfica e de conhecimento. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, v. 10, n. 4, 41-50, 2002.
- MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. *Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano*. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.

- MARATTOLI, R. A.; MENDES DE LEON, C. F.; CLASS, T. A.; WILLIAMS, C. S.; COONEY, L. M.; BERKMAN, L. F. Consequences of driving cessation: decreased out-of-home activity levels. *Journals of Gerontology B: Social Sciences*, v. 55, n. 6, p. 334-340, 2000.
- MAXWELL, S. E.; DELANEY, H. D. *Designing experiments and analyzing data: a model comparison approach*. Belmont, CA: Wadsworth, 1990.
- MYERS, J.; PRAKASH, M.; FROELICHER V.; DO, D.; PARTINGTON, S.; ATWOOD, J. E. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *The New England Journal of Medicine*, v. 346, n. 11, p. 793-801, 2002.
- MEHLER, B., REIMER, B., COUGHLIN, J. F., DUSEK, J.A. Impact of incremental increases in cognitive workload on physiological arousal and performance in young adult drivers. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2138, 6-12, 2009.
- MEHLER, B.; REIMER, B.; COUGHLIN, J. F. Sensitivity of physiological measures for detecting systematic variations in cognitive demand from a working memory task: An on-road study across three age groups. *Human Factors*, v. 54, n. 3, p. 396-412, 2012.
- MOLLER, A. C.; MEIER, B. P.; WALL, R. D. Developing an experimental induction of flow: Effortless action in the lab. In: BRUYA, B. (Ed.). *Effortless attention: a new perspective in the cognitive science of attention and action*. Cambridge, Mass: MIT Press, 2010. p. 191-204.
- NIEMAN, D.C. *Exercício e saúde*. São Paulo: Manole, 1999.
- NOBREGA, T. P. Corpo, percepção e conhecimento em Merleau-Ponty. *Estudos de Psicologia*, Natal , v. 13, n. 2, p. 141-148, ago. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-294X2008000200006&lng=en&nrm=iso> Acesso em: 3 jan. 2016.
- OPTICAN, L. M. Adaptive properties of the saccadic system. In: BERTHOZ, A.; MELVILLE-JONES, M. (Eds.). *Adaptive mechanisms in gaze control: facts and theories*. New York: Elsevier Science, 1985.
- OSTROW, A. C.; SHAFFRON, P.; MCPHERSON, K. The effects of a joint range-of-motion physical fitness training program on the automobile driving skills of older adults. *Journal of Safety Research*, v. 23, n. 4, p. 207-219, 1992.
- OWSLEY, C.; STALVEY, B.; WELLS, J.; SLOANE, M. E. Older drivers and cataract: Driving habits and crash risk. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*, v. 54, n. 4, p. 203-211, 1999.
- OWEN, N.; HEALY, G. N.; MATTHEWS, C. E.; DUNSTAN, D. W. Too much sitting: the population health science of sedentary behavior. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, v. 38, n. 3, p.105-113, 2010.

PEARSON, T. A.; BLAIR, S. N.; DANIELE, S. R.; ECKEL, R. H.; FAIR, J. M.; FORTMANN, S. P. et al. AHA guidelines for primary prevention of cardiovascular disease and stroke: Consensus panel guide to comprehensive risk reduction for adult patients without coronary or other at the rosclerotic vascular diseases. *Circulation*, 2002; v. 106, n. 3, p. 388-391, 2002.

PELLEGRINI, A. M. *The development of dual task performance*. Dissertação (Doutorado), Universidade de Illinois, USA, 1982.

PELLEGRINI, A. M.; DA SILVA, J. J. *A métrica da razão e a métrica da percepção*. In: COLÓQUIO DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA, 8., 1993, Águas de Lindóia, SP: UNICAMP, 1993.

PELLEGRINI, A. M. Revisitando a atenção. In: TEIXEIRA, A. A. (Ed.). *Avanços em comportamento motor*. Rio Claro, SP: Movimento, 2001. p. 147-165.

PLEIS, J. R.; LETHBRIDGE-CEJKU, M. Summary health statistics for U.S. adults: National Health Interview Survey, 2005. *National Center for Health Statistics*. Vital and Health Statistics, 10, n. 232, 2006.

POSNER, M. I.; PETERSEN, S. E. The attention system of the human Brain. Eugene, Oregon. *Annual Review of Neuroscience*, n. 13, p. 25-42, 1990.

POSNER, M. I.; FAN, J. Attention as an Organ System, 2001. Disponível em: <<http://www.sacklerinstitute.org/cornell/people/jin.fan/publications/>>. Acesso em: 20 out. 2016.

POSNER, M. I.; RAICHE, M. E. *Images of mind*. New York, Scientific American Library, 1994.

PUMPRLA, J.; HOWORKA, K.; GROVES, D.; CHASTER, M.; NOLAN, J. Functional assessment of heart rate variability: physiological basis and practical applications. *International Journal of Cardiology*, v. 84, n. 1, p. 1-14, 2002.

RAAD, A. J.; CARDOZO, A. M.; NASCIMENTO, M. A.; ALVES, G. L. A ansiedade no processo para obtenção da Carteira Nacional de Habilitação. *Revista de Psicologia da Editora Vetor*, v. 9, n. 2, p. 245-249, 2008. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?pid=S167673142008000200013&script=sci_arttext>. Acesso em: 10 jan. 2017.

RAICHLEN, D. A.; BHARADWAJ, P. K.; FITZHUGH, M.C.; HAWS, K. A.; TORRE, G.; TROUARD, T. P.; ALEXANDER, G. E. Differences in resting state functional connectivity between young adult endurance athletes and healthy controls. *Front. Hum. Neurosci.*, 29 November 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00610>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

REIS, R.; PETROSKI, E.; LOPES, A. Medidas da atividade física: revisão de métodos. *Brazilian Journal of Kinanthropometry*, v. 2, n.1, p. 89-96, 2000.

- RENDON-VELEZ, E., HORVATH, I., VANDER, VEGTE.W. A pilot study to investigate time pressure as a surrogate of being in haste. *Proceedings of the Ninth International Symposium Tools and methods of competitive engineering*, s. n., p. 393-406, 2012.
- RHEINBERG, F.; VOLLMEYER, R. *Motivation*. Stuttgart: Kohlhammer, 2012.
- RIBEIRO, F. T.; CUNHA, A.; LOURENÇO, G. C. D.; MARAES, V. R. F. S.; CATAI, A. M.; GALLO JR, L. et al. Estudo da variabilidade da frequência cardíaca em dois voluntários de meia idade, um coronariopata e outro saudável: relato de caso. *Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo*, v. 10, p. 1-10, 2000.
- RODRIGUES, S. T. O movimento dos olhos e a relação percepção-ação. In: TEIXEIRA, L. A. (Org.). *Avanços em comportamento motor*. Rio Claro, SP: Movimento, 2001. p. 122-146.
- ROGÉ, J.; KIELBASA, L.; LAMBILLIOTTE, E.; SPITZENSTETTER, F.; GISELBRECHT, D.; MUZET A. Influence of age, speed and duration of monotonous driving task in traffic on the drivers useful visual field. *Vision Research*, v. 44, n. 23, p. 2737-2744, 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.visres.2004.05.026>>. Acesso em: 20/02/2017.
- ROGÉ J., PÉBAYLE T., LAMBILLIOTTE E., SPITZENSTETTER F., GISELBRECHT D., MUZET A. Influence of age, speed and duration of monotonous driving task in traffic on the driver's useful visual field. *Vision Research*, 44(23), 2737–2744, 2004.
- RENDON-VELEZ, E., HORVATH, I., VANDER, VEGTE.W. A pilot study to investigate time pressure as a surrogate of being in haste. *Proceedings of the Ninth International Symposium Tools and methods of competitive engineering*, s. n. p.393-406, 2012.
- ROBINSON, G. H.; ERICKSON, D. J.; THURSTON, G. L.; CLARK, R. L. Visual search by automobile drivers. *Human Factors*, v. 14, n. 4, p. 315-323, 1972.
- ROZESTRATEN, R. J. *Psicologia do trânsito: conceitos e processos básicos*. São Paulo: EPU/EDUSP, 1998.
- SAHAMI, S.; JENKINS, J. M.; SAYED, T. Methodology to analyze adaptation in driving simulators. In *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, TRB, National Research Council, Washington, DC, v. 2138 p. 94-101, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3141/2138-13>>. Acesso em: 18 maio 2017.
- SALOMÃO, S. R. Desenvolvimento da acuidade visual de grades. *Psicologia USP*, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 63-81, 2007.
- SANTOS, T. M.; VIANA, B. F.; SÁ FILHO, A. Reprodutibilidade do VO₂máx estimado na corrida pela frequência cardíaca e consumo de oxigênio de reserva. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 29-36, 2012.
- SANTOS, T. M.; RODRIGUES, A. I.; GRECO, C. C.; MARQUES, A. L.; TERRA, B. S.; OLIVEIRA, B. R. R. VO₂máx estimado e sua velocidade correspondente

predizem o desempenho de corredores amadores. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho*, v. 14, n. 2, p. 192-201, 2012.

SHEU, J.-B. A quantum mechanics-based approach to model incident-induced dynamic driver behavior. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, v. 237, n. 13, p. 1800-1814, 2008.

_____. Characterization of driver behavior during car following using quantum optical flow theory. *Transportmetrica A: Transport Science*, v. 9, n. 3, p. 269-298, 2013. Disponível em :<<http://dx.doi.org/10.1080/18128602.2011.572571>>. Acesso em: 18 maio 2017.

SMITH, T. P.; MCNAUGHTON, L. R.; MARSHALL, K. J. Effects of 4-wk training using Vmax/Tmax on VO2max and performance in athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 31, n. 6, p. 892-896, 1999.

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

SPEELMAN, C. P.; KIRSNER, K. *Beyond the learning curve, the construction of mind*. Ney York: Oxford University Press, 2005.

TAYLOR, W. C.; BLAIR, S. N.; CUMMINGS, S. S.; WUN, C. C.; MALINA, R. M. Childhood and adolescent physical activity patterns and adult physical activity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 31, n. 1, p. 118-123, 1999.

THIELEN, I. P.; HARTMANN, R. C.; SOARES, D. P. Percepção de risco e excesso de velocidade. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 1, n. 24, p. 131-139, 2008.

TÖRNROS, J. Driving behaviour in a real and a simulated road tunnel: a validation study. *Accident Analysis and Prevention*, v. 30, n. 4, p. 497-503, 1998.

TOZMAN, T.; PEIFER, C. Experimental paradigms to investigate flow experience and its psychophysiology – inspired from stress theory and research. In: HARMAT, L.; ORSTED, F.; ULLÉN, F.; WRIGHT, J.; SADLO, G. (Eds.). *Flow experience: empirical research and applications*. Springer, 2015. In press.

VAN BOXTEL, M. P.; LANGERAK, K.; HOUX, P. J.; JOLLES, J. Self-reported physical activity, subjective health, and cognitive performance in older adults. *Exp Aging Res.*, v. 22, n. 4, p. 363-379, 1996.

WANG, J.; LU, M.; FAN, Y.; WEN, X.; ZHANG, R.; WANG, B. et al. Exploring brain functional plasticity in world class gymnasts: a network analysis. *Brain Structure and Function*, v. 221, n. 7, p. 3503–3519, 2016.

WHITE, C. B.; CAIRD, J. K. The blind date: the effects of change blindness, passenger conversation and gender on looked-but-failed-to-see (LBFTS) errors. *Accident Analysis and Prevention*, v. 42, n. 6, p. 1822-1830, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2010.05.003>>. Acesso em: 15 jul. 2016.

WICKENS, C.D., LEE, J.D., LIU, Y., GORDON-BECKER, S.E. An introduction to human factors engineering. 2. ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hal 2004.

WILMORE, J. H.; COSTIL, D. *Fisiologia do esporte e do exercício*. São Paulo: Manole, 2001.

WOLF, M. M.; VARIGOS, G. A.; HUNT, D. SLOMAN, J.G,. Sinus arrhythmia in acute myocardial infarction. *Medical Journal of Australia*, v. 2, n. 2, p. 52-53, 1978.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. ROAD TRAFFIC INJURIES. Media Center, 2016. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/en/>>. Acesso em: 25 out. 2016.

ZEE, D. S.; OPTICAN, L. M.; COOK, J. D.; ROBINSON, D. A.; ENGEL, W. K. Slow Saccades in Spinocerebellar Degeneration. *Archives of Neurology*, v. 33, n. 4, p. 243-251, 1976.

ZHANG, Y.; YAN, X.; LI, X.; XUEMOE, Q. Drivers' eye movements as a function of collision avoidance warning conditions in red light running scenarios. *Accident Analysis and Prevention*, n. 96, p. 185-197, 2017.

ANEXOS

Anexo I - Termo de consentimento



Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” FAAC - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação Programa de Pós-graduação em Design – LÍVIA: Laboratório de Informação Visão e Ação.

A pesquisa “**ERGONOMIA COGNITIVA NA CONDUÇÃO SIMULADA DE AUTOMÓVEL: EFEITOS DA APTIDÃO FÍSICA E DA VELOCIDADE SOBRE A AQUISIÇÃO DE INFORMAÇÃO VISUAL DOS MOTORISTAS**” tem como objetivo avaliar o movimento dos olhos em condição simulada de veículos sobre o efeito da aptidão física e o desempenho do condutor de veículo em situação simulada e da velocidade. Para a coleta de dados será utilizado um Sistema de medidas do movimento dos olhos e cabeça, pelo *Eye tracker* e a direção de automóvel será em situação simulada. Para ambos os grupos será aplicado o questionário Baecke para identificar o nível de aptidão física. 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 466/12-CNS-MS e o “Código de Deontologia do Ergonomista Certificado – Norma ERG BR 1002

Eu, _____, RG _____ - SSP/ _____, estando ciente das informações acima lidas, concordo em participar da pesquisa “**ERGONOMIA COGNITIVA NA CONDUÇÃO SIMULADA DE AUTOMÓVEL: EFEITOS DA APTIDÃO FÍSICA E DA VELOCIDADE SOBRE A AQUISIÇÃO DE INFORMAÇÃO VISUAL DOS MOTORISTAS**” 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 março de 2016.

.....
Assinatura do participante

.....
Pesquisadora Juliana Cristina de Angelo

.....
Orientador: Prof^o Sérgio Tosi Rodrigues

Juliana Cristina de Angelo Rua Saint Martin 34-38 Jd Aeroporto CEP 17012433 Bauru – SP Fones: (14) 99740-4276 Email: jul.angel@hotmail.com	Prof ^o Dr. Sérgio Tosi Rodrigues DEF: Departamento de Educação Física CEP: 17033-360 Fone: (14) 3103-6082 Email: srodrigui@fc.unesp.br	LIVIA Laboratório de Informação, Visão e Ação PPGDesign – FAAC Unesp Bauru Av: Luis Edmundo Carrijo Coube, 14-01 Vargem Limpa, Bauru, SP, Brasil. CEP: 17033-360 (14) 3103-6082 Livia@fc.unesp.br
--	---	---

Anexo II - Folha de Procedimento do Pesquisador



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 .

“ERGONOMIA COGNITIVA NA CONDUÇÃO SIMULADA DE AUTOMÓVEL: EFEITOS DA APTIDÃO FÍSICA E DA VELOCIDADE SOBRE A AQUISIÇÃO DE INFORMAÇÃO VISUAL DOS MOTORISTAS”

FORMULÁRIO PRÉ-COLETA

Ativo () Sedentário ()

Nome:	Peso	Altura	Idade	()F ()M	DN	Fone

Há quanto tempo você tem a Carteira Nacional de Habilitação (CNH)?

.....

Quantos dias por semana você dirige carro?

() 2x () 5x () 7x

Em média, quantos quilômetros por dia você dirige carro?

.....

Qual a frequência que você dirige carro em estradas ou rodovias?

() nunca () raramente () semanalmente
() mensalmente () diariamente

Em cada viagem, quantos quilômetros em média você dirige?

.....

Anexo III - Formulário Pré Coleta

DATA DA AVALIAÇÃO: ____/____/____

NOME:	DN:	IDADE:	FONE:
-------	-----	--------	-------

Procedimento 1

Análise do Teste de Snellen de acuidade visual (SALOMÃO 2007)

Sentar durante 1 minuto e avaliar a frequência cardíaca em repouso

Adaptação- 3min sem o *Eye tracker* e com o Polar

F.C.

Procedimento 2Colocar o *Eye tracker* e dirigir velocidade 50-60km/h - 3min

F.C. Inicial

F.C. Final

Procedimento 3

Velocidade aumentada 80-90km/h - 3min

F.C. Inicial

F.C. Final

Procedimento 4

Velocidade aumentada 110-120km/h - 3 min

F.C. Inicial

F.C. Final

Anexo IV – Questionário de Baecke

DATA DA AVALIAÇÃO: _____/_____/_____

SEÇÃO 1: ATIVIDADES FÍSICAS OCUPACIONAIS

RESPOSTAS PARA AS QUESTÕES 2 A 5: (1) NUNCA (2) RARAMENTE (3) ALGUMAS VEZES (4) FREQUENTEMENTE (5) SEMPRE						
1- VOCÊ TRABALHA? () SIM () NÃO						
Q-2	PARA REALIZAR AS ATIVIDADES DO SEU TRABALHO VC PERMANECE SENTADO	1	2	3	4	5
Q-3	PARA REALIZAR AS ATIVIDADES EM SEU TRABALHO VC PERMANECE EM PÉ	1	2	3	4	5
Q-4	PARA REALIZAR AS ATIVIDADES EM SEU TRABALHO VC NECESSITA CAMINHAR	1	2	3	4	5
Q-5	PARA REALIZAR AS ATIVIDADES EM SEU TRABALHO VC NECESSITA CARREGAR ALGO	1	2	3	4	5
Q-6	APÓS UM DIA DE TRABALHO VC SE SENTE CANSADO: (5) MUITO FREQUENTEMENTE (4) FREQUENTEMENTE (3) ALGUMAS VEZES (2) RARAMENTE (1) NUNCA					
Q-7	PARA REALIZAR AS ATIVIDADES EM SEU TRABALHO VC TRANSPIRA (ESFORÇO) (5) MUITO FREQUENTEMENTE (4) FREQUENTEMENTE (3) ALGUMAS VEZES (2) RARAMENTE (1) NUNCA					
Q-8	EM COMPARAÇÃO COM O SEU TRABALHO DE OUTRAS PESSOAS DA MESMA IDADE, VC ACREDITA QUE SEU TRABALHO É FÍSICAMENTE (5) MUITO INTENSO (4) INTENSO (3) MODERADO (2) LEVE (1) MUITO LEVE					

SEÇÃO 2 – ATIVIDADES ESPORTIVAS E PROGRAMA DE EXERCÍCIOS FÍSICOS

Q-9	VC PRATICA ALGUM TIPO DE ESPORTE, VAI A ACADEMIA OU FAZ CAMINHADA? () SIM () NÃO
CASO NÃO PRATIQUE IR PARA A QUESTÃO 10	
Q-9.1	ESTE ESPORTE/PROGRAMA DE EXERCÍCIOS FÍSICOS APRESENTA UMA INTENSIDADE: (1) BAIXA (2) MODERADA (3) ELEVADA
Q-9.2	DURANTE QUANTAS HORAS/SEMANA VC PRATICA ESSE ESPORTE/PROGRAMA DE EXERCÍCIO? (1) <1H (2) 1-2H (3) 2-3 H (4) 3-4H (5) >4H
Q-9.3	A QUANTO TEMPO VC JÁ PRATICA ESSE ESPORTE/PROGRAMA DE EXERCÍCIOS FÍSICOS? (1) < 1 MÊS (2) 1-3 MESES (3) 4-6 MESES (4) 7-9 MESES (5) >9 MESES
Q-10	EM COMPARAÇÃO COM PESSOAS DE MESMA IDADE, VC ACREDITA QUE AS ATIVIDADES QUE REALIZA DURANTE SEU TEMPO LIVRE SÃO FÍSICAMENTE: (5) MUITO ELEVADAS (4) ELEVADAS (3) IGUAIS (2) BAIXAS (1) MUITO BAIXAS
Q-11	NAS ATIVIDADES DE LAZER E DE OCUPAÇÃO DE TEMPO LIVRE VC TRANSPIRA: (5) MUITO FREQUENTEMENTE (4) FREQUENTEMENTE (3) ALGUMAS VEZES (2) RARAMENTE (1) NUNCA
Q-12	NAS ATIVIDADES DE LAZER E DE OCUPAÇÃO DE TEMPO LIVRE VC PRATICA ESPORTE: (1) NUNCA (2) RARAMENTE (3) ALGUMAS VEZES (4) FREQUENTEMENTE (5) SEMPRE

Seção 3 Atividades de ocupação do tempo livre

Q-13	NAS ATIVIDADES DE LAZER VC ASSISTE À TV: (1) NUNCA (2) RARAMENTE (3) ALGUMAS VEZES (4) FREQUENTEMENTE (5) SEMPRE
Q-14	NAS ATIVIDADES DE LAZER COM QUAL FREQUÊNCIA VC FAZ CAMINHADA: (1) NUNCA (2) RARAMENTE (3) ALGUMAS VEZES (4) FREQUENTEMENTE (5) SEMPRE
Q-15	NAS ATIVIDADES DE LAZER VC ANDA DE BICICLETA: (1) NUNCA (2) RARAMENTE (3) ALGUMAS VEZES (4) FREQUENTEMENTE (5) SEMPRE
Q-16	DURANTE QUANTO TEMPO AO DIA VC CAMINHA E/OU ANDE DE BICICLETA PARA IR AO TRABALHO, À ESCOLA E ÀS COMPRAS? (1) <5 MINUTOS (2) 5-15 MINUTOS (3) 15-30 MINUTOS (4) 30-45 MINUTOS (5) >45 MINUTOS

Anexo V – Como calcular o questionário Baecke* de atividade física habitual

Atividades físicas ocupacionais (AFO)

$$\text{Escore AFO} = \frac{\text{questão 1} + \text{questão 2} + \text{questão 3} + \text{questão 4} + \text{questão 5} + \text{questão 6} + \text{questão 7} + \text{questão 8}}{8}$$

Cálculo da primeira questão referente ao tipo de ocupação:

* Intensidade (tipo de ocupação)=1 para profissões com gasto energético leve ou 3 para profissões com gasto energético moderado ou 5 para profissões com gasto energético vigoroso **(determinado pela resposta do tipo de ocupação: o gasto energético da profissão deve ser conferido no compêndio de atividades físicas de Ainsworth)**

Exercícios físicos no lazer (EFL)

Cálculo da questão 9 referente à prática de esportes/exercícios físicos:

*Intensidade (tipo de modalidade)=0,76 para modalidades com gasto energético leve ou 1,26 para modalidades com gasto energético moderado ou 1,76 para modalidades com gasto energético vigoroso **(determinado pela resposta do tipo de modalidade: o gasto energético da modalidade deve ser conferido no compêndio de atividades físicas de Ainsworth)**

*Tempo (horas por semana)=0,5 para menos de uma hora por semana ou 1,5 entre maior que uma hora e menor que duas horas por semana ou 2,5 para maior que duas horas e menor que três horas por semana ou 3,5 para maior que três e até quatro horas por semana ou 4,5 para maior que quatro horas por semana **(determinado pela resposta das horas por semana de prática)**

*Proporção (meses por ano)=0,04 para menor que um mês ou 0,17 entre um a três meses ou 0,42 entre quatro a seis meses ou 0,67 entre sete a nove meses ou 0,92 para maior que nove meses **(determinado pela resposta dos meses por ano de prática)**

*Para o cálculo dessa questão, os valores devem ser multiplicados e somados:

$$[\text{Modalidade 1}=(\text{Intensidade}*\text{Tempo}*\text{Proporção})+\text{Modalidade 2}=(\text{Intensidade}*\text{Tempo}*\text{Proporção})]$$

*Após o resultado desse cálculo, para o valor final da questão 9, deverá ser estipulado um escore de 0 a 5 de acordo com os critérios especificados abaixo:

$$[0 \text{ (sem exercício físico)}=1/ \text{entre } 0,01 \text{ até } <4=2/ \text{entre } 4 \text{ até } <8=3/ \text{entre } 8 \text{ até } <12=4/312,00=5]$$

Os escores das questões dois a quatro serão obtidos de acordo com as respostas das escalas de Likert.
O escore final de EFL deverá ser obtido de acordo com a fórmula especificada abaixo:

$$\text{Escore de EFL} = \frac{\text{questão 9} + \text{questão 10} + \text{questão 11} + \text{questão 12}}{4}$$

Atividades físicas de lazer e locomoção (ALL)

Os escores das questões cinco a oito serão obtidos de acordo com as respostas das escalas de Likert.
O escore final de ALL deverá ser obtido de acordo com a fórmula especificada abaixo:

$$\text{Escore de ALL} = \frac{(6 - \text{questão 13}) + \text{questão 14} + \text{questão 15} + \text{questão 16}}{4}$$

$$\text{Escore total de atividade física (ET)} = \text{AFO} + \text{EFL} + \text{ALL}$$

Anexo VI - Questionário Pós Coleta



FORMULÁRIO PÓS COLETA

Ativo () Sedentário ()

NOME:	DN:	IDADE:	() F () M	FONE:
-------	-----	--------	-------------	-------

1 - O controle do carro do simulador para manter-se na pista é semelhante à situação real de trânsito.

() Sim () Não

2 - A percepção das alterações de velocidade do carro no simulador é semelhante à situação real.

() Sim () Não

3 - As situações de trânsito, simulada e real são semelhantes.

() Sim () Não

4 - Controlar o carro em simulador é semelhante à situação real de trânsito.

() Sim () Não

5 - No simulador modifico o meu modo de dirigir em relação à situação real de trânsito.

() Sim () Não

6 - As características físicas do simulador se assemelham com um carro real ?

() Sim () Não

7- A minha atenção visual está ali, mas minha consciência está em outro lugar.

() Sim () Não

8- Quando dirijo meus olhos ficam fixados na estrada.

() Sim () Não

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



Anexo VII - Tabela do índice VO₂ máx no CAT

Índice VO ₂ máx. (ml/kg/min)	t – 1.500	t – 2.000	t – 3.000
81,5	3,46	5,15	8,15
79,6	3,53	5,25	8,30
76,2	4,00	5,34	8,45
74,3	4,03	5,40	8,55
72,6	4,11	5,50	9,10
70,9	4,18	6,00	9,25
68,0	4,25	6,10	9,40
66,6	4,33	6,20	9,55
64,5	4,41	6,30	10,15
62,4	4,50	6,44	10,35
61,6	5,00	6,58	10,55
60,1	5,09	7,10	11,15
58,1	5,21	7,27	11,40
56,4	5,33	7,43	12,05
54,8	5,44	7,59	12,30
56,0	5,58	8,18	13,00
51,2	6,13	8,40	13,35
50,0	6,3	9,00	14,05
48,9	6,45	9,24	14,40
46,8	7,05	9,49	15,20
44,7	7,24	10,28	16,15
43,0	7,45	10,55	17,05
39,4	8,10	11,30	17,50
37,6	8,35	12,08	
36,3	9,02	12,35	
34,7	9,35	13,25	
33,1	10,10	14,15	
	10,45		

Chanon e Stephan, 1985.

Anexo VIII - Classificação da aptidão aeróbia de acordo com a idade para população em geral

MULHERES					
Idade	Muito Fraca	Fraca	Regular	Boa	Excelente
20 - 29	- 24	24 - 30	31 - 37	38 - 48	> 49
30 - 39	- 20	20 - 27	28 - 33	34 - 44	> 45
40 - 49	- 17	17 - 21	22 - 30	31 - 41	> 42
50 - 59	- 15	15 - 20	21 - 27	28 - 37	> 38
60 - 69	- 11	11 - 17	18 - 23	24 - 34	> 35
HOMENS					
Idade	Muito Fraca	Fraca	Regular	Boa	Excelente
20 - 29	-25	25 - 33	34 - 42	43 - 52	> 53
30 - 39	-21	21 - 30	31 - 38	39 - 48	> 49
40 - 49	-20	20 - 26	27 - 35	36 - 44	> 45
50 - 59	-18	18 - 24	25 - 33	34 - 42	> 43
60 - 69	-16	16 - 22	23 - 30	31 - 40	> 41

Fonte: ACSM (1980).