



Revista Brasileira de Cartografia (2013) N^o 65/3: 571-589
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DE SISTEMAS DE NAVEGAÇÃO E GUIA DE ROTA

Methods for Usability Evaluation of Route Guidance and Navigation Systems

**Edmur Azevedo Pugliesi¹; Mônica Modesta Santos Decanini²
Ana Paula Marques Ramos³; Ítalo Tsuchiya⁴**

^{1,2,4} Universidade Estadual Paulista - UNESP

Departamento de Cartografia

Rua Roberto Simonsen, 305, Presidente Prudente, SP, Brasil, CEP 19060-900
edmur@fct.unesp.br; monca@fct.unesp.br; italo@fct.unesp.br

³ Universidade Estadual Paulista - UNESP

Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas – PPGCC

Rua Roberto Simonsen, 305, Presidente Prudente, SP, Brasil, CEP 19060-900
marques.engcart@gmail.com

Recebido em 05 de setembro, 2012/ Aceito em 8 de fevereiro, 2013

Received on september 05, 2012/ Accepted on february 8, 2013

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo preliminar sobre os métodos usados para avaliação da carga mental de trabalho (CMT) e determinação da usabilidade de interfaces de comunicação de Sistemas de Navegação e Guia de Rota em Automóvel (SINGRA). As interfaces dos SINGRA têm sobrecarregado os sistemas de processamento perceptivo e cognitivo do motorista, devido a ruídos de comunicação e, também, às limitações do sistema humano de processamento de informação. Os SINGRA projetados inadequadamente, quando usados com o automóvel em movimento, podem interferir na tarefa de desempenho principal que é a direção do automóvel. Quanto maior a complexidade da demanda da tarefa secundária, mais elevada é a CMT e, conseqüentemente, pior é o desempenho da direção. Isto pode ser verificado por meio da avaliação da CMT, com a utilização de métodos de fatores humanos (também compreendidos como métodos de avaliação), tais como os cognitivo-comportamentais e os psicofisiológicos. Demanda visual, desempenho da tarefa e índices de CMT são medidas imprescindíveis na avaliação. Finalmente, são apresentadas as principais vantagens e desvantagens dos métodos e medidas para avaliação da CMT relacionada com Sistemas de Navegação e Guia de Rota.

Palavras-chave: Sistemas de Navegação e Guia de Rota em Automóvel, Métodos de Fatores Humanos, Usabilidade de Interface, Carga Mental de Trabalho.

ABSTRACT

This work presents a preliminary study about mental workload evaluation methods to determine the usability of In-Car Route Guidance and Navigation Systems (ICRGNS) interfaces. It is known that these systems interfaces have overloaded drivers' cognitive and perceptive processing systems, due to communication noises, as well limitations of the human information processing system. The ICRGNS inadequately designed, when used in a moving vehicle, may interfere in the main task performance (driving). The more complex secondary task the higher mental workload and, consequently, worse is the driving performance. This can be verified through evaluating the mental workload, by using appropriate human factors and ergonomics methods like cognitive-behavior and psychophysiological methods. Visual demand,

task performance and mental workload index are indispensable measures in the usability evaluation. Finally, the main advantages and disadvantages related to the methods and measures for evaluating the mental workload related to route guidance and navigation systems are pointed out.

Keywords: In-car Route Guidance and Navigation Systems, Human Factors and Ergonomics Methods, Interface Usability, Mental Workload.

1. INTRODUÇÃO

A direção em automóvel é uma atividade dinâmica (DE WAARD, 1996), perceptiva e cognitiva complexa, sobretudo quando realizada em locais urbanos desconhecidos ou pouco conhecidos (PETCHENIK, 1989; DE WAARD, 1996; BURNETT, 1998; CNOSSSEN, 2000; BURNETT, 2000; LABIALE, 2001; OLIVER, 2007). Nas últimas décadas, a quantidade de informação processada pelo motorista tem aumentando tanto do lado externo ao automóvel, com o intenso tráfego de veículos e pedestres, quanto do lado interno, com a presença de equipamentos de comunicação, como sistemas de navegação e telefones celulares (CNOSSSEN, 2000; STUTTS et al., 2003). No entanto, embora os equipamentos de comunicação e (ou) entretenimento possam aumentar a mobilidade e conforto dos motoristas (EI-WEN LO; GREEN; FRANZBLAU, 2011), as tarefas relacionadas à interação com esses dispositivos podem consistir em fontes de distração e de sobrecarga mental, o que interfere na realização da tarefa primária (YOUNG; STANTON 2005), a qual é dirigir o automóvel com segurança (QUARESMA, 2010).

Os motoristas possuem capacidade limitada de processar informações de diversas naturezas ao mesmo tempo (CNOSSSEN, 2000; YOUNG; STANTON, 2005), e, conseqüentemente podem ser distraídos por informações desnecessárias. De acordo com Ranney et al. (2000), a distração representa qualquer atividade que interfere na atenção do motorista durante a tarefa de dirigir, e essa interferência pode ser do tipo visual (ex.: retirar os olhos da via); auditiva (ex.: atender o telefone celular); biomecânica (ex.: interagir com o sistema de áudio do veículo) e (ou) cognitiva (ex.: estar perdido no pensamento enquanto dirige). Nesse sentido, o uso de equipamentos de comunicação, durante a direção de um automóvel, pode favorecer acidentes de trânsito, por motivos de atenção

requerida do motorista e, conseqüentemente, provocar distração na direção (BURNETT, 2000; GREEN, 2000, 2002; EI-WEN LO; GREEN; FRANZBLAU, 2011; QUARESMA, 2010; STUTTS et al., 2003; TSIMHONI; GREEN, 2001).

Para minimizar estes problemas, uma necessidade é avaliar a usabilidade das interfaces de comunicação ao motorista, dentre as quais se inserem os Sistemas de Navegação de Guia de Rota em Automóvel (SINGRA). Para Quaresma (2010), o uso de SINGRA concomitante à tarefa primária é um exemplo típico de sobrecarga, tanto perceptiva quanto cognitiva, pois não só os olhos do motorista devem estar atentos para a via, mas também sua mente. Assim, em razão da grande quantidade de usuários desses sistemas no mundo todo (EI-WEN LO; GREEN; FRANZBLAU, 2011; OLIVER; BURNETT, 2008) e dado seu contexto de uso, em geral, com o veículo em movimento, as questões relacionadas à avaliação da usabilidade das interfaces de SINGRA tem sido assunto de diversas pesquisas (BURNETT, 1998, 2000; HAWAN; JIN, 2010; LABIALE, 2001; LEE; CHENG, 2008; LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008; LIU, 2000; QUARESMA, 2010; PUGLIESI; DECANINI; TACHIBANA, 2009).

Para tanto, deve-se considerar um conjunto de métodos e medidas apropriados para a mensuração do desempenho do sistema (eficiência e eficácia), bem como da satisfação do usuário (BURNETT, 1998; LABIALE, 2001; UANG; HWANG, 2003; WICKENS et al., 2004; LEE e CHENG, 2008; WANG; MENG, 2008; PUGLIESI; DECANINI; TACHIBANA, 2009). Compreender os métodos de fatores humanos () é fundamental para projetar sistemas compatíveis às necessidades de uso, habilidades e limitações dos seus usuários, isto é, projetar sistemas ergonômicos (QUARESMA, 2010), e estes métodos podem ser

usados para apontar a usabilidade das interfaces de comunicação, por meio da determinação da Carga Mental de Trabalho (CMT) (DE WAARD, 1996; STANTON et al., 2005b).

Portanto, o objetivo deste trabalho é apresentar um estudo preliminar sobre a avaliação da carga mental de trabalho (CMT) para a determinação da usabilidade de interfaces de comunicação de Sistemas de Navegação e Guia de Rota em Automóvel. Este trabalho pretende fornecer resposta a três questões básicas: (a) “Quais métodos de fatores humanos são mais apropriados para avaliar a usabilidade de SINGRA?”; (b) “Quais vantagens e desvantagens esses métodos apresentam?” e; (c) “Quais medidas podem melhor representar a eficiência e a eficácia de um SINGRA, bem como o grau de satisfação do usuário pelo sistema, considerando-se a relação custo-benefício, no processo de avaliação?”.

2.SISTEMA HUMANO DE PROCESSAMENTO DE INFORMAÇÃO

Considerando-se que os mapas áudio-dinâmicos de SINGRA são utilizados dentro do automóvel em movimento, a informação de guia de rota deveria ser apresentada com o maior grau de legibilidade possível (HO; LI, 2004; MARQUES; DECANINI; PUGLIESI, 2012); sendo assim, sua transmissão deveria ser realizada de maneira eficiente para que não sobrecarregue o sistema de processamento perceptivo e cognitivo humano (LABIALE, 2001; PUGLIESI; DECANINI; TACHIBANA, 2009; ROSS; BURNETT, 2001).

Para melhor compreender o funcionamento do sistema humano de processamento de informação, é necessário conhecer alguns conceitos básicos que estão relacionados com a carga de trabalho. Dentro disso, é importante entender os elementos e fatores relacionados com a memória humana, por meio da compreensão de modelos de processamento da informação.

Um dos elementos de processamento de informação geográfica, importante na avaliação de SINGRA, é a memória de trabalho, também conhecida como memória recente ou memória de curta duração (PETERSON, 1995), uma vez que seu uso abrange decisões que devem ser tomadas, muitas vezes, de maneira instantânea. A tentativa de

recuperação imediata de determinadas informações que estão armazenadas na memória de longa duração poderia colocar em risco a segurança no trânsito.

2.1 Carga mental de trabalho - CMT

Com o advento das tecnologias, a CMT envolvida nas tarefas de navegação humana, em espaços abertos, constitui-se em um problema central dos estudos sobre a avaliação da usabilidade de interfaces de comunicação de SINGRA, por estar associada, principalmente, a riscos de acidente no trânsito.

O conceito de CMT abrange aspectos cognitivos, os quais são advindos tanto das exigências cognitivas das tarefas, quanto dos aspectos psíquicos (CORRÊA, 2003; CYBIS; BETIOL; FAUST, 2010; DE WAARD, 1996; STANTON et al., 2005b; WICKENS et al., 2004). As exigências cognitivas das tarefas dizem respeito ao uso da memória, o emprego do raciocínio lógico e das regras relacionadas com a tarefa, e também das tomadas de decisões. Por outro lado, os aspectos psíquicos estão relacionados com os fatores afetivos na execução da tarefa (CORREA, 2003).

Uma indicação de CMT pode ser bem definida em termos de carga experimentada. Não somente as capacidades individuais, mas também a motivação para executar a tarefa e as estratégias aplicadas no desempenho da tarefa, bem como o humor e o estado físico do ‘operador’ afetam a carga experimentada (DE WAARD, 1996). Dessa forma, a CMT pode não estar relacionada somente à tarefa, mas também com a característica individual de cada pessoa (ROUSE; EDWARDS; HAMMER, 1993) e o ambiente no qual essa tarefa é desenvolvida (YOUNG; STANTON, 2005).

Segundo De Waard (1996), três conceitos básicos são importantes para compreender a CMT: demanda, carga de trabalho e esforço. A demanda da tarefa é determinada por meio de metas que precisam ser alcançadas. A carga de trabalho é o resultado da reação à demanda e está diretamente relacionada com a proporção da capacidade mental e/ou física que é alocada para a realização da tarefa. O esforço é um procedimento de mobilização realizado de maneira voluntária.

Diretamente relacionada com a demanda está o fator complexidade da tarefa. De acordo com Young e Stanton (2005), a premissa básica é de que uma tarefa que gere um alto índice de CMT no operador seja mais complexa quando comparada a uma tarefa que resulte em baixa CMT. Sendo assim, na medida em que se aumenta o número de estágios de processamento, a complexidade também cresce (WICKENS et al., 2004). A dificuldade de realização de uma tarefa envolve aspectos cognitivos e está relacionada com a quantidade de recursos mentais, necessários para que o indivíduo consiga executá-la.

2.2 Memória humana

Segundo Gopher e Donchin (1986), com relação ao desempenho da tarefa, os efeitos da carga de trabalho podem ser examinados com base em um modelo de processamento de informação. Peterson (1995) aponta que o modelo de estágios do processamento de informação, embora simples, identifica distintas memórias de armazenamento no processamento da informação, com diferentes capacidades de processamento: memória icônica ou registro sensorio, memória de trabalho (memória de curta duração ou recente) e memória de longa duração. Para compreender a CMT é necessário estudar os fatores que envolvem a memória de longa duração e a memória de trabalho, as quais podem ser compreendidas como dois depósitos de memória, ou sistemas de armazenamento, os quais são utilizados no processamento da informação (DE WAARD, 1996; WICKENS et al., 2004).

2.2.1 Memória de longa duração

A memória de longa duração possui grande capacidade de armazenamento, e o tempo de retenção da informação pode levar muitos anos (IIDA, 2005). Os seres humanos, constantemente, mantêm informações da memória de longa duração na memória de trabalho, com a finalidade de uso imediato, embora isso dependa de mecanismos para armazenamento e recuperação da informação (WICKENS et al., 2004). Diante disso, duas importantes características determinam a facilidade de armazenamento e recuperação na memória de longa duração (IIDA, 2005; WICKENS et al., 2004): resistência, a qual é determinada pela frequência e reutilização recente, e associação, a qual possui forma de codificação semântica, a partir

de conexões com a rede neural já existente no cérebro.

2.2.2 Memória de trabalho

O termo memória de trabalho foi cunhado por Miller (1956), e é utilizado no conjunto de teorias que relacionam a mente humana ao computador. Segundo Wickens et al. (2004), a memória de trabalho pode ser compreendida no contexto de um modelo proposto por Baddeley (1986, 1990), o qual consiste de três componentes básicos: um componente de execução central; um fichário de esboço visuoespacial; e um circuito fonológico. Esses componentes são responsáveis pela manutenção do funcionamento da informação na memória de curta duração, de forma ativa.

O componente de execução central funciona como um sistema de controle da atenção, o qual coordena a informação oriunda dos dois sistemas de armazenamento. O fichário de esboço visuoespacial armazena a informação de maneira similar a uma forma espacial (ex.: imageamento visual), e isso acontece ao mesmo tempo em que é utilizada (LOGIE, 1995). Segundo Wickens et al. (2004), essas imagens são informações codificadas que podem ser trazidas dos órgãos sensoriais ou recuperadas da memória de longa duração. Quanto ao circuito fonológico, este representa a informação verbal, na forma acústica (BADDELEY, 1990). Um exemplo de circuito fonológico é quando alguém tenta recordar o número de um telefone, por meio da repetição desses números, até o momento em que os mesmos não são mais necessários (WICKENS et al., 2004; IIDA, 2005).

No entanto, a memória de trabalho possui limites, tanto na capacidade de armazenamento quanto no tempo de retenção. O limite máximo da capacidade de armazenamento é compreendido como sendo aproximadamente 7 ± 2 unidades de informação (IIDA, 2005; MILLER, 1956). O tempo de retenção é a segunda limitação da memória de trabalho, e diz respeito ao período em que a informação pode ser mantida ativa, podendo levar de 5 a 30 segundos (IIDA, 2005), ou enquanto o circuito fonológico estiver ativo (WICKENS et al., 2004). A manutenção dos itens na forma acústica, por meio da articulação subvocal de cada item (ex.: palavras, sons e números), contribui significativamente para a retenção da informação na memória de trabalho (WICKENS et al., 2004).

2.2.2.1 Modelo multimodal do processador humano

Diversos tipos de interfaces de interação homem-máquina vêm sendo investigadas nos últimos anos por conta do avanço tecnológico. Por exemplo, a utilização de interfaces de voz e gesto corporal tem sido objeto de estudo de pesquisadores que defendem a idéia de que o teclado e o mouse deveriam ser substituídos em diversos tipos de tarefas que envolvem a interação entre o homem e o computador (COHEN, 1992; MCNEILL, 2006). De acordo com Trbovich, Lindgaard e Dillon (2005), a ampla inovação tecnológica, difundida nas diversas facetas da sociedade moderna, requer modelos de interação homem-máquina mais eficientes e eficazes.

Isso requer o conhecimento de sofisticados modelos de processamento da informação que abrangem os diversos tipos de registros sensoriais humanos e as diferentes formas de entrada de dados, nos sistemas computacionais, de acordo com a natureza da tarefa. Assim, o modelo multimodal do processador humano (3MPH), proposto por Card et al. (1986), parece ser bastante apropriado para compreender mais profundamente o funcionamento da memória de trabalho (SAMMAN; STANNEY, 2006). Segundo Card et al. (1986), o 3MPH envolve o modelo de processamento humano da informação (MPHI) de Wickens (1992), e a existência de diferentes modalidades do processador humano, quais sejam:

- Sensoriais: auditiva, visual, háptica, olfativa e gustativa;
- Memória de trabalho: verbal, tonal, visual, espacial, tátil, sinestésica e olfativa, e;
- Resposta: manual, vocal, gesto corporal/facial, olhada, sensores cerebrais.

O 3MPH decompõe o MPHI em códigos parametrizados, em termos de capacidade, tempo de retenção, e tempo de processamento. Um importante aspecto do 3MPH é prever alternativas de apresentação de projeto (SAMMAN; STANNEY, 2006). Segundo Samman e Stanney (2006), o referido modelo aponta uma questão fundamental de projeto de interface homem-máquina: “Que tipo de informação deveria ser transmitido em cada tipo de modalidade?”. Essa transmissão deveria ser refletida tanto no sentido da máquina para o ser humano quanto do ser humano para a máquina.

3. AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DE INTERFACES HOMEM-MÁQUINA

O termo usabilidade refere-se à capacidade que um sistema interativo oferece aos usuários, sob certo contexto de operação, para trabalhar de modo eficaz, eficiente e com satisfação (ABNT NBR 9241-11, 2002). A usabilidade está intrinsecamente relacionada com a qualidade que caracteriza as interações entre usuários e sistemas (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2010). Um produto pode ter diferentes níveis de usabilidade quando usado em diferentes contextos de uso (ABNT NBR 9241-11, 2002).

Embora não seja uma qualidade inerente do sistema, a usabilidade funciona como um acordo entre as características da interface com as peculiaridades dos usuários, os quais buscam por determinados objetivos em determinadas situações específicas de uso (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2010). Conforme a ISO 9241-11 (2002), a usabilidade é medida pela eficácia, eficiência e satisfação, e cada tipo de sistema possui particularidades de contexto de uso, as quais conduzem à escolha de métodos e medidas específicos de avaliação.

3.1 Métodos para avaliação da usabilidade de interfaces

A avaliação da usabilidade de interfaces de SINGRA, por exemplo, pode ser realizada com o emprego de diferentes métodos. Somente um tipo de método ou então um conjunto de métodos de fatores humanos pode ser utilizado para avaliar a usabilidade de um determinado produto, o qual pode ser de natureza tecnológica, organizacional e/ou ambiental (IIDA, 2005; STANTON, 2005b). Iida (2005) afirma que a natureza da interação entre o ser humano e o produto, no sistema homem-máquina-ambiente, permite a escolha do(s) método(s) mais apropriado(s) para o processo de avaliação. Isso porque esses métodos estão relacionados com diferentes aspectos, como (STANTON, 2005a):

- Físicos (ex.: desconforto músculo-ósseo), psicofisiológicos (ex.: respiração, batimento cardíaco, etc.);
- Cognitivo-comportamentais (ex.: erros e acertos na realização da tarefa), e;
- Ambientais (ex.: relacionados com as condições do ambiente).

Os métodos físicos estão relacionados com a postura do indivíduo quando utiliza um determinado produto, e também com o esforço repetitivo de uso, o que pode levar a apresentar sintomas físicos dolorosos (HEDGE, 2005a). No que se refere aos métodos psicofisiológicos, várias técnicas têm sido utilizadas para obtenção de medidas psicofisiológicas, as quais são usadas no campo da medicina, e estão sendo fortemente utilizadas pela área de fatores humanos e ergonomia (BROOKHUIS, 2005).

Os métodos cognitivos e comportamentais, segundo Stanton (2005b), podem ser mais bem compreendidos quando classificados em quatro grandes grupos:

- Métodos de avaliação geral: técnicas de observação, entrevistas, análise de protocolo verbal;
- Métodos de avaliação da tarefa cognitiva: análise de tarefa hierárquica, análise de trabalho cognitivo aplicado, etc.;
- Métodos de avaliação de erro: abordagem de predição e redução de erro humano sistemático, análise de tarefa para identificação de erro, e;
- Métodos de avaliação da carga mental de trabalho subjetiva: técnica de estimativa de índice global e específico de carga mental de trabalho, análise de caminho crítico, etc.

Com relação aos métodos ambientais, estes levam em consideração os fatores do meio ambiente durante a interação com o produto, como as condições de temperatura, qualidade do ar, iluminação, ruído, vibração, etc. (HEDGE, 2005b). As condições ambientais desfavoráveis, como o excesso de calor, ruído e vibração, causam desconforto, aumentam o risco de acidentes e podem provocar danos à saúde (IIDA, 2005). Nesse sentido, Iida (2005) ressalta que o nível de iluminação interfere diretamente na estrutura fisiológica da visão, bem como nos músculos que comandam o movimento dos olhos.

Nesse contexto, a avaliação da usabilidade de SINGRA pode ser realizada com o emprego de diferentes métodos, todavia, vale ressaltar que, em geral, os métodos de avaliação geral e os métodos de avaliação da carga mental de trabalho subjetiva, associada com a aplicação de métodos psicofisiológicos têm sido os mais empregados. Portanto, é de fundamental relevância compreender a natureza desses métodos, suas vantagens e desvantagens para os estudos de usabilidade de SINGRA.

3.1.1 Métodos de avaliação geral

Observação, entrevistas, e análise de protocolo verbal são as técnicas, relacionadas ao grupo de métodos cognitivos e comportamentais, mais comumente utilizadas na avaliação de SINGRA. Esse conjunto de técnicas possibilita o levantamento de medidas subjetivas (verbalizações, relatos, preferências, etc.), às quais permitem a determinação do grau de satisfação do participante com relação ao uso de um determinado produto. Também é possível obter medidas objetivas como os gestos corporais, por meio da aplicação da técnica de observação.

A técnica de observação consiste em observar as pessoas no momento em que estão interagindo com um produto, durante a realização de uma determinada tarefa (STANTON; BABER; YOUNG, 2005). Neste caso, os dados de erros e tempo de execução podem ser capturados para futuras análises. Segundo Stanton, Baber e Young (2005) existem diversos tipos de técnicas observacionais, mas estas se enquadram basicamente em três grandes categorias: direta, indireta e observação participante. Suas principais vantagens estão relacionadas com o fato de fornecer informação objetiva e identificar diferenças individuais, além de fornecer *insight* sobre a interação homem-máquina. Uma das desvantagens é que o participante pode ficar intimidado com o fato de estar sendo observado e, assim, não revelar informação cognitiva (STANTON; BABER; YOUNG, 2005).

A técnica de entrevista pode ser considerada como um dos métodos mais interessantes de se obter informação, tanto geral quanto específica (YOUNG; STANTON, 2005). A grande vantagem dessa técnica é sua validade ecológica, ou seja, “se você deseja descobrir o que uma pessoa pensa a respeito de um dispositivo, simplesmente pergunte a ela” (YOUNG; STANTON, 2005). Uma entrevista pode ser de diferentes naturezas, desde completamente não estruturada até formalmente estruturada, e também possui vantagens e desvantagens (YOUNG; STANTON, 2005). Uma das grandes vantagens é a familiaridade do participante com a entrevista, associada ao aspecto “face a face” com o entrevistador. Outra vantagem está relacionada com a flexibilidade em se obter uma ampla gama de informação, de maneira instantânea, como no caso da entrevista não estruturada. Para

Young e Stanton (2005) “uma entrevista estruturada formalmente trata-se essencialmente de um questionário administrado”. As desvantagens estão relacionadas com a necessidade de se fazer um ensaio antes da experimentação, com o longo tempo necessário para interpretar e categorizar os dados, e também com a complexidade das análises, principalmente no que se refere às entrevistas não estruturadas.

A técnica de análise de protocolo verbal tem sido útil em ergonomia e fatores humanos como uma forma de obter conhecimento a respeito de elementos cognitivo de comportamentos complexos (WALKER, 2005). Consiste, basicamente, de três etapas: coleta de dados, redução de dados e análise de conteúdo. Os autores em questão afirmam que as verbalizações (*thinking aloud*) fornecem uma fonte rica de dados em termos de quantidade e conteúdo, e que os especialistas no assunto, quando avaliados com o uso dessa técnica, podem fornecer dados verbais excelentes. Além disso, é possível examinar o comportamento humano em ambientes realísticos. Por outro lado, possui a desvantagem de levar muito tempo para coletar, reduzir e analisar os dados. Outra desvantagem diz respeito à complexidade da demanda da tarefa, pois quanto mais alta a demanda, menor pode ser a quantidade de verbalizações (WALKER, 2005).

3.1.2 Métodos de carga mental de trabalho

A carga mental de trabalho pode ser mensurada por meio da demanda requerida durante a realização de uma determinada tarefa. Por sua vez, a CMT pode ser determinada por meio da mensuração de três tipos de medidas principais: medidas de desempenho da tarefa (primária e secundária), medidas psicofisiológicas e medidas subjetivas (BROOKHUIS, 2005; O'DONNELL; EGGEMEIER, 1986; STANTON et al., 2005b; WICKENS et al., 2004; WIERWILLE; EGGEMEIER, 1993; WILSON; EGGEMEIER, 1991).

É importante notar que as medidas subjetivas em questão tratam, especificamente, da estimativa da carga mental de trabalho, por meio da obtenção de um índice que está relacionado com o desempenho da tarefa. A preferência subjetiva pode ser obtida por meio de questionários e entrevistas, preparados conforme o contexto do objeto de estudo, podendo conter questões abertas ou fechadas com diferentes variações de escala. É

importante ressaltar que há, ainda, medidas subjetivas referentes à estética do produto, em que o participante atribui pesos a adjetivos de natureza clássica e expressiva (LAVIE; ORON-GILAD; MEYER, 2011).

3.1.2.1 Medidas subjetivas: Índice de CMT

Segundo Bruneau (2006), as principais formas de se obter a CMT subjetiva são três: medidas unidimensionais; medidas multidimensionais; e relato do operador (entrevistas). As medidas unidimensionais são obtidas a partir de escalas simples dispostas em um questionário. No caso das medidas multidimensionais são várias as escalas utilizadas. O relato do operador pode ser realizado, por exemplo, por meio do emprego de uma entrevista estruturada, a qual pode apontar situações de alta CMT. Certos estudos utilizam esquemas próprios para encontrar indicadores de CMT (LIU, 2000) ou empregam técnicas específicas.

Para estimar a quantidade de carga colocada no sistema cognitivo humano, durante a realização de certa tarefa, duas técnicas que têm sido bastante utilizadas para avaliar a CMT de motoristas são: *NASA Task Load* (NASA-TLX) e *Subjective Workload Assessment Technique* (SWAT) (DE WAARD, 1996; STANTON, 2005a; STANTON et al., 2005a). A partir da aplicação da técnica, um índice é resultante da classificação subjetiva que os participantes fornecem a um conjunto de dimensões. Podem ser obtidos tanto índices específicos relacionados com cada dimensão, como também um índice geral, resultante da média aritmética simples (BURNETT, A técnica *NASA Task Load* (NASA TLX) (HART; STAVELAND, 1988) é uma ferramenta usada para mensurar a CMT sobre o desempenho da tarefa. A NASA-TLX consiste em uma escala multidimensional organizada em seis dimensões: demanda mental, demanda física, demanda temporal, esforço, desempenho e frustração. Assim como as outras técnicas, há vantagens e desvantagens no uso da *NASA TLX* (STANTON et al., 2005; YOUNG; STANTON, 2005b). Dentre as vantagens pode-se mencionar a simplicidade em estimar a carga mental do operador, e a flexibilidade para ser aplicada em qualquer área de estudo. Além disso, requer poucos recursos para a coleta de dados, tais como lápis e papel. Entretanto, alguns problemas são inerentes deste método: os participantes podem se esquecer dos momentos que

se depararam com aspectos de alta carga mental relacionado à tarefa; e, também, os índices de carga mental, os quais são oriundos da tarefa secundária, podem ser correlacionados com o desempenho da tarefa primária (o sujeito pode classificar sua carga mental como alta em situações que teve pobre desempenho da tarefa principal, e vice-versa).

A técnica *Subjective Workload Assessment Technique* (SWAT) (REID; SHINGLEDECKER; EGGEMEIER, 1981) foi desenvolvida pela força aérea americana (*US Air Force Armstrong Aerospace Medical Research Laboratory*), originalmente, para avaliar a carga mental de pilotos de avião. Segundo Stanton et al., (2005), a SWAT, juntamente com a NASA-TLX, parece ser uma técnica bastante comum para avaliar a CMT subjetiva. Consiste de uma ferramenta multidimensional que mede três dimensões: carga temporal, carga mental e carga de estresse. As vantagens e desvantagens desta técnica são similares às da NASA-TLX (STANTON et al., 2005; YOUNG; STANTON, 2005). Dentre as vantagens pode-se apontar a simplicidade, facilidade e baixo custo. Entretanto, a principal desvantagem é a baixa sensibilidade na captura da carga mental de trabalho, por conta do reduzido número de dimensões e, em decorrência disso, torna-se inferior à técnica NASA-TLX.

3.1.2.2 Medidas de desempenho

No caso das medidas de desempenho, são duas as categorias que têm sido consideradas na avaliação de SINGRA: medidas da tarefa principal e medidas da tarefa secundária (MICHON, 1985; WICKENS et al., 2004; WILSON; EGGEMEIER, 2006). A tarefa de direção do automóvel se constitui na principal tarefa do condutor. Por outro lado, a tarefa secundária pode estar relacionada tanto com a busca visual por informação, em um determinado dispositivo de informação, quanto com o recebimento 'automático' de mensagens sonoras e táteis, oriundas dos equipamentos de comunicação.

Com relação à tarefa principal algumas das medidas de desempenho que podem ser correlacionadas com as medidas subjetivas e psicofisiológicas são: o número de erros cometidos, a velocidade de desempenho da tarefa e o tempo de reação. Para a tarefa secundária, as medidas podem ser diversas, como, por exemplo, o intervalo de tempo para realizar a tarefa e, também, o tempo de ação e reação (DE

WAARD, 1996; O'DONNELL; EGGEMEIER, 1986). No que diz respeito ao uso e avaliação de SINGRA, um conjunto de medidas de desempenho, relacionado com a tarefa principal e a tarefa secundária é discutido mais adiante neste trabalho, pois estão relacionadas às medidas de comportamento e medidas de esforço mental psicofisiológicas.

3.1.2.3 Medidas psicofisiológicas

As medidas psicofisiológicas podem ser consideradas como os tipos mais naturais de índice de carga de trabalho (BROOKHUIS, 2005). Esse tipo de medida é também chamado de medidas fisiológicas (DE WAARD, 1996). Tanto a carga mental de trabalho quanto a carga física de trabalho apresentam um claro impacto em certas respostas fisiológicas, como dores ósseas e musculares, variabilidade do batimento cardíaco, resposta da corrente elétrica da pele, pressão sanguínea e respiração (BROOKHUIS, 2005; DE WAARD, 1996). Por exemplo, o aumento da complexidade da demanda da tarefa pode aumentar o batimento cardíaco e diminuir a variabilidade do batimento cardíaco, ao mesmo tempo (MULDER; DE WAARD; BROOKHUIS, 2005).

O processo de mensuração dos dados fisiológicos é resultante da realização da tarefa, a qual é derivada da fisiologia do operador (ex.: diâmetro da pupila, potencial do córtex cerebral invocado, etc.) (DE WAARD, 1996). Neste último caso, De Waard (1996) aponta duas medidas de estruturas anatômicas distintas, as quais podem ser utilizadas como indicadores fisiológicos: medidas do sistema nervoso central (SNC) e medidas do sistema nervoso periférico.

Enquanto o SNC inclui o cérebro, bem como as células da medula espinhal e a parte inferior do cérebro, o sistema nervoso periférico é dividido em sistema nervoso somático e sistema nervoso autônomo (SNA). O sistema nervoso somático compreende a ativação de músculos voluntários, enquanto o SNA controla os órgãos internos e é autônomo no sentido de que suas ramificações nervosas não estão sob controle voluntário.

O SNA, por sua vez, é subdividido em sistema nervoso parasimpático e sistema nervoso simpático. Enquanto a função do sistema nervoso parasimpático é de manter as funções corporais, como a respiração (MÜLLER et al., 1992), a função do sistema nervoso simpático está direcionada com

situações de emergência, tal como a liberação de certos tipos de hormônios em situações de estresse (WILSON; EGGEMEIER, 1991).

Alguns exemplos de medidas do SNA, as quais são potenciais para a determinação da CMT são: variação do diâmetro da pupila, batimento cardíaco, taxa respiratória, nível hormonal e atividade eletrodermal (DE WAARD, 1996). As medidas do SNC incluem atividades metabólicas, magnéticas e elétricas do cérebro, bem como eletroculográfica (DE WAARD, 1996). Nessa categoria de medidas do SNC estão as respostas periféricas, as quais incluem a atividade muscular espontânea e o movimento dos olhos (DE WAARD, 1996; O'DONNELL e EGGEMEIER, 1986). No caso do batimento cardíaco, a contração do coração, a qual é produzida por impulsos elétricos, pode ser mensurada por eletrocardiograma, através da mensuração das seguintes medidas: frequência básica, amplitude do pulso e duração do pulso.

No entanto, algumas medidas podem ser difíceis de classificar como medidas de desempenho ou medidas fisiológicas, como é o caso das medidas de fixação dos olhos, a qual leva em consideração o tempo necessário para obtenção da informação (DE WAARD, 1996). A estratégia de busca visual tem sido apontada como um indicativo de necessidade por informação (MACEACHREN, 1995) e o comprimento das fixações está, geralmente, relacionado com a dificuldade de obtenção e interpretação da mensagem (WICKENS et al., 2004; WILSON; EGGEMEIER, 1991). Segundo O'Donnell e Eggemeier (1986), o aumento na carga de trabalho é acompanhado pelo aumento no tempo de fixação.

De Waard (1996) sugere um conjunto potencial de medidas fisiológicas para avaliação da CMT (Tabela 1): variabilidade do diâmetro da pupila, piscada endógena dos olhos, variabilidade da pressão sanguínea, respiração, atividade eletrodermal, (referente às mudanças elétricas na pele, como medidas exosomáticas e medidas endosomáticas), níveis hormonais (relacionados com situações de estresse, incluindo o excesso de carga de trabalho, em que as amostras podem ser obtidas de urina, sangue e saliva), e eletromiograma (relacionado com a atividade dos músculos faciais). Os diversos tipos de medidas usados na avaliação da CMT podem ser mais compreendidos conforme o esquema proposto na Figura 1.

Tabela 1: Medidas psicofisiológicas para avaliação da CMT

Categoria	Medida
Variabilidade do diâmetro da pupila	Diâmetro da pupila
Piscada endógena dos olhos	Frequência de piscadas, piscada oculta, duração da piscada
Variabilidade da pressão sanguínea	Valor da pressão sanguínea
Respiração	Frequência da respiração
Atividade eletrodermal	Condução ou resistência
Níveis hormonais	Nível de adrenalina, nível de noradrenalina, nível de Cortisol
Eletromiograma	Gestos faciais (alegria, tristeza, raiva, etc.)

4. MEDIDAS PARA AVALIAR A USABILIDADE DE SINGRA

A usabilidade dos SINGRA tem sido avaliada de acordo com o tipo de tarefa de navegação desenvolvida (planejamento de rota ou manutenção em rota). A navegação é um termo frequentemente utilizado para fazer referência ao processo de localização e deslocamento da posição geográfica (GOLLEDGE, 1999). Um processo de navegação envolve basicamente três tipos de tarefa: seleção de rota, manutenção em rota, e confirmação da chegada ao destino (SHEMYAKIN, 1962 *apud* BOARD, 1978). Assim, para o estudo da usabilidade de SINGRA, requer-se, primeiramente, compreender o projeto deste tipo de sistema em termos das tarefas de navegação.

Com relação à tarefa de manutenção em rota, os estudos sobre a usabilidade dos sistemas de navegação têm se concentrado nos formatos e modalidades de comunicação (BURNETT, 1998). Além disso, a avaliação da usabilidade destes sistemas tem sido realizada, principalmente, em termos de nível de satisfação, eficácia e eficiência. Os temas que têm sido mais explorados até o momento são:

- Modalidades de comunicação visual e sonora (DICKS; BURNETT; JOYNER, 1995; ROSS et al. 1995; GREEN; GEORGE, 1995; KISHI; SUGIURA, 1993; VERWEY, 1993; SRINIVASAN et al., 1994; LABIALE, 1990; LABIALE, 1992; SRINIVASAN e JOVANIS, 1997; BURNETT; JOYNER, 1997; LIU, 2000; BURNETT, 2000);

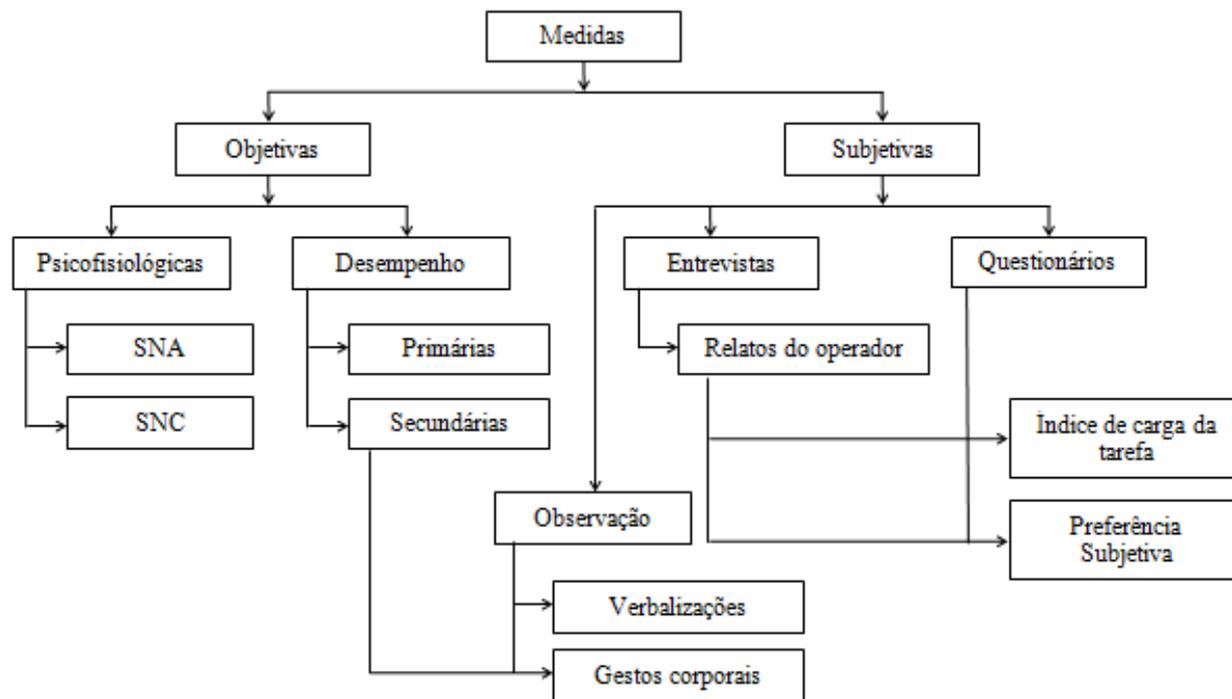


Fig. 1 – Classificação dos tipos de medidas usadas na avaliação da CMT.

- Modalidade de comunicação háptica (SUZUKI; JANSSON, 2003; VAN ERP; VAN VEEN, 2004; GU JI; LEE; HWANG, 2011);
- Tipos de apresentação (OBATA; DAIMON; KAWASHIMA, 1993; BURNETT; JOYNER, 1997; BURNETT, 1998, LABIALE, 2001; PUGLIESI; DECANINI, 2009a);
- Sequência das mensagens de voz para navegação (BURNETT, 1998; OLIVER, 2007; REAGAN; BALDWIN, 2006);
- Representação de pontos de referência (LABIALE, 2001; BURNETT; PORTER, 2002; BURNETT, 1998; PARUSHA, BERMANB, 2004; PUGLIESI; DECANINI, TACHIBANA, 2009; PUGLIESI; DECANINI, 2009c);
- Múltiplas escalas automática (LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008; UANG; HWANG, 2003; SHELEIBY et al., 2008; MARQUES; DECANINI; PUGLIESI, 2012);
- Cintilação em símbolos cartográficos (HO; LI, 2004; TVERSKY; MORRISON; BETRANCOURT, 2002);
- Sistemas de referência para orientação (DARKEN; CEVIK, 1999; WERNER; JAEGER, 2002; NICO; DAPRATI, 2008), e;

- Sistema de projeção do mapa, cilíndrico ortogonal e perspectivo cônico (LIN; WU; CHIEN, 2010).

4.2.1 Nível de satisfação

Os questionários e as entrevistas têm sido bastante empregados na coleta de dados para se obter o nível de satisfação (ou preferência subjetiva) do usuário pelas interfaces de informação navegacional (BURNETT, 1998; CONNSEN, 2000; CNOSSEN; MEIJMAN; ROTHEN-GATTER, 2004; DE WAARD, 1996; LABIALE, 2001; PUGLIESI; DECANINI; TACHIBANA, 2009). Diversos tipos de medidas podem ser utilizados e a escolha dependerá do tipo de questão que precisa ser respondida. Um exemplo de medida subjetiva é a habilidade espacial que pode ser determinada por meio de uma escala unidimensional, em que o participante marca o valor que o mesmo considera mais apropriado sobre si mesmo (BURNETT, 1998).

Outra maneira de se obter o nível de satisfação do participante é por meio da aplicação de técnicas que apresentam medidas multidimensionais e resultam em um índice geral que permita a estimativa da carga mental de trabalho percebida (BURNETT,

1998; REAGAN; BALDWIN, 2006; OLIVER, 2007). A técnica que mais tem sido aplicada para mensurar a CMT na avaliação de SINGRA é NASA TLX – *Task Load Index* (HART; STAVE-LAND, 1988).

4.2.2 Eficácia

Quanto à eficácia, as medidas que mais têm sido empregadas na avaliação de SINGRA são os ‘erros navegacionais’, o tempo de navegação e o tempo de resposta de determinadas tarefas primárias ou secundárias (BURNETT, 1998; LABIALE, 2000; LIU, 2001; PUGLIESI; DECANINI; TACHIBANA, 2009). A literatura tem usado o termo erro navegacional para indicar o erro de direção cometido durante a realização da manobra.

Para determinar os erros navegacionais com o uso de simulador de direção de baixa interatividade entre o participante e o cenário, as medidas podem ser obtidas por meio do uso de teclado ou com o emprego do método de protocolo verbal “*Thinking Aloud*”, por meio da gravação da voz do participante, durante a realização da tarefa (GREEN, et al., 1993; LIU, 2001; OBATA; DAIMON; KAWASHIMA, 1993; PUGLIESI; DECANINI, 2009b; PUGLIESI; DECANINI; TACHIBANA, 2009).

Além disso, outras medidas também podem ser consideradas para determinar a eficácia do sistema. As medidas de comportamento (ou falhas na direção) são obtidas da tarefa principal que é a direção do automóvel. Essas medidas estão relacionadas com a variação do ângulo do volante, variação da velocidade (aceleração e desaceleração), uso errôneo de freios e sinalizadores, variação na posição lateral, mudança de pista e violação das regras do trânsito (BURNETT, 1998; CONNSEN, 2000; CONNSEN; MEIJMAN; ROTHENGATTER, 2004; DE WAARD, 1996).

4.2.3 Eficiência

Para mensurar a eficiência de um SINGRA, as medidas devem considerar a realização das tarefas secundárias, as quais estão relacionadas com a segurança no trânsito (DE WAARD, 1996). Por exemplo, a eficiência está voltada ao uso de recursos de um SINGRA. Neste caso, a carga mental de trabalho tem sido mensurada por meio de medidas

psicofisiológicas, como por exemplo, o batimento cardíaco (KISHI; SUGIURA, 1993; SRINIVASAN et al., 1994; SRINIVASAN; JOVANIS, 1997), a resposta da corrente elétrica da pele, a tensão muscular e a demanda visual (DE WAARD, 1996). A medida de demanda visual parece ser a mais utilizada quando se estuda a modalidade de comunicação visual (BURNETT, 1998; LABIALE, 1990; LABIALE, 1992; LABIALE, 2001; LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008; PUGLIESI, DECANINI, TACHIBANA, 2009; LIN; WU; CHIEN, 2010).

A demanda visual que o dispositivo apresenta pode ser determinada por meio da análise do movimento dos olhos, a partir das seguintes medidas: número de olhadas, duração de cada olhada, soma das durações das olhadas, intervalo de duração entre as olhadas, etc. (BURNETT, 1998; CONNSEN, 2000; DE WAARD, 1996; LABIALE, 2001; LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008; PUGLIESI; DECANINI; TACHIBANA, 2009). Rockwell (1972), Rockwell (1988) e Parkes (1991) apontam que a demanda visual está associada com o “custo visual” do sistema. Segundo esses autores, a demanda visual (especificada como o número de olhadas e a duração de cada olhada) é necessária para o motorista obter informação desejada a partir do dispositivo de comunicação.

O número de olhadas e a duração da olhada parecem ser os melhores indicadores para verificar perigo em potencial no trânsito, durante a navegação, em termos de controle e segurança (LABIALE, 2001). Enquanto a frequência da olhada pode ser a medida mais apropriada da carga de trabalho visual (ex.: olhadas em direção ao monitor, por exemplo), a duração da olhada é uma medida que pode indicar as condições do tráfego (ROCKWELL, 1988). A duração da olhada fornece um valor médio, o qual pode ser comparado a um limiar de dois segundos, como o tempo máximo para o motorista manter os olhos fora da via, durante a navegação em automóvel (HO; LI, 2004; LAIRD EVANS; STEVEN, 1996; SENA, 1997). Uma importante variável é a soma da duração das olhadas, a qual permite verificar o tempo total gasto com os olhos ‘fora’ da via durante a realização da tarefa tática (MICHON, 1985), mais especificamente durante o trajeto de preparação para a realização da manobra.

5. DISCUSSÃO

Os métodos cognitivo-comportamentais e os métodos psicofisiológicos têm sido os mais utilizados na avaliação da usabilidade de SINGRA. Dos métodos cognitivo-comportamentais, os métodos de análise geral e análise da carga mental de trabalho subjetiva são os predominantes nos estudos. Daqueles relacionados com a análise geral, destacam-se as entrevistas (BURNETT, 1998) e a análise de protocolo verbal (OBATA; DAIMON; KAWASHIMA, 1993), seguidos de técnicas de aplicação de questionários, os quais são voltados para a determinação de medidas sobre a preferência subjetiva (BURNETT, 1998; BURNETT; PORTER, 2002; HO; LI, 2004; JI; LEE, HWANG, 2011; LAIRD EVANS; STEVEN, 1997; LABIALE, 2001; EI-WEN LO; GREEN; FRANZBLAU, 2011; OLIVER, 2007; PUGLIESI; DECANINI, 2009a; PUGLIESI; DECANINI; TACHIBANA, 2009). Os questionários são fundamentais para o levantamento de dados que são de relevância nas análises. A desvantagem pode estar no fato de que as perguntas podem ser fechadas o suficiente para não permitir a descoberta de novos elementos.

A técnica de entrevista, quando aplicada tanto na forma não estruturada quanto semi-estruturada, permite levantar certos tipos de dados, os quais o pesquisador pode não ter levado em consideração antes de realizar a experimentação. Conforme apontado por Parkes (1991), as entrevistas permitem ao experimentador avaliar as experiências recentes que os participantes tiveram durante a fase de uso, aliada com suas experiências e conhecimentos gerais. Segundo Ross e Burnett (2001), as opiniões subjetivas podem ser valiosas para a obtenção das percepções iniciais de um produto.

Dos métodos de análise da carga mental de trabalho subjetiva, a técnica NASA-TLX vem sendo a mais utilizada pelo fato de apresentar várias dimensões, as quais mais se aproximam de um valor que pode representar a carga mental durante o desempenho da tarefa (BURNETT, 1998; OLIVER, 2007; PARKES; 1991; REAGAN; BALDWIN, 2006). Além disso, a carga de trabalho subjetiva com esquema próprio (LIU, 2000) também tem sido utilizada como indicador da CMT.

A principal vantagem do uso da técnica NASA-TLX está na simplicidade das questões e nos recursos usados durante a aplicação do teste.

Uma sugestão para evitar o esquecimento dos participantes com relação aos momentos nos quais se depararam com determinadas tarefas mais complexas, pode ser a aplicação do questionário, logo após a realização dessas tarefas. No caso de testes em campo, o experimentador pode criar estratégias de paradas ao longo da rota e as questões podem ser empregadas imediatamente após a realização de tarefas de interesse no estudo. No entanto, o uso de medidas somente subjetivas pode não ser suficiente para determinar a usabilidade do sistema (ROSS; BURNETT, 2001). Dessa forma, em um trabalho completo de avaliação da usabilidade é necessário trabalhar com medidas tanto subjetivas quanto objetivas para obter uma medida de desempenho mais apropriada do sistema.

Como parte da determinação da carga mental de trabalho, a aplicação dos métodos psicofisiológicos apresenta diversas técnicas, sendo que a análise do movimento dos olhos é a que tem sido mais utilizada para avaliar SINGRA. Entretanto, vale ressaltar que a medida oriunda deste tipo de técnica pode ser classificada, por certos autores, como uma medida de desempenho, pois pode ser compreendida como uma modalidade de resposta da tarefa (DE WAARD, 1996). A análise do movimento dos olhos pode ser menos complexa quando o experimento ocorre em laboratório. A coleta pode acontecer por meio de câmeras digitais e a extração dos dados pode ser feita 'quadro a quadro' com programas de reprodução de filmes (LIN; WU; CHIEN, 2010; PUGLIESI; DECANINI; TACHIBANA, 2009) ou por meio de equipamentos especiais que envolvem a calibração de câmeras (BURNETT, 1998, LABIALE, 2001).

As medidas correspondentes à frequência da respiração, atividade eletrodermal, níveis hormonais e eletromiograma também podem ser potenciais na avaliação de SINGRA, principalmente quando a avaliação do sistema acontecer em campo. Contudo, como apontado por De Waard (1996), a coleta dessas medidas pode ser complexa e onerosa. No caso das medidas correspondentes à variabilidade da pressão sanguínea De Waard (1996) aponta que esse tipo de medida não é complexo de ser mensurado.

As medidas de desempenho primárias mais utilizadas estão relacionadas com o controle do veículo (BURNETT; JOYNER, 1997; LIU, 2000;

REAGAN; BALDWIN, 2006). As medidas de desempenho primárias que mais têm sido consideradas estão relacionadas com os erros navegacionais, enquanto que as de desempenho secundária mais usadas são o tempo de navegação e o tempo de resposta da tarefa (BURNETT, 1998; BURNETT; PORTER, 2002; DICKS; BURNETT; JOYNER, 1995; LABIALE, 2001; LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008; LIU, 2000; OLIVER, 2007; PUGLIESI; DECANINI; TACHIBANA, 2009; REAGAN; BALDWIN, 2006; ROCKWELL, 1972, 1988).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou um estudo sobre a avaliação da usabilidade de Sistemas de Navegação e Guia de Rota em Automóvel, a qual é determinada por meio da carga mental de trabalho. Verificou-se que a CMT pode ser determinada por meio de medidas objetivas e subjetivas, por meio da utilização de diferentes métodos de fatores humanos. As medidas objetivas compreendem as medidas psicofisiológicas e as medidas de desempenho da tarefa; enquanto que as medidas subjetivas são oriundas da aplicação de técnicas de observação, entrevistas e questionários.

As técnicas que têm apresentado maior custo-benefício fazem parte dos métodos cognitivo-comportamentais e psicofisiológicos, com ênfase à determinação da carga mental de trabalho pela técnica NASA-TLX e análise do movimento dos olhos, bem como da determinação dos erros navegacionais. A técnica NASA-TLX destaca-se por ser simples, apresenta baixo custo e pode expressar importantes indicadores que representam o nível de usabilidade da interface. A demanda visual, por meio da análise do movimento dos olhos, pode apresentar relativo baixo custo quando a coleta dos dados acontecer com a utilização câmara digital comum, e a extração dos dados for feita por meio de programas de reprodução de filme que possuem ferramentas de mudança de quadro 'passo a passo'.

Além disso, pode-se destacar a aplicação de questionários para a determinação da preferência subjetiva por meio de diferentes maneiras. Esta é uma técnica simples, de baixo custo e que propicia ao pesquisador realizar uma correlação com as demais variáveis de estudo, pois nem sempre uma representação com baixa demanda visual, baixa carga mental de trabalho e pouco erro navegacional

pode ser a mais preferida pelos usuários. Isso pode permitir a investigação de novas alternativas de projeto que requeiram novas análises. Demanda visual, desempenho da tarefa e índices de CMT são medidas imprescindíveis para a avaliação de interfaces de SINGRA. No entanto, a análise das medidas de desempenho da tarefa, bem como dos índices de CMT podem indicar se a análise da demanda visual será importante ou não.

Sugere-se que as avaliações de sistemas de navegação e guia de rota possam utilizar a técnica de protocolo verbal, pois é rica para a obtenção de elementos cognitivos complexos. Recomenda-se também a utilização de medidas de batimento cardíaco quando o estudo acontecer em campo, por ser de baixo custo e de baixa complexidade.

Outro ponto importante está no uso de diversas variáveis de natureza 'ambiental', pois estão relacionadas diretamente com o uso do produto, como é o caso do nível de ruído, o tipo de iluminação e as condições climáticas; fatores que podem influenciar fortemente nos resultados da avaliação da usabilidade do sistema. Além disso, a avaliação da estética do produto também pode apontar indicadores importantes na determinação do grau de satisfação.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela bolsa de pós-doutorado no exterior concedida ao autor do trabalho, em estágio realizado no ano de 2009 (Processo nº 4433-08-4). Ao Professor Paul Allan Green pelo suporte dado, durante a visita realizada no Instituto de Transporte da Universidade de Michigan, EUA. À PROPe-UNESP, pelo apoio financeiro concedido (Primeiros Projetos 2010).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - **Requisitos Ergonômicos para Trabalho de Escritórios com Computadores - Parte 11 - Orientações sobre Usabilidade**, 2002, Rio de Janeiro. 21p.
- BADDELEY, A. D. **Working Memory**. New York: Oxford University Press, 1986. 230p.
- BADDELEY, A. D. **Human Memory: Theory and Practice**. Boston: Allyn & Bacon, 1990. 702p.
- BOARD C. Map Reading Tasks Appropriate in Experimental Studies in cartographic Communication.

- Cartographic: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization.** v. 15, n. 10, p. 1-12. 1978.
- BURNETT, G. E. **Turn right at the King's Head: Drivers' requirements for route guidance information.** 1998. 341p. PhD Thesis (Doctorate em Philosophy)–Loughborough University, United King.
- BURNETT, G. E. Usable vehicle navigation systems: Are we there yet? In: **Vehicle electronic systems 2000**, European conference and exhibition, 2000. p. 3.1.1- 3.1.11.
- BURNETT, G. E.; JOYNER, S. An Assessment of Moving Map and Symbol-Based Route Guidance Systems. In: **Ergonomics and safety of intelligent driver interfaces.** USA: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. 1997. Cap. 6. p. 115-137.
- BURNETT, G. E.; LEE, K. The effect of vehicle navigation systems on the formation of cognitive maps. **Traffic and Transport Psychology: Theory and Application.** p. 407-418. 2005.
- BURNETT, G. E.; PORTER, J. M. An empirical comparison of the use of distance versus landmark information within the Human-Machine Interface for vehicle navigation systems. In: DE WAARD, D.; et al. **Human Factors in Transportation, Communication, Health, and the Workplace.** Maastricht, the Netherlands: Shaker Publishing, 2002. p. 01-16.
- BROOKHUIS, K. A. Psychophysiological Methods. In: STANTON, N. A.; et al. **The handbook of human factors and ergonomics methods.** USA: CRC Press LLC, 2005. Cap. 17. p.17-1; 17-5.
- BRUNEAU, D. P. J. Subjective Mental Workload. In: KARWOWSKI, W. **International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors.** 2. ed. University of Louisville, Kentucky, USA: Taylor & Francis, 2006. p. 946-947.
- CARD, S. K.; MORAN, T. P.; NEWELL, A. **The Psychology of the Human-Computer Interaction** Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. 1986. 469p.
- CORRÊA, F. P. **Carga Mental e Ergonomia.** 2003. 151p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Santa Catarina.
- CNOSSEN, F. **Adaptive strategies and goal management in car drivers.** 2000. 116p. PhD Thesis (Doctorate em Philosophy)–University of Groningen, The Netherlands.
- CNOSSEN, F.; MEIJMAN, T.; ROTHENGATTER, T. Adaptive strategy changes as a function of task demands: a study of car drivers. **Behaviour & Information Technology.** London: Taylor & Francis, v. 47, n. 2, p. 218-236. 2004.
- CYBIS, W.; BETIOL, A. H.; FAUST, R. **Ergonomia e Usabilidade: Conhecimentos, Métodos e Aplicações.** São Paulo: Novatec, 2010. 344p.
- DARKEN, R. P.; CEVIK, H. Map usage in virtual environments: orientation issues. In: **Proceedings of IEEE Virtual Reality.** v. 99, p. 133–140, 1999.
- DE WAARD, D. **The Measurement of Drivers' Mental Workload.** 1996. 135p. PhD Thesis. University of Groningen, Netherlands.
- DICKS, L.; BURNETT, G. E.; JOYNER, S. M. An evaluation of different types and levels of route guidance information. In: ROBERTSON, S. A. **Contemporary ergonomics.** London: Taylor and Francis, 1995. p. 193-298.
- GOLLEDGE, R.: Human Wayfinding and Cognitive Maps. In: GOLLEDGE, R. **Wayfinding Behavior - Cognitive Mapping and Other Spatial Processes.** Baltimore, USA: Johns Hopkins University Press, 1999. p. 5-45.
- GOPHER, D.; DONCHIN, E. Workload: An examination of the concept. In: BOFF, K. R.; KAUFMAN, L.; THOMAS, J. P. **Handbook of Perception and Human Performance: Cognitive Processes and Performance.** New York: John Wiley, 1986. v. 2. 1358p.
- GREEN, P. Crashes are induced by driver navigation systems and what can be done to reduce. In: **Convergence 2000 Conference Proceedings,** 2000, Warrendale, PA. p. 26-36.
- GREEN, P. Why Safety and Human Factors Standards Are So Difficult to Establish. In: DE WAARD; et al. **Human Factors in Transportation, Communication, Health and the Workplace.** Maastricht, the Netherlands: Shaker Publishing, 2002. 525p.
- GREEN, P.; GEORGE, K. When should auditory guidance systems tell drivers to turn? In: **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 39th Annual Meeting,** 1995, Santa Monica, CA:

- Human Factors and Ergonomics Society. v. 2. p. 1072-1076.
- GREEN, P.; et al. Audio-Visual System Design Recommendations from Experience with the UMTRI Driving Simulator. In: **Proceedings of Driving Simulator Conference North America**, 2003, Dearborn, MI: Ford Motor Company. p. 1-18
- HART, S. G.; STAVELAND, L. E. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results and theoretical research. In: HANCOCK, P. A.; MESHKATI, N. **Human mental workload**. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V., 1988. p. 139-183.
- HWAN, L. J.; JIN, J. S. Design Guidelines and Recommendations for In-Vehicle Navigation Systems. **Journal of Korean Society of Design Science**. v.23, n. 3, p. 309–327. 2010.
- HEDGE, A. Physical Methods. In: STANTON, N. A. et al. **The handbook of human factors and ergonomics methods**. USA: CRC Press LLC, 2005a. Cap. 2. p. 2-1; 2-4.
- HEDGE, A. Environmental Methods. In: STANTON, N. A. et al. **The handbook of human factors and ergonomics methods**. USA: CRC Press LLC, 2005b. Cap. 59. p. 59-1; 59-4.
- HO, A.; LI, Z. Design of Dynamic Map for Land Vehicle Navigation. **The Cartographic Journal**. The British Cartographic Society. v. 41, n. 3, p. 265–270. 2004.
- IIDA, I. **Ergonomia: Projeto e Produção**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2005. 340p.
- JACKSON, P. G. Behavioural Responses to Dynamic Route Guidance (DRG) Systems. In: **PICT International Doctoral Conference**, 1994. p. 28-30.
- JACKSON, P. G. In search of better route guidance instructions. **Ergonomics**. v. 41, n. 7, p. 1000-1013. 1998.
- JI, Y. G.; LEE, K.; HWANG, W. Haptic Perceptions in the Vehicle Seat. **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries**. v. 21, n. 3, p. 305–325. 2011.
- KISHI, H.; SUGIURA, S. Human factors considerations for voice route guidance. In: **SAE (Society of Automobile Engineers) Technical Paper Series**, 1993, Warrendale, PA. p.99-109.
- LABIALE, G. In-road car information: comparisons of auditory and visual presentations. In: **Proceedings of the Human Factors Society 34th Annual Meeting**, 1990, Santa Monica, CA. p. 623-627.
- LABIALE, G. Driver characteristics and in-car map display memory recall performance. In: **Proceedings of Vehicle Navigation and Information Systems Conference**, 1992, Piscataway, NJ: Institute of Electrical and Electronics Engineers. p. 227-232.
- LABIALE, G. Visual search and preferences concerning different types of guidance displays. **Behaviour & Information Technology**. London: Taylor & Francis. v. 20, n. 3, p. 149-158. 2001.
- LAIRD EVANS, J., STEVEN, A. Measures of graphical complexity for navigation and route guidance display. **Displays**, Amsterdam. v.17, n.2, p.89-93, 1997.
- LAVIEN, T.; ORON-GILAD, T.; MEYER, J. Aesthetics and usability of in-vehicle navigation displays. **International Journal of Human-Computer Studies**. v. 69, p. 80–99. 2011.
- LEE, W. C.; CHENG, B. W. Effects of using a portable navigation system and paper map in real driving. **Accident Analysis & Prevention**. v. 40, p. 303-308. 2008.
- LEE, J.; FORLIZZI, J.; HUDSON, S. Iterative design of MOVE: A situationally appropriate vehicle navigation system. **International Journal of Human-Computer Studies**. v. 66, p. 198–215. 2008.
- LIN, C. T; WU, H. C; CHIEN, T. Y. Effects of e-map format and sub-windows on driving performance and glance behavior when using an in-vehicle navigation system. **International Journal of Industrial Ergonomics**. v. 40, p. 330–336. 2010.
- LIU, Y. C. Effect of advanced traveler information system displays on younger and older drivers' performance. **Displays**. v. 21, p. 161-168. 2000.
- LIU, Y. C. Comparative study of the effects of auditory, visual and multimodality displays on drivers'

- performance in advanced traveller information systems. **Ergonomics**. v. 44, n. 4, p. 425-442. 2001.
- EI-WEN LO, E. W. V.; GREEN, P. A.; FRANZBLAU, A. Where Do People Drive? Navigation System Use by Typical Drivers and Auto Experts. **The journal of navigation**. v. 64, p. 357–373. 2011.
- LOGIE, R. H. **Visuo-Spatial Working Memory**. Hove, UK: Erlbaum, 1995.
- MACEACHREN, A. M. How maps work: **Representation, Visualization and Design**. London: The Guilford Press, 1995.
- MARQUES, A. P. S.; DECANINI, M. M. S.; PUGLIESI, E. A. Sistema de Navegação e Guia de Rota áudio-dinâmico com múltiplas escalas automáticas. **Revista Brasileira de Cartografia**. v. 1, n. 64, p. 57-68. 2012.
- MICHON, J. A. A critical view of driver behaviour models. In: EVANS, L.; SCHWING, R. S. **Human behaviour and traffic safety**. University of Groningen, New York: Plenum Press, p. 485-520. 1985.
- MILLER G. A. The magical number seven plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. **Psychological Review**. v. 63, n. 2, p. 81-97. 1956.
- MULDER, L. J. M.; DE WAARD, D.; BROOKHUIS, K. A. Estimating Mental Effort Using Heart Rate and Heart Rate Variability. In: STANTON, N.A.; et al. **The handbook of human factors and ergonomics methods**. USA: CRC Press LLC, 2005. Cap. 20. p. 20-1; 20-8.
- MÜLLER, A.; et al. Differential effects of two stressors on heart rate, respiratory sinus arrhythmia, and T-wave amplitude. **Journal of Psychophysiology**. v. 6, p. 252-259. 1992.
- NICO, D.; DAPRATI, E. The egocentric reference for visual exploration and orientation. **Brain and Cognition**. v. 69, p. 227-235. 2009.
- OBATA, T.; DAIMON, T.; KAWASHIMA, H. A cognitive study of in-vehicle navigation systems: applying verbal protocol analysis to usability evaluation. In: **Proceedings of Vehicle Navigation and Information Systems Conference**, 1993, Piscataway, NJ: Institute of Electrical and Electronics Engineers. p. 232-237.
- O'DONNELL, R. D.; EGGEMEIER, F. T. Workload assessment methodology. In: BOFF, K. R.; KAUFMAN, L.; THOMAS, J. P. **Handbook of perception and human performance**, 1986. New York: Wiley. v. 2, p. 42-1; 42-49.
- OLIVER, K. **Cognitive Map Development and Driver Distraction: The Role of Vehicle Navigation Systems**. 2007. 79p. MSc. in Interactive Systems Design – School of Computer Science and Information Technology University of Nottingham.
- OLIVER, K. J.; BURNETT, G. Learning-oriented Vehicle Navigation Systems: A Preliminary Investigation in a Driving Simulator. In: **MobileHCI**, 2008, Amsterdam, Netherlands.
- PARKES, A. M. Data capture techniques for RTI usability evaluation. In: **Advanced telematics in road transport - the DRIVE conference**, 1991, Amsterdam. v. 2, p. 1440-1456.
- PARUSHA, A.; BERMANB, D. Navigation and orientation in 3D user interfaces: the impact of navigation aids and landmarks. **International Journal of Human-Computer Studies**. v. 61, p. 375–395. 2004.
- PETCHENIK, B. B. The Nature of Navigation: Some Difficult Cognitive Issues in Automatic Vehicle Navigation. **IEEE Explore**. p. 43-48. 1989.
- PETERSON, M. P. **Interactive and animated cartography**. Nova Jersey: Prentice Hall, 1995. 257p.
- PUGLIESI, E. A. **Avaliação da Comunicação Cartográfica de um Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel**. 2007. 292p. Tese (Doutorado em Ciências Cartográficas) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente.
- PUGLIESI, E. A.; DECANINI, M. M. S.; TACHIBANA, V. M. Evaluation of the Cartographic Communication Performance of a Route Guidance and Navigation System. **Cartography and Geographic Information Science**. v. 36, n. 2, p. 193-207. 2009.
- PUGLIESI, E. A.; DECANINI, M. M. S. Mapa ou Esquema de Seta: Qual Modalidade os

- Motoristas preferem para Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel? **Boletim de Ciências Geodésicas**. v. 15, n. 1, p. 03-15. 2009a.
- PUGLIESI, E. A.; DECANINI, M. M. S. Construção e Validação de um Simulador de Baixo Custo para Avaliar a Usabilidade de Sistemas de Navegação. **Revista Brasileira de Cartografia**. v. 1, n. 61, p. 27-36. 2009b.
- PUGLIESI, E. A., DECANINI, M. M. S. Projeto Cartográfico e Implementação de Pontos de Referência de Alta Iconicidade em Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel. **Revista Brasileira de Cartografia**. v. 2, n. 61, p. 79-88. 2009c.
- QUARESMA, M. M. R. **Avaliação da Usabilidade de Sistemas de Informação Disponíveis em Automóvel: um estudo ergonômico de sistemas de navegação GPS**. 2007. 334p. Tese (Doutorado em Design) – Departamento de Artes & Design do Centro de Teologia e Ciências Humanas da Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro.
- RANNEY, T. A.; et al. NHTSA Driver Distraction Research: Past, Present, and Future. In: **Proceedings of NHTSA Driver Distraction Internet Forum**, 2000, Rockville: Westat. p. 1-11.
- REAGAN, I; BALDWIN, C. L. Facilitating route memory with auditory route guidance systems. **Journal of Environmental Psychology**. v. 26, n. 2, p. 146-155. 2006.
- REID, G. B.; SHINGLEDECKER, C. A.; EGGEMEIER, F. T. Application of conjoint measurement to workload scale development. In: **Proceedings of the Human Factors Society 25th annual meeting**, 1981, Santa Monica, CA: Human Factors Society. p. 522-526.
- ROCKWELL, T. H. Eye movement analysis of visual information acquisition in driving - An overview. In **Proceedings of the 6th Conference of the Australian Road Research Board**, 1972, Melbourne: Australian Road Research Board. v. 6, p. 316-331.
- ROCKWELL, T. H. Spare visual capacity in driving-revisited. In: GALE, A. G **Vision in vehicles II**. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V, 1988. p. 317-324.
- ROSS, T.; BURNETT, G. E. Evaluating the human-machine interface to vehicle navigation systems as an example of ubiquitous computing. **International Journal of Human-Computer Studies**. v. 55, n. 4, p. 661-674. 2001.
- ROSS, T.; et al. Human factors guidelines for information presentation by route guidance and navigation systems. In: **DRIVE II V2008 HARDIE, Deliverable**, 19. 1995, Loughborough, UK: HUSAT Research Institute.
- ROUSE, W. B.; EDWARDS, S. L.; HAMMER, J. M. Modelling the dynamics of mental workload and human performance in complex systems. **IEEE transactions on systems, man, and cybernetics**. v. 23, p. 1662-1671. 1993.
- SAMMAN, S. N.; STANNEY, K. M. Multimodal Interaction. In: KARWOWSKI, W. **International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors**. 2. ed. University of Louisville, Kentucky, USA: Taylor & Francis, 2006. p. 1202-1206.
- SAUCIER, D.; BOWMAN, M.; ELIAS, L. Sex differences in the effect of articulatory or spatial dual-task interference during navigation. **Brain and Cognition**. p. 346-350. 2003.
- SENA, M. L. Cartographic presentation in navigation and route guidance systems. In: **18th ICA and ACI International Cartographic Conference**, 1997, Stockholm Swedem. v. 2, p. 909-916.
- SHELEIBY, M.; et al. Automatic Map Scaling in Car Navigation Systems Using Context-aware Computing. **World Applied Sciences Journal**. v. 3, p. 101-106. 2008.
- SMILEY, A.; BROOKHUIS, K. A. Alcohol, drugs and traffic safety. In: ROTHENGATTER, J. A.; BRUIN, R. A. **Road users and traffic safety**. The Netherlands: Van Gorcum, 1987. p. 83-105.
- SRINIVASAN, R.; et al. Effect of in-vehicle driver information systems on driving performance: simulation studies. In: **Proceedings of First World Congress on Applications of Transport Telematics and Intelligent Vehicle Highway Systems**, 1994, Boston: Artech House. v. 4, p. 1717-1725.
- SRINIVASAN, R.; JOVANIS, P. P. Effect of selective in-vehicle route guidance systems on driver

- reaction times. **Human Factors**. v. 39, n. 2, p. 200-215. 1997.
- STANTON, N. A. Human Factors and Ergonomics Methods. In: STANTON, N. A.; et al. **The handbook of human factors and ergonomics methods**. United States of America: CRC Press LLC, 2005a. Cap. 1. p. 1-1; 1-9.
- STANTON, N. A. Behavioral and Cognitive Methods. In: STANTON, N. A.; et al. **The handbook of human factors and ergonomics methods**. USA: CRC Press LLC, 2005b. Cap. 27. p. 27-1; 27-8.
- STANTON, N. A.; BABER, C.; YOUNG, M. Observation. In: STANTON, N. A.; et al. **The handbook of human factors and ergonomics methods**. USA: CRC Press LLC, 2005b. Cap. 28. p. 28-1; 28-7.
- STANTON, N. A.; et al. **Human Factors Methods: A Practical Guide for Engineering and Design**. Great British: Ashgate Publishing Company, 2005a. 571p.
- STANTON, N. A.; et al. **The handbook of human factors and ergonomics methods**. USA: CRC Press LLC, 2005b. 764p.
- SSTUTTS, J. C.; et al. Distractions in everyday driving. **Report prepared for AAA Foundation for Traffic Safety**, 2003, Washington, DC. 104p.
- SUZUKI, K.; JANSSON, H. An analysis of driver's steering behaviour during auditory or haptic warnings for the designing of lane departure warning system. **JSAE Review**. v. 24, p. 65-70. 2003.
- TSIMHONI, O.; GREEN, P. Visual Demand of Driving and the Execution of Display- Intensive, In-Vehicle Tasks. In: **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 45th Annual Meeting**, 2001, Santa Monica, CA. p. 1586-1590.
- TRBOVICH, P. L.; LINDGAARD, G.; DILLON, R. F. Cybercartography: A Multimodal Approach. In: TAYLOR, F. **Cybercartography: Theory and Practice**, Elsevier. Amsterdam, 2005. p. 257-284.
- TVERSKY, B.; MORRISON J. B.; BETRANCOURT, M. Animation: can it facilitate? **International Journal of Human-Computer Studies**. v. 57, p. 247-262. 2002.
- UANG, S. T.; HWANG, S. L. Effects on driving behavior of congestion information and of scale of in-vehicle navigation systems. **Transportation Research Part**. v. 1, n. 11, p. 423-438. 2003.
- VAN ERP, J. B. F.; VAN VEEN, H. A. H. C. Vibrotactile in-vehicle navigation system. **Transportation Research Part F**. v. 7, p. 247-256. 2004.
- VERWEY, W. B. Further evidence for benefits of verbal route guidance instructions over symbolic spatial guidance instructions. In: **Proceedings of Vehicle Navigation and Information Systems Conference**, 1993, Piscataway, NJ: Institute of Electrical and Electronics Engineers. p. 227-231.
- WALKER, G. Verbal Protocol Analysis. In: STANTON, N. A.; et al. **The handbook of human factors and ergonomics methods**. USA: CRC Press LLC, 2005. Cap. 30. p. 30-1; 30-9.
- WANG, Y.; MENG, H. A Multi-Scale Road Visualization Method In Navigable Database. In: **XXXVII Congress ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, 2008, Beijing, China. p. 961-966.
- WERNER, S.; JAEGER, M. Intrinsic Reference Systems in Map Displays. In: **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society in 46th Annual Meeting**, 2002, Santa Monica, CA. p. 1628-1632.
- WICKENS, C. D. **Engineering Psychology and Human Performance**. 2. ed. New York: Harper Collins, 1992. 573p.
- WICKENS, C. D.; et al. **An Introduction to Human Factors Engineering**. 2. ed. California: Pearson Prentice Hall, 2004. 587p.
- WIERWILLE, W. W.; EGGEMEIER, F. T. Recommendation for mental workload measurement in a test and evaluation environment. **Human Factors**. v. 35, p. 263-281. 1993.
- WILSON, G. F.; EGGEMEIER, F. T. Psychophysiological assessment of workload in multi-task environments. In: DAMOS, D. L. **Multiple-task performance**. London: Taylor & Francis, 1991. p. 329-360.
- WILSON, G. F.; EGGEMEIER, F. T. Mental Workload Measurement. In: KARWOWSKI, W. **International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors**. 2. ed. University of Louisville,

Kentucky, USA: Taylor & Francis, 2006. p. 814-817.

YOUNG, M. S.; STANTON, N. A. Applying Interviews to Usability Assessment. In: STANTON,

N. A.; et al. **The handbook of human factors and ergonomics methods**. USA: CRC Press LLC, 2005. Cap. 29. p. 29-1; 29-6.