

SINALIZAÇÃO DE FAIXAS REVERSÍVEIS: CONTRIBUIÇÕES ADVINDAS DE UM SIMULADOR DE DIREÇÃO

João Batista da Silva Queiroz

Instituto Federal de Educação
Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN

RESUMO

Este artigo apresenta os resultados alcançados em testes de usabilidade da sinalização de trânsito regulamentada no Brasil, aplicável às faixas de tráfego reversíveis, utilizando um simulador de direção e de sinalização, o qual proporcionou o tráfego virtual seguro de motoristas por pistas com diferentes configurações de sinalização: horizontal, vertical, semafórica e dispositivos auxiliares. Utilizando medidas de usabilidade, testes de compreensão e modelos de processamento da informação na mente humana, foram obtidos resultados que trazem importantes contribuições para a elevação da eficácia, da eficiência e da satisfação do conjunto de elementos responsáveis por alertar, regulamentar e indicar o uso adequado das faixas reversíveis. A confirmação da influência da familiaridade na compreensão dos sinais de trânsito, resultou na proposição do uso de semáforos na sinalização de subzonas de transição de tráfego opcional, quando a faixa reversível estiver aberta, e o uso de cones nas subzonas obrigatórias, quando a faixa reversível estiver fechada.

ABSTRACT

This paper presents the results achieved in usability tests of regulated traffic signs in Brazil, applicable to reversible traffic lanes, using a direction and signaling simulator, which provided safe virtual traffic of lane drivers with different signaling configurations: horizontal, vertical, semaphore and auxiliary devices. Using usability measures, comprehension tests and information processing models in the human mind, results were obtained that bring important contributions to increase the effectiveness, efficiency and satisfaction of the set of elements responsible for alerting, regulating and indicating the appropriate use of reversible lanes. Confirmation of the influence of familiarity on the understanding of traffic signals resulted in the proposition of using semaphores to signal optional traffic transition subzones, when the reversible lane is open, and the use of cones in the obligatory subzones, when the reversible lane is closed.

1. INTRODUÇÃO

Adotada como medida mitigadora aos constantes congestionamentos das grandes cidades do Brasil e do mundo, as faixas reversíveis promovem um uso otimizado das vias existentes, mostrando-se uma boa solução a curto prazo. Contudo, na reversão, uma via de sentido único de circulação pode se transformar numa via de sentido duplo e, com isso, ocorre o incremento do risco de colisões, principalmente a frontal. A sinalização tem papel fundamental para evitar esse tipo de acidente, é através dela que o usuário será informado qual o sentido de tráfego em operação em determinado momento.

A compreensão da mensagem que cada sinal de trânsito transmite e a obediência a esta mensagem é um dos princípios para a circulação segura de motoristas, motociclistas, ciclistas e pedestres pelas vias de trânsito. As falhas na interpretação da sinalização de trânsito podem causar desde pequenas colisões a acidentes fatais.

No caso das faixas reversíveis, a falta de compreensão dos sinais de controle pode levar o motorista a trafegar pela contramão, o que representa um risco iminente de colisão frontal contra outro veículo. Este risco é maior entre os motoristas que nunca trafegaram por uma faixa reversível, os quais desconhecem, na prática, o significado da reversão de sentido de fluxo.

Quanto à realização de testes de compreensão, uma forma simplificada de se obter o índice de aceitação de um determinado símbolo é utilizando a metodologia constante na norma ISO 9186-2001, na qual cada resposta é categorizada numa escala de 1 a 7 e a ela é atribuída uma

pontuação de 0 a 6 pontos, a soma da pontuação em todas as categorias é dividida pela pontuação máxima possível. (INTERNATIONAL STANDARD, 2001).

Por representar a forma como as informações são processadas na mente humana, o modelo teórico da psicologia cognitiva *Communication - Human Information Processing* (C-HIP) também é muito utilizado nos estudos de Ergonomia Informacional, especialmente na sinalização de advertências. (WOGALTER, 2006).

No Brasil, o sistema de sinalização de faixas reversíveis regulamenta apenas as marcas pintadas sobre o pavimento e os sinais luminosos dos semáforos, não sendo especificadas placas ou outros dispositivos. Contudo, a prática nacional revela um uso maior de cones do que de semáforos, além do uso de placas de advertência e de regulamentação sem a devida padronização.

Utilizando um simulador de direção veicular, especialmente desenvolvido para esta pesquisa, foram realizados testes de usabilidade a fim de avaliar a sinalização regulamentada no Brasil. Os elementos foram inseridos em ambientes virtuais e percorridos pelos usuários, experimentando horários com a faixa reversível aberta e com a reversível fechada. A simulação de condução permitiu analisar um motorista real em um tráfego simulado, sendo possível determinar o efeito de diferentes condições de tráfego em um motorista real. Se por um lado as interações entre os motoristas são limitadas, por que o tráfego circundante é simulado, por outro lado é possível simular condições específicas que se deseja analisar, inclusive situações críticas de segurança. (MÜHLBACHER et. al., 2011).

As limitações verificadas quando se utilizam simuladores estão associadas à fidelidade dos estímulos visuais, sonoros, de vibração e movimento quando comparados com o mundo real, dentre eles, “o visual é o mais importante para o condutor porque através da visão percebe a maioria da informação, tal como a posição e a velocidade dos objetos no entorno ou sua própria velocidade.” (RANGEL, 2015, p. 45). Quanto à fidelidade psicológica, é importante fornecer instruções que motivem o participante a percorrer o ambiente simulado como percorreria o real e criar um sistema de penalidades correspondentes ao mundo real, incorporando credibilidade à simulação. (RANNEY, 2011).

Sobre a usabilidade, ela se estende a qualquer sistema ou produto, é um atributo de qualidade relacionado à facilidade do uso de algo, refere-se à rapidez com que os usuários podem aprender a usar alguma coisa, a eficiência deles ao usá-la, o quanto lembram daquilo, seu grau de propensão a erros e o quanto gostam de utilizá-la. (NIELSEN e LORANGER, 2007).

Os dados coletados durante o uso do simulador e através dos questionários pré e pós-teste foram utilizados para medir a usabilidade e identificar os gargalos no processamento da informação na mente humana, além de verificar a influência das variáveis pessoais dos participantes.

2. SINALIZAÇÃO DE FAIXAS REVERSÍVEIS

Em geral, a sinalização de faixas reversíveis é composta por sinalização vertical (placas), horizontal (pintura no pavimento), semafórica (sinais luminosos) e, se necessário, dispositivos auxiliares (cones ou barreiras). Estes últimos requerem atuação de agentes de trânsito na montagem e desmontagem da operação de reversão.

Nos EUA, as faixas reversíveis são delimitadas por pintura no pavimento de linhas duplas amarelas seccionadas (sinalização horizontal) e placas de regulamentação que alertam para o início, fim, horário e manobras permitidas (sinalização vertical). Também podem ser utilizados os seguintes sinais semafóricos: seta para baixo verde constante - significa que ao usuário da pista é permitido dirigir na faixa sobre a qual a indicação de sinal de seta está localizada; “x” amarelo constante - significa que o usuário da pista deve se preparar para desocupar a faixa porque uma mudança de controle da faixa está sendo processada; “x” vermelho constante - significa que o usuário da estrada não está autorizado a utilizar a faixa. (FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 2009).

Na Europa, o projeto *EasyWay* incorpora o gerenciamento dinâmico de faixas de tráfego através de Sistema de Mensagens Variáveis (*Variable Message Signs - VMS*) exibindo um sinal (limite de velocidade, seta verde, seta inclinada amarela/branca, "final de restrição", ou cruz vermelha) acima de cada faixa. A seta inclinada amarela/branca deve ser exibida antes do encerramento da pista (cruz vermelha) no caso em que há o suficiente VMS em série antes e a seta inclinada amarela/branca não deve apontar para uma faixa que aparece fechada no próximo pórtico de sinais. (DE BIASI, 2012).

Na China, além das marcações no pavimento e sinais semafóricos é regulamentada uma placa de advertência com pictograma específico para uso nas faixas reversíveis. (REPÚBLICA POPULAR DA CHINA, 2009).

No Brasil, o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito (BRASIL, 2014), contempla as sinalizações horizontais, verticais e semafóricas em manuais específicos. No Manual de sinalização horizontal é regulamentada a Marcação de Faixa Reversível (MFR) no contrafluxo, são linhas duplas seccionadas com igual espaçamento entre elas pintadas na cor amarela, as linhas devem ser colocadas nos limites externos das faixas sujeitas à reversão de sentido, as faixas internas remanescentes são marcadas de modo usual. As dimensões da MFR, tais como largura e comprimento do traço, cadência e espaçamento dependem da classificação da via: urbana, de trânsito rápido e rodovia.

Tratando da sinalização vertical, há a recomendação de que a MFR deve estar sempre acompanhada de sinalização indicativa de sua existência e dos horários de uso em cada sentido. E, o Manual de sinalização vertical de advertência prevê o uso de Sinalização especial de advertência em situação em que não é possível o emprego dos 69 sinais estabelecidos. (BRASIL, 2014). Quanto ao uso de sinais de regulamentação, também resta como referência para a sinalização de faixas reversíveis o princípio de utilização do sinal R-32 (circulação exclusiva de ônibus), o qual pode vir acompanhado de informação complementar tal como horários, dias da semana, tipo de linha ou serviço, e seta de controle de faixa. Além das placas de regulamentação e advertência, podem ser utilizadas as educativas, as quais têm a função de educar o usuário da via quanto ao comportamento adequado e seguro no trânsito, através de mensagens que reforçam normas gerais de circulação e conduta.

Em relação aos sinais semafóricos, a faixa reversível não estará aberta no sentido de quem vê a indicação semafórica na cor vermelha com o símbolo “x”, apenas quando houver a indicação de uma seta verde orientada para baixo. Já o uso de cones de borracha, ou outros dispositivos similares para separação dos fluxos, há apenas a recomendação de serem

utilizados em pontos específicos, para garantir segurança à operação. (BRASIL, 2014).

3. MÉTODOS

A pesquisa foi estruturada a partir de um teste de usabilidade que requereu, primeiramente, o desenvolvimento de um simulador de direção que permitisse variar a sinalização das faixas reversíveis em uma determinada pista. O *software*, ou jogo de condução, foi desenvolvido na versão 5.1.1f1 do Unity 3D© e recebeu o nome de SimSin – Simulador de Sinalização para testes de usabilidade.

Além do simulador, foram utilizados questionários para a coleta de dados, resultando em dados objetivos e subjetivos. Os dados objetivos estão associados ao registro automático das infrações de trânsito, cometidas durante os testes no simulador. Já os dados subjetivos dizem respeito às verbalizações e relatos dos participantes gravados durante os testes e suas opiniões externadas nos questionários após os testes. A pesquisa tem uma abordagem qualitativa, tendo em vista que os dados objetivos são dependentes dos aspectos subjetivos, envolvidos na tomada de decisão diante da sinalização.

O teste de usabilidade foi realizado em ambiente virtual controlado, mas permitiu a interação dos motoristas com outros veículos e com o sistema de sinalização de controle de faixas reversíveis simulado. O foco da pesquisa foi testar e comparar dois tipos de sinalização de controle das faixas reversíveis, o primeiro por semáforos e o segundo por cones, ambos acompanhados das respectivas sinalizações horizontais e verticais.

O teste seguiu os seguintes protocolos: ajustes pessoais como distância em relação ao volante e aos pedais; adaptação ao sistema, controles de direção e de velocidade; teste em ambiente de trânsito com sinalização de rotina em pista de controle; teste em ambiente de trânsito com faixas reversíveis em pista simples; e em pista dupla. Nos ambientes com faixas reversíveis foram tomadas duas tarefas para avaliação da usabilidade: tarefa 1 - seguir a sinalização da faixa reversível (aberta e fechada), em especial não trafegar quando proibido o acesso; tarefa 2 - seguir a orientação verbal de usar a faixa reversível (aberta), ou não usar se o participante já havia usado espontaneamente na primeira passagem.

O escopo de simulação incluiu elementos de sinalização existentes e projetados. Os elementos existentes tiveram como base os modelos reais adotados para os casos de pistas simples e dupla, e os projetados seguiram o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), manuais e resoluções do CONTRAN/DENATRAN.

A população da presente pesquisa foram os motoristas norte-rio-grandenses portadores da Carteira Nacional de Habilitação, categoria B em diante, habilitados a dirigirem veículos pelo território brasileiro. Dentro da amostragem por quotas, foi estabelecida uma quota para os motoristas profissionais, cuja experiência de condução, inclusive em outras cidades, possibilitou uma coleta diferenciada de dados em relação aos não profissionais. A finalidade das demais quotas (gênero, faixa etária e tempo de habilitação) foi, inicialmente, garantir a representatividade proporcional da população de motoristas brasileiros, no caso específico os potiguares. O número de participantes (26), está dentro das diretrizes definidas por Nielsen (1993, p. 224) que recomenda, em etapas finais de desenvolvimento e em estudos de acompanhamento (pós-ocupação), testes de usabilidade com pelo menos 20 participantes.

As variáveis tomadas como medidas para a avaliação da usabilidade foram: eficácia - infrações de acesso à faixa reversível, quando ausentes eficaz; eficiência - infrações pontuadas conforme o CTB e o tempo de percurso, quanto menor a média de pontos e o tempo maior a eficiência; e satisfação - preferência dos participantes a elementos da sinalização, quando opinião coincidente com o elemento testado, satisfatório. O teste foi adequado à estrutura e ao fluxograma apresentado na NBR 9241-2011 (ABNT, 2011), esquematizado na figura 1.

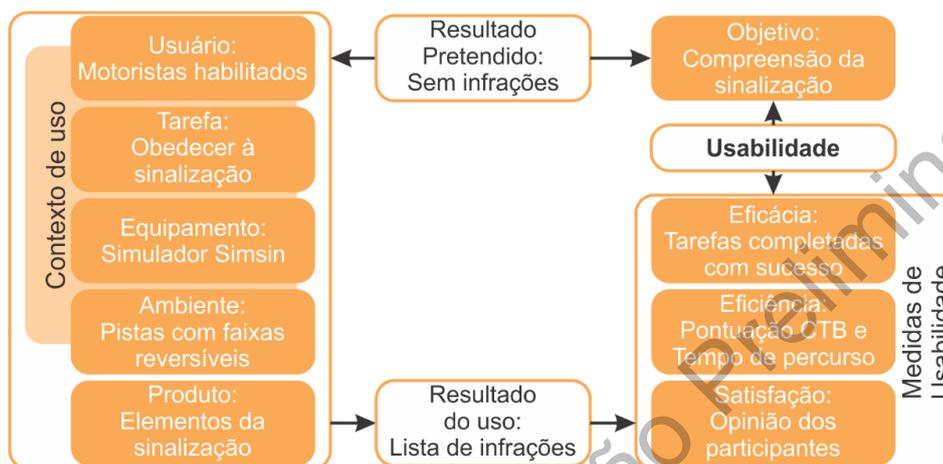


Figura 1: Estrutura adotada para o teste de usabilidade.

A validação do simulador tomou como medidas as reações verbalizadas pelos participantes durante os testes (imersão na interação com outros veículos), o relato de dificuldades dos participantes ao final de cada etapa (adaptação ao controle do veículo), o tempo de percurso (coerente com a velocidade e a distância) e as infrações cometidas (influência da simulação). Os condutores também foram avaliados quanto a sua desobediência à sinalização através da recorrência de infrações graves e/ou gravíssimas na pista de controle e nas demais pistas.

A montagem do simulador de direção incluiu uma mesa para apoio do televisor e fixação do volante do joystick, uma poltrona e uma base para apoio e regulação dos pedais do joystick. O volante e, conseqüentemente, a cadeira e os pedais foram posicionados no 1/3 da tela a partir da esquerda, guardando relação com a posição da câmera dentro do veículo simulado. A simulação foi projetada na resolução natural 1600 x 900 pixels, dessa forma, foi obtida uma resolução espacial de 32 pixels/grau na horizontal e 30 pixels/grau na vertical, valor acima do mínimo exigido para um simulador de autoescola (20 pixels/grau).

A distância entre o televisor e o volante permitiram um afastamento maior que 700mm entre o olho do participante e a tela, valor mínimo exigido para um simulador de autoescola, embora não seja esse o objetivo. Dessa forma, os ângulos de visualização que os participantes tinham em relação à tela de projeção do televisor são maiores que 50° na horizontal e maiores que 30° na vertical. No entanto, a visualização foi limitada pelo campo de visão (*Field of view*) da câmera posicionada dentro do veículo, configurada para 25°. Este ângulo garante uma maior proximidade da fôvea virtual e, conseqüentemente, uma melhor acuidade visual por parte do participante, como explicado por Ware (2004).

As variáveis utilizadas para compor os estágios do modelo C-HIP (WOGALTER, 2006) e, assim, identificar as falhas no processo de informação da sinalização das faixas reversíveis, estão relacionadas na figura 2.

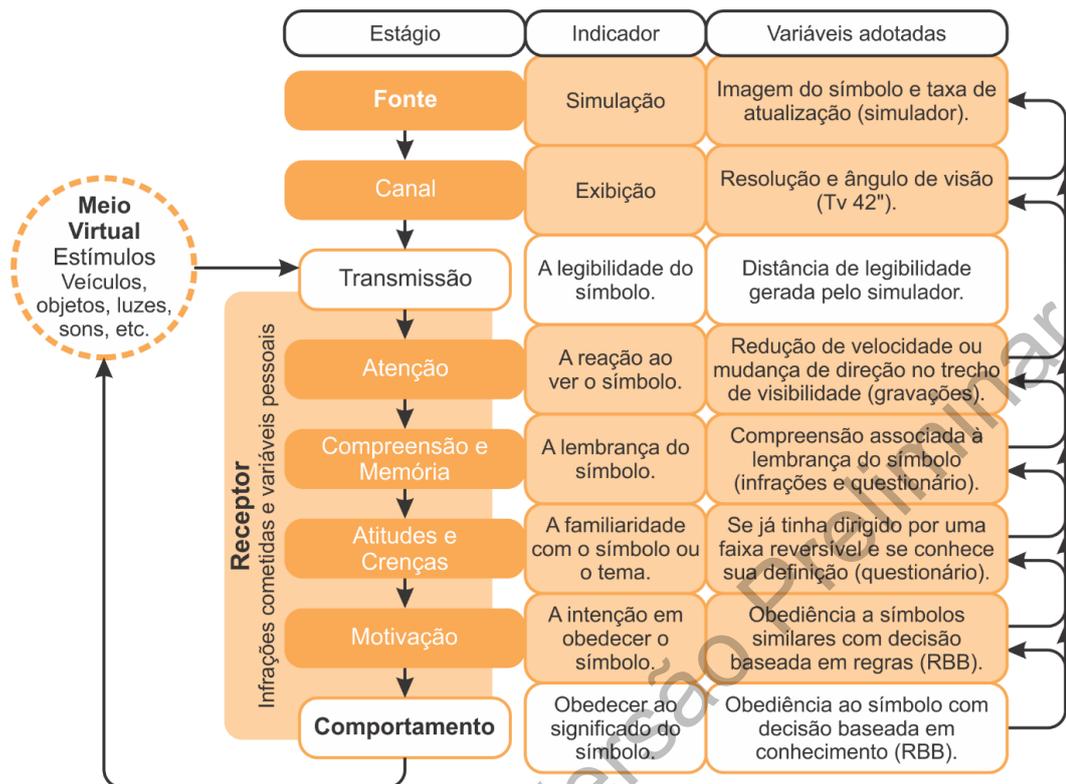


Figura 2: Modelo C-HIP adotado para avaliação de placas e sinais luminosos.

A coleta de dados da pesquisa aqui apresentada, ocorreu entre os dias 21 e 24 de setembro de 2015. Os dados foram coletados em três momentos: antes, durante e depois dos testes no simulador. Elaborado como formulário eletrônico do Google Drive, o questionário pré-teste continha o Termo de Consentimento Livre Esclarecido e campos de identificação do participante.

Ao final de todas as etapas de teste no simulador, os participantes responderam a questões que buscaram verificar a compreensão dos elementos de sinalização testados (semáforos, placas, marcas no pavimento e cones). Este questionário foi utilizado para coletar dados que permitissem avaliar a memória, a compreensão, o entendimento e a satisfação de alguns elementos da sinalização simulada.

Para minimizar a influência da aprendizagem durante os testes, foram escolhidas 2 sequências para realização dos testes, de modo que cada participante testou alternadamente os dois tipos de sinalização. Quando o participante testava a sinalização por semáforos na pista simples, na pista dupla testava por cones, e vice-versa. Cada pista foi percorrida nos dois sentidos (ida e volta) de forma a testar a sinalização aberta e fechada da faixa reversível. Cada participante percorreu 8 etapas em 13 minutos, em média, tempo no qual foram realizadas as tarefas de adaptação (livre) na Pista de controle e as de usabilidade (1 e 2) nas pistas com faixas reversíveis (FR).

Para estabelecer o escopo de simulação, foram consideradas as definições de fidelidade relacionadas às experiências física e psicológica-cognitiva, citadas por Liu et. al. (2009). Assim, a simulação buscou atingir os seguintes propósitos: realismo visual que permita a

visualização de placas e de outros elementos de sinalização à velocidade de até 60km/h (distância de visibilidade e legibilidade, nitidez, resolução, frequência FPS); realismo físico que permita o controle do veículo dirigido (*player*), incluindo elementos como aceleração, desaceleração, inércia, fricção e gravidade; realismo comportamental que permita a interação com veículos dotados de inteligência artificial (A.I.) que trafeguem de forma autônoma pelo ambiente virtual.

Para a modelagem das pistas com faixas reversíveis, dentre as diversas configurações de pistas e de reversão de faixas operadas no Brasil, foram tomadas como modelo real as seguintes: para pista simples, a Av. Lúcio Costa no Rio de Janeiro que opera com reversão 1:2 para 2:1; para pista Dupla, a Ponte Joatinga (reversível - Ponte da Joatinga - Túnel do Joá - Elevado das Bandeiras - Túnel de São Conrado) também no Rio de Janeiro que opera com reversão 2:2 para 3:1. A geometria adotada nas pistas previu, nas curvas circulares, raios acima dos mínimos exigidos para o projeto geométrico de rodovias rurais (BRASIL, 1999), ou seja, os raios ficaram acima de 135m, considerando-se uma superelevação de 6% e a velocidade diretriz de 60km/h.

Quanto às diversas formas encontradas no território brasileiro de sinalizar as faixas reversíveis, foram tomados como modelo real os elementos: para sinalização de controle por cones - as placas, a canalização por cones e as marcas no pavimento encontradas nas avenidas Gov. Carlos Lacerda (Linha Amarela) e Lúcio Costa; para sinalização de controle por semáforos - a sinalização semafórica encontrada na Av. Lauro Sodré, especificamente, os sinais e o suporte de montagem do grupo focal. A figura 3 ilustra a pista simples simulada, apresentando um cenário de controle de tráfego por semáforos e outro por cones.



Figura 3: Sinalização de controle da faixa reversível por semáforos (esq.) e por cones (dir.).

Para coleta de dados no simulador, foi criado um sistema de penalidade correspondente ao mundo real, como recomendado por Ranney (2011). As infrações decorrentes da circulação proibida e das colisões cometidas pelos participantes foram detectadas e exibidas ao final de cada etapa de teste.

Utilizando elementos de Interface do Usuário (UI), foram criadas as interfaces direcionadas aos participantes e as direcionadas ao pesquisador. Aos participantes, inicialmente, era exibida uma caixa de mensagem com as instruções “acelere” e “utilize a faixa reversível”, além de informações sobre a distância do percurso. Ao pesquisador, era exibido um menu de personalização, no qual era possível a seleção do cenário para cada etapa do teste de usabilidade, combinando pistas, destino, horário, tipo de sinalização de controle e tipo de placas.

4. RESULTADOS

Dos 26 participantes, 14 fizeram a sequência SC, semáforo na Pista Simples e cone na Pista dupla, e 12 a sequência CS, cone na Pista simples e semáforo na Pista dupla. Dessa forma, todos experimentaram as sinalizações por semáforos e por cones, no entanto, a pista simples foi testada mais com semáforos (14) do que com cones (12) e a pista dupla mais com cones (14) do que com semáforos (12).

No geral, a execução da tarefa 1 (não entrar na FR fechada) quando sinalizada por cones teve 100% de eficácia, já que 26/26 participantes não cometeram infrações relativas ao controle da FR, enquanto quando sinalizada por semáforos a eficácia caiu para 69,23% (18/26). Na execução da tarefa 2 (usar a faixa reversível aberta), a sinalização por cones teve apenas 23,08% de eficácia com 6/26 passagens pela FR e a sinalização por semáforos teve 42,31% (11/26).

Analisado o tempo gasto no percurso e a pontuação de penalidade atribuída conforme o CTB na tarefa 1, a sinalização por cones também foi mais eficiente. No tráfego pela pista simples, os participantes que testaram a sinalização por semáforos foram 14 segundos mais lentos e penalizados com 2,7 pontos a mais do que os participantes que testaram a sinalização por cones.

A divergente eficácia da sinalização por semáforos, menor na tarefa 1 e maior na tarefa 2, requereu uma investigação mais aprofundada, a fim de identificar qual estágio de processamento da informação do modelo C-HIP adotado poderia estar influenciando tal resultado. Os dados apurados e tratados, exibidos na figura 3, revelaram que a placa educativa “aberta, fechada” despertou menos atenção e foi menos lembrada do que os sinais semaforicos. Contudo, a falta de familiaridade se apresenta como a causa principal do comportamento dos motoristas que entraram na FR fechada.

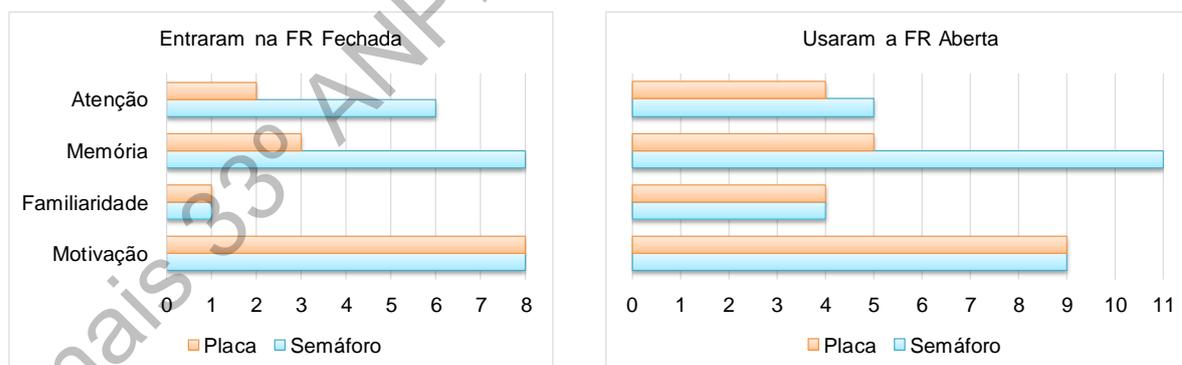


Figura 3: Índices dos estágios do Modelo C-HIP entre os participantes da pesquisa.

Também foi analisada a satisfação dos usuários que completaram as tarefas 1 e 2 quanto aos elementos de sinalização: cone, semáforo e placas. As placas em questão são a “h” (reversível a 100m, como placa de entrada) e a “g” (saída a 100m) propostas no controle da FR por semáforo, cuja lembrança foi verificada no questionário pós-teste. Na tarefa 1, os dados revelam uma satisfação maior com relação ao semáforo como elemento de sinalização de entrada e, placas e cones como elementos de saída. Considerando apenas os dados dos participantes que completaram a tarefa 2, o semáforo e a placa têm uma maior satisfação como sinalização de entrada e a placa como elemento de saída.

Para verificar a compreensão dos participantes quanto ao significado da MFR, foi utilizada a metodologia constante na ISO 9186-2001 (INTERNATIONAL STANDARD, 2001), aplicando a pontuação conforme a categoria de acerto no questionário pós-teste. Entre os 26 participantes, o nível de aceitação obtido foi de 54,5% (85/156 pontos), resultado abaixo dos 66% recomendados pela norma.

5. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A maior eficiência dos cones, quanto à não entrada na faixa reversível quando fechada, pode ser explicada pela sua familiaridade, seu uso é comum no trânsito e esse conhecimento prévio minimiza a sobrecarga da memória operacional (SWELLER, 1994), demandando um tempo menor para a tomada de decisão. O fato dos participantes que não completaram a tarefa 1 (os que entraram na faixa reversível fechada) terem obedecido ao semáforo tradicional da pista de controle, também reforça que a falta de familiaridade identificada no modelo C-HIP colaborou para a incompreensibilidade do símbolo “x” da sinalização semafórica.

O sinal seta verde para baixo não teve um bom desempenho na execução da tarefa 2 na pista dupla, na qual não foi aplicada a placa indicativa “reversível” junto ao grupo focal. Os melhores resultados na pista simples indicam que essa placa elevou o entendimento do significado da faixa reversível e, portanto, reforçou a compreensão do sinal como controle da faixa reversível.

A total eficácia do cone na tarefa 1 não refletiu na compreensão do significado da faixa reversível, conforme resultado do questionário pós-teste. Então, os participantes simplesmente seguiram a canalização composta pelos cones, sem compreenderem que a faixa reversível estava em operação e fechada no sentido de tráfego deles.

O fato de o circuito de tráfego dos veículos autônomos não passar pela faixa reversível descarta a influência social (DUARTE et. al., 2010) desses veículos na execução das tarefas 1 e 2, pois os participantes não tinham como seguir os veículos autônomos nas faixas reversíveis. As variáveis pessoais também não demonstraram influência nos resultados do teste de usabilidade.

Em resumo, observamos que para operações de bloqueio, os cones são mais familiares do que o sinal vermelho em forma de “x” e, por isso, apresentam uma eficácia maior. Já para operações de acesso, a familiaridade com o sinal verde em forma de seta garante uma eficácia maior, já que é comum encontrá-lo mesmo que em outras direções: para direita ou para esquerda. Essa observação corrobora com a avaliação citada por Shinar et. al. (2003), que concluiu que os sinais mais frequentes, mais familiares, são mais susceptíveis de serem compreendidos. Dessa forma, sob o ponto de vista da segurança viária, sugerimos que as zonas definidas por Lathrop (1972) sejam subdivididas em subzonas de transição e de segurança. As subzonas de segurança são trechos de tráfego proibido que separam duas subzonas de transição, como recomendado no projeto *Easy Way* (DE BIASI, 2012).

As subzonas de transição de faixas de tráfego, serão aqui classificadas como obrigatória e opcional. Propomos que as subzonas opcionais, sejam sinalizadas por semáforos, enquanto as subzonas obrigatórias, sejam sinalizadas por uma barreira de cones ou outros dispositivos auxiliares similares. Essas subzonas e sua sinalização, aqui definidas conforme a familiaridade dos elementos, estão esquematizadas na figura 4. Na adoção de um sistema

automatizado, os balizadores escamoteáveis são uma alternativa aos cones, podendo atuar em sincronia com os semáforos.

Controle	----	Semáforos	Linhas MFR	Barreira de cones	Placas
Nome	Dispersão	Desvio de Saída	Faixas Revertidas	Desvio de Entrada	Aproximação
Zona	5	4	3	2	1
Normal	[Diagrama de zona normal]				
Reversível	[Diagrama de zona reversível]				
Normal	[Diagrama de zona normal]				
Normal	[Diagrama de zona normal]				
Zona	1	2	3	4	5
Nome	Aproximação	Desvio de Entrada	Faixas Revertidas	Desvio de Saída	Dispersão
Controle	Placas	Semáforos	Linhas MFR	Barreira de cones	----
Sub zonas	Transição, mudança de faixa obrigatória		Segurança, tráfego proibido		
	Transição, mudança de faixa opcional				

Figura 4: Definição de subzonas e sua respectiva sinalização de controle.

Complementarmente, propomos que as pistas simples e duplas configuradas conforme as simuladas neste trabalho e que operam faixas reversíveis, sejam sinalizadas com placas de advertência e regulamentação, considerando-se a situação mais perigosa: faixa reversível fechada. A figura 5 ilustra os elementos de sinalização recomendados e o posicionamento de cada um na pista simples com faixa reversível.

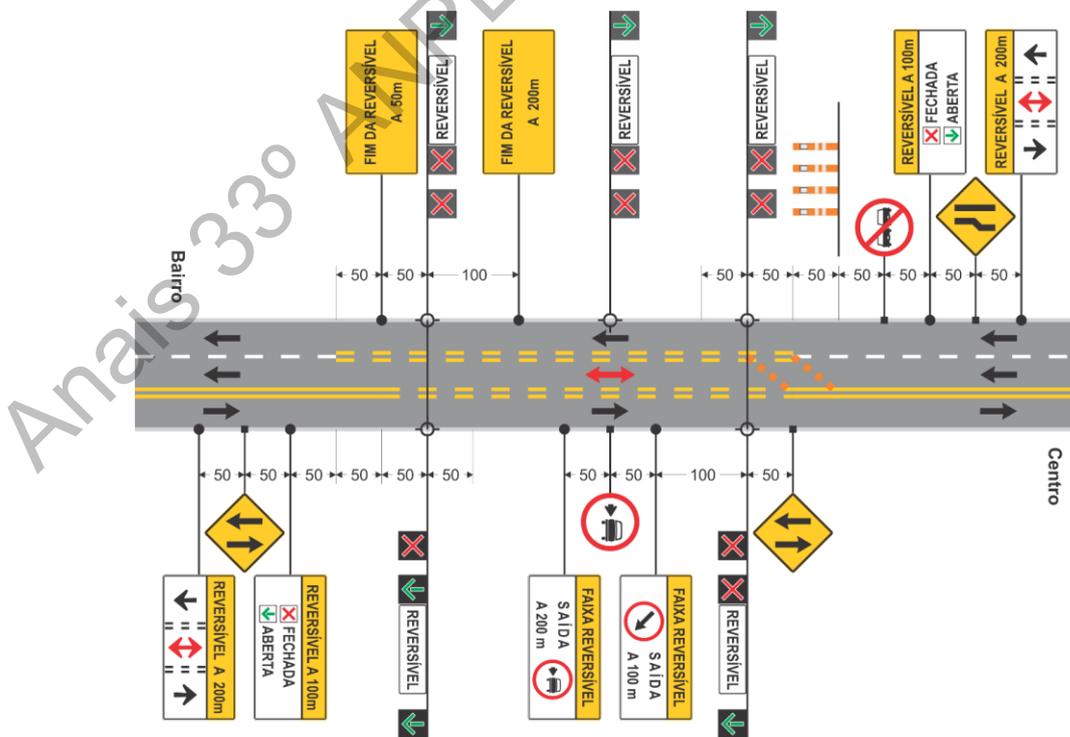


Figura 5: Recomendação para sinalização de faixa reversível em pista simples.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), pela disponibilidade de ambiente e equipamentos para os testes de usabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2011) *NBR 9241-11: Requisitos ergonômicos para trabalho de escritórios com computadores: orientações sobre usabilidade*. Rio de Janeiro: [s.n.].
- BRASIL (1999) Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. *Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais*, Rio de Janeiro, 1999. 195 p.
- _____. (2014) Conselho Nacional de Trânsito. *Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito*, Brasília.
- De Biasi, I. (2012) *Traffic Management Services Dynamic Lane Management: Deployment Guideline*. [S.l.]: [s.n.], 53 p.
- Duarte, E. et. al. (2010) Virtual Reality and ITS Potential for Evaluating Warning Compliance. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, p. 1-12.
- FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (2009) *Manual on Uniform Traffic Control Devices - MUTCD*. Washington: U. S. Department of Transportation, 816 p.
- INTERNATIONAL STANDARD (2001) *ISO 9186: Graphical symbols: Test methods for judged comprehensibility and for comprehension*. [S.l.]: [s.n.].
- Lathrop, W. H. (1972) Reversible Roadway Controls. *Traffic Quarterly*, v. 26, n. 1, p. 133-147.
- Liu, D. et al. (2009) Simulation Fidelity. In: VINCENZI, D. A., et al. *Human Factors in Simulation and Training*. Boca Raton: Taylor & Francis, cap. 4, p. 61-73.
- Mühlbacher, D. et al. (2011) The multi-driver simulator – a new concept of driving simulation for the analysis of interactions between several drivers. In: WAARD, D. D., et al. *Human Centred Automation*. Maastricht: Shaker Publishing, p. 147-158.
- Nielsen, J. (1993) *Usability Engineering*. Cambridge: AP Professional.
- Nielsen, J.; Loranger, H. (2007) *Usabilidade na Web: [projetando websites com qualidade]*. Tradução de Edson Furmankiewicz e Carlos Schafranski. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Rangel, M. A. C. (2015) *Análise da percepção da sinalização vertical por parte do condutor, utilizando ambientes simulados de direção: um estudo de caso na rodovia BR-116*. São Carlos: Universidade de São Paulo, 175 p.
- Ranney, T. A. (2011) Psychological Fidelity: Perception of Risk. In: FISHER, D. L., et al. *Handbook of Driving Simulation for Engineering, Medicine, and Psychology*. Boca Raton: CRC Press, cap. 9, p. 1-13.
- REPÚBLICA POPULAR DA CHINA (2009) GB-5768.2 Road traffic signs and markings - Part 2: Traffic Signs. In: CHINA, R. P. D. *Mandatory National Standard of the People's Republic of China*. [S.l.]: [s.n.].
- Shinar, D. et al. (2003) Traffic sign symbol comprehension: a cross-cultural study. *Ergonomics*, v. 46, n. 15, p. 1549-1565.
- Sweller, J. (1994) Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, v. 4, p. 295-312.
- Ware, C. (2004) *Information Visualization: Perception for design*. San Francisco: Elsevier.
- Wogalter, M. S. (2006) Communication-Human Information Processing (C-HIP) Model. *Handbook of Warnings*, Mahwah, NJ, p. 51-61,