

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Marília Paula de Araújo Oliveira

**AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO MOTORISTA COMO
FERRAMENTA PARA A REDUÇÃO DE ACIDENTES DE TRÂNSITO
NO BRASIL**

Santa Maria, RS, Brasil
2021

Marília Paula de Araújo Oliveira

**AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO MOTORISTA COMO FERRAMENTA
PARA A REDUÇÃO DE ACIDENTES DE TRÂNSITO NO BRASIL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Fernando Marcuzzo Dotto

Santa Maria, RS
2021

Marília Paula de Araújo Oliveira

**AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO MOTORISTA COMO FERRAMENTA
PARA A REDUÇÃO DE ACIDENTES DE TRÂNSITO NO BRASIL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Aprovado em 10 de março de 2021:

Prof. Fernando Marcuzzo Dotto
(Presidente/Orientador)

Prof. Dra. Tatiana Cureau Cervo
(Avaliador, UFSM)

Prof. Dr. Carlos José Antonio Kummel Félix
(Avaliador, UFSM)

Santa Maria, RS
2021

AGRADECIMENTOS

"If I have seen further, it is by standing upon the shoulders of giants." Isaac Newton, 1675.

Escrevo esses agradecimentos consciente que essa vitória é compartilhada com todos os gigantes que me permitiram chegar a este momento.

Primeiramente agradeço a meus pais, que antes de mais nada me amam incondicionalmente por quem sou. Um amor que transborda os limites do afeto cotidiano e que renuncia ao próprio bem-estar para prover o melhor para o outro. Serei eternamente grata por todos os sacrifícios que os senhores fizeram para permitir que eu e meu irmão pudéssemos realizar todos nossos sonhos.

Ao meu irmão, meu parceiro de infância que sempre me apoiou e dividiu comigo momentos tão importantes. Obrigada por ser meu amigo e me tratar com franqueza, com cuidado e com gentileza.

Ao meu namorado, que desde 2018 é meu porto seguro. Gratidão pela tua compreensão e paciência nos momentos mais difíceis, e pelo estímulo diário para que eu seja cada dia melhor. Sou grata por estarmos juntos, sendo verdadeiros e apoiando um ao outro.

Aos meus amigos, que compartilharam comigo momentos tão importantes de nossas jornadas. Obrigada pela conexão e pela cumplicidade de quem ainda está crescendo junto.

Agradeço o professor Fernando Dotto, que aceitou o desafio de me orientar neste trabalho. Estendo esse agradecimento a todos os professores, desde o ensino básico até o ensino superior, e mentores, pela dedicação que aplicaram durante minha formação.

Por fim, agradeço a Universidade Federal de Santa Maria, que me proporcionou experiências muito mais ricas do que eu imaginava viver ao ingressar no ensino superior. Ao mesmo tempo, agradeço a todos os grupos de atividades extracurriculares que tive o prazer de participar: LEO Clube, AIESEC, Base Júnior e Movimento Empresa Júnior. Obrigada por me mostrarem o impacto que posso gerar através do meu trabalho.

RESUMO

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO MOTORISTA COMO FERRAMENTA PARA A REDUÇÃO DE ACIDENTES DE TRÂNSITO NO BRASIL

AUTORA: Marília Paula de Araújo Oliveira
ORIENTADOR: Fernando Marcuzzo Dotto

Nos últimos vinte anos houve uma significativa redução no número de acidentes de trânsito e na quantidade de óbitos em vias brasileiras; todavia as estatísticas seguem preocupantes. Dessa forma, se faz necessário buscar métodos inovadores para a criação de novas soluções com a finalidade de alcançar maiores impactos. Visando contribuir para essa área de estudo, a principal temática deste trabalho é avaliar a aplicação do saber relacionado à experiência do usuário durante o desenvolvimento de projetos de rodovias com a intenção de reduzir os acidentes de trânsito no Brasil. A metodologia consiste em uma pesquisa básica estratégica e a conclusão é alcançada a partir de uma análise qualitativa de conceitos levantados mediante procedimentos bibliográficos e documentais. Em consequência do comportamento do motorista ser comprovadamente uma importante causa de sinistros de trânsito comprovou-se um impacto positivo do uso de metodologias de design no desenvolvimento de projetos rodoviários. Com o propósito de tangibilizar a aplicação do estudo sobre a experiência do usuário no âmbito da engenharia de transportes, são apresentadas a série de Rodovias "M" e o uso de autoestradas inteligentes. Apesar de serem poucos os modelos que demonstram o uso da experiência do usuário no desenvolvimento de soluções para sistemas de transporte, os casos apresentados alcançaram resultados positivos, comprovando a potencialidade positiva da implementação dessa estratégia de design na esfera da engenharia de tráfego.

Palavras-chave: acidente de trânsito; experiência do usuário; engenharia de tráfego; *design thinking*

ABSTRACT

EVALUATION OF DRIVER'S BEHAVIOR AS A TOOL FOR REDUCING TRAFFIC ACCIDENTS IN BRAZIL

AUTHOR: Marília Paula de Araújo Oliveira
ADVISOR: Fernando Marcuzzo Dotto

In the last twenty years, there has been a drastic reduction in the amount of traffic accidents and deaths on Brazilian roads; however, statistics remain alarming. Thus, it is necessary to seek innovative methods to create new solutions with a bigger impact. To contribute to this area of study, the main theme of this work is to evaluate an application of the knowledge related to the user experience while conceiving highway designs, intending to reduce traffic accidents in Brazil. The methodology consists of basic strategic research and a conclusion is reached from a qualitative analysis of concepts raised through bibliographic procedures. Given that driver's behavior has been proved as an important cause of traffic accidents, the use of design methodologies in the development of highway projects has been noticed as a positive impact. To make the application of user experience in transport engineering tangible, the series of "M" highways and the use of intelligent highways are presented. Despite there are few models that demonstrate the use of user experience in the development of solutions for transport systems, the cases examined have positive results, proving the positive potential of implementing this design strategy in the sphere of traffic engineering.

key words: traffic accident; user experience; traffic engineering; design thinking

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Influência dos fatores contribuintes nos acidentes de trânsito nos Estados Unidos.....	15
Figura 2 - Influência dos fatores contribuintes nos acidentes de trânsito no Reino Unido.....	16
Figura 3 - Contribuição dos fatores humano, veicular e viário em acidentes de trânsito.....	17
Figura 4 - Distribuição dos acidentes por fatores geradores entre os anos de 2007 e 2019.....	19
Figura 5 - Percentual da população brasileira em áreas rurais e urbanas.....	21
Figura 6 - Representação esquemática da relação entre infraestrutura da via e segurança do tráfego.....	24
Figura 7 - Representação esquemática dos pilares do <i>Design Thinking</i>	29
Figura 8 - Representação esquemática dos momentos convergente e divergente.....	29
Figura 9 - Representação do ciclo de etapas do <i>Design Thinking</i>	30
Figura 10 - Representação esquemática do modelo mental que direciona o comportamento.....	32
Figura 11 - Rodovia inteligente do tipo "todas as faixas operando".....	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 JUSTIFICATIVA	9
1.2 OBJETIVOS	10
1.2.1 Objetivo geral	10
1.2.2 Objetivos específicos	11
1.3 HIPÓTESE INICIAL.....	11
2 ACIDENTES DE TRÂNSITO NO BRASIL	12
2.1 HISTÓRIA E CARACTERIZAÇÃO DE ACIDENTES DE TRÂNSITO	12
2.2 CONSEQUÊNCIAS DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO NO BRASIL	13
2.3 FATOR HUMANO E A SUA INFLUÊNCIA SOBRE ACIDENTES DE TRÂNSITO	14
3 ANÁLISE DE SEGURANÇA E PROJETOS RODOVIÁRIOS	20
3.1 INFLUÊNCIA DA VIA NO FATOR HUMANO	20
3.2 INFLUÊNCIA DOS ELEMENTOS DA VIA EM ACIDENTES	22
4 EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO E SEGURANÇA VIÁRIA	27
4.1 SEMELHANÇAS ENTRE DESIGN DE PRODUTO E ENGENHARIA CIVIL	27
4.2 FILOSOFIA DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE DESIGN	28
4.3 EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO EM PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES	31
4.4 CASOS REAIS DO USO DA EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO PARA IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS NO SISTEMA DE TRÂNSITO	34
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
7 REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

A segurança para pedestres, motoristas e passageiros vem sendo uma preocupação cada vez mais recorrente no desenvolvimento e no gerenciamento dos sistemas de transporte no Brasil. Desde 1998, com a implementação do Código de Trânsito Brasileiro (CTB), houve uma drástica redução na quantidade de óbitos em vias brasileiras (JORGE; KOIZUMI, 2007); no entanto, os números ainda são alarmantes. Dados apontam que a mortalidade no trânsito é a segunda causa evitável que mais vitima pessoas no país nos últimos vinte e cinco anos, visto que mais de oitocentas mil pessoas perderam suas vidas em vias brasileiras (DATASUS, 2021); somente atrás das mortes por agressão.

José Aurélio Ramalho, diretor-presidente do Observatório Nacional de Segurança Viária (ONSV), afirmou em entrevista para Saragiotto (2020) que a cada quinze minutos uma pessoa morre em acidentes de trânsito no Brasil e a cada dois minutos uma pessoa sofre graves sequelas devido a ferimentos provocados por acidentes. Em adição aos custos relacionados à indenização e atendimento hospitalar das vítimas, as despesas com finalidade de reorganização da via após a intercorrência acarretam dispêndio superior a cento e trinta bilhões de reais anuais para o Governo Brasileiro (IPEA, 2020).

Dentro da Engenharia Civil muito se discute a respeito do desenvolvimento do sistema de transportes brasileiro. Em virtude de ser um tema muito complexo, aprimorar a sistemática de mobilidade pode ser uma responsabilidade desafiadora. Portanto, a fim de criar soluções integrais para este problema multifacetado, combinar metodologias referentes a diversas áreas de atuação pode ser um método eficaz para o desenvolvimento de projetos rodoviários em prol do aumento da segurança no trânsito. Visando contribuir para essa área de estudo, a principal temática deste trabalho é a implementação de princípios utilizados na esfera do *design* no planejamento de sistemas de transportes.

1.1 JUSTIFICATIVA

Posto que a maioria dos acidentes de trânsito são causados por falha humana (KHATTAK et al., 2021), estudos a respeito do comportamento do motorista e da prática de utilização dos sistemas de transporte podem auxiliar no aumento da segurança no trânsito.

Frente a isso, o conceito de "usabilidade", utilizado recorrentemente para análise do comportamento de usuários, permite a qualificação de sistemas de acordo com a praticidade na experiência de uso, auxiliando a compreensão de elementos que podem tornar o tráfego mais seguro. Nielsen (2012) afirma que essa ideia pode ser definida a partir de cinco componentes, que são:

- **Aprendizagem:** analisa o grau de esforço necessário para completar uma tarefa básica na primeira experiência de uso;
- **Eficiência:** está relacionada à energia demandada de um usuário habitual para executar tarefas cotidianas;
- **Paridade:** explora a uniformidade do sistema de forma que uma longa pausa na rotina de uso não ocasione complicações na experiência;
- **Erro:** relaciona a probabilidade de falha humana que o sistema apresenta, ao nível gravidade e à possibilidade de reparação desses erros;
- **Satisfação:** considera o índice de contentamento do usuário com o desempenho do sistema.

O acompanhamento dos itens mencionados durante o desenvolvimento de um projeto permite aos usuários impactados uma prática mais segura, agradável e fácil, independentemente da categoria do objeto estudado. Aplicar essa concepção na composição de sistemas de transportes pode prover mais proteção às relações no trânsito.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral investigar o uso de princípios de *design* como ferramenta para a redução de acidentes de trânsito, e será desenvolvido a partir de uma análise qualitativa de conceitos levantados mediante procedimentos bibliográficos e documentais.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar as principais causas de acidentes de trânsito;
- Pontuar a relação entre elementos geométricos da rodovia e a segurança;
- Demonstrar a aplicação do estudo da experiência do usuário no desenvolvimento de projetos de engenharia de transportes.

1.3 HIPÓTESE INICIAL

Conjectura-se que o estudo a respeito da experiência do usuário é um bom instrumento para o levantamento de possíveis situações adversas e, portanto, auxilia na implementação de estratégias de prevenção a esses incidentes.

2 ACIDENTES DE TRÂNSITO NO BRASIL

Neste capítulo é abordada uma visão geral a respeito de acidentes de trânsito no Brasil, assim como as consequências dessas intercorrências e as causas advindas desses incidentes. Inicialmente é feita uma introdução ao assunto, considerando um breve histórico sobre os acidentes e alguns estudos iniciais a respeito do tema. Em seguida, são apresentados dados a respeito das consequências dos acidentes de trânsito no país, principalmente em relação ao viés sócio-econômico. Por fim, faz-se um aprofundamento nas possíveis causas de tais acidentes, sobretudo as causas mais relacionadas ao impacto do fator humano.

2.1 HISTÓRIA E CARACTERIZAÇÃO DE ACIDENTES DE TRÂNSITO

Em meados do século XVIII, a Revolução Industrial estimulou a intensificação do êxodo rural na Europa, acarretando aumento do fluxo de pessoas nas cidades e, conseqüentemente, originando os primeiros problemas modernos de trânsito. Trinta anos antes da patente do primeiro automóvel do mundo, foi elaborada na Inglaterra a primeira lei de trânsito que limitou a velocidade e pôs regras quanto à dirigibilidade de um carro. A pioneira regra mantinha as seguintes restrições: "[...] limitava em dez quilômetros por hora a velocidade máxima e obrigava que o condutor mantivesse, no mínimo, sessenta metros de distância do homem que portava uma bandeira vermelha para alertar os pedestres" (BASTOS, 2010, p. 16). Apesar da baixa velocidade empregada pelos meios de transporte da época, foram registrados centenas de acidentes neste ano, envolvendo mais de três mil pessoas feridas nos incidentes e a morte de quase duzentos e cinquenta pessoas. O principal motivo é o grande fluxo de transportes da cidade londrina; segundo Vasconcellos (2017), Londres possuía quase meio milhão de carruagens em 1870.

No Brasil, o primeiro automóvel chegou em 1891, por intermédio de Alberto Santos Dumont, que o adquiriu essencialmente para fazer estudos a respeito da máquina francesa (REVISTA CARRO, 2018). Em concordância com Rodriguez (2020), o primeiro acidente de trânsito envolvendo automóveis aconteceu em 1897, quando José do Patrocínio e Olavo Bilac perderam o controle do carro e bateram em uma árvore. Apesar destes episódios, apenas

quatro décadas depois, em 1934, foram criadas as primeiras medidas concretas que originaram o sistema de trânsito brasileiro.

Conforme a NBR 10697 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020, p. 1), acidente de trânsito é todo evento que tem como resultado dano material ou prejuízo ao trânsito, ao ambiente ou à via, em que ao menos uma das partes envolvidas está em movimento em vias terrestres ou áreas abertas ao público. A norma utiliza o termo "sinistro de trânsito", que pode ser definido como "um acontecimento que causa dano, perda, sofrimento ou morte" (FERREIRA, 1975, p. 1305).

Ainda que estas expressões nutram uma concepção de fatalidade e imprevisão, Hoffman e González (2003, p.380) reforçam o risco de associar esses conceitos ao incidente:

[...] seria irreal acreditar que os acidentes são coisas ou fruto do destino e por conseguinte fogem ao nosso controle, e não podemos fazer nada para evitá-los. Tanto o otimismo irrealista como a aceitação fatalista contribuem para que não adotemos os meios para evitar a probabilidade de nos envolver num acidente.

Analogamente, Deslandes Silva (2000, p.372) evidenciam a previsibilidade desse tipo de evento afirmando a necessidade de mudar esse juízo de valor e "[...] dar lugar à ideia de que tais eventos são preveníveis em sua maioria".

2.2 CONSEQUÊNCIAS DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO NO BRASIL

De acordo com informações coletadas no Sistema de Informações sobre Mortalidade, o banco de dados do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS, 2021), acidentes de trânsito configuraram a segunda causa evitável que gerou mais óbitos nos últimos vinte e cinco anos, posicionado atrás apenas de agressões físicas. No período, mais de oitocentas mil pessoas perderam a vida no trânsito.

Além de mortes, lesões no corpo e danos materiais, Sampedro e Campos (2006) citam os impactos psicológicos e as consequências de acidentes de trânsito, que atormentam não só os envolvidos no evento, como também suas famílias e a sociedade. Da mesma forma, Filho (2012, p. 148) alerta:

A prevalência dos distúrbios psicológicos pós-acidentes em todos os níveis de gravidade foi alta e duradoura. Inferiu-se que as repercussões desses fatores na qualidade de vida das vítimas deve adquirir grande importância apesar do número reduzido de estudos sobre o tema.

É necessário também ressaltar os custos desses eventos para os cofres públicos. Um estudo realizado pela Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP), em 1997, constatou que, na época, mais de sessenta por cento dos leitos hospitalares localizados nos setores de ortopedia e traumatologia no Brasil estavam sendo ocupados por vítimas de acidentes de trânsito. No início da década de noventa, o tempo de internação dos pacientes era de aproximadamente vinte dias, o tratamento acarretava um custo médio de vinte mil dólares por ferido grave e estimava-se um custo anual superior à marca de três bilhões de dólares (PIRES et al., 1997). Em conformidade com o IPEA (2020), atualmente essa despesa é de cento e trinta bilhões de reais por ano.

Desde a regulamentação do Código de Trânsito Brasileiro (CTB), em 1997, os dados relativos a acidentes e óbitos no trânsito reduziram profundamente. A Lei nº 9.503 atribui responsabilidade às diversas autoridades e órgãos que atuam no transporte terrestre, direciona o desenvolvimento da Engenharia de Tráfego e institui normas de conduta, infrações e penalidades para diversos usuários envolvidos neste complexo sistema.

No ano de 1998, primeiro ano de vigência do CTB, mais de trinta mil pessoas perderam a vida em acidentes de trânsito por todo o país - em média, oitenta e quatro mortes por dia (JORGE; KOIZUMI, 2007). Consoante com os efeitos provenientes da aplicação da lei, no ano de 2018, quando a aplicação do Código completou vinte anos, o Brasil registrou quase cinco mil e trezentos óbitos no trânsito, uma média de catorze mortes por dia (Programa Volvo de Segurança no Trânsito). Um estudo feito pelo Observatório Nacional de Segurança Viária indica que em vinte anos de vigência do Código foram economizados aproximadamente trinta e seis bilhões de reais por ano, totalizando um acúmulo de quase setecentos e vinte bilhões de reais (Observatório Nacional De Segurança Viária), o equivalente a quase dez por cento do PIB brasileiro em 2019.

2.3 FATOR HUMANO E A SUA INFLUÊNCIA SOBRE ACIDENTES DE TRÂNSITO

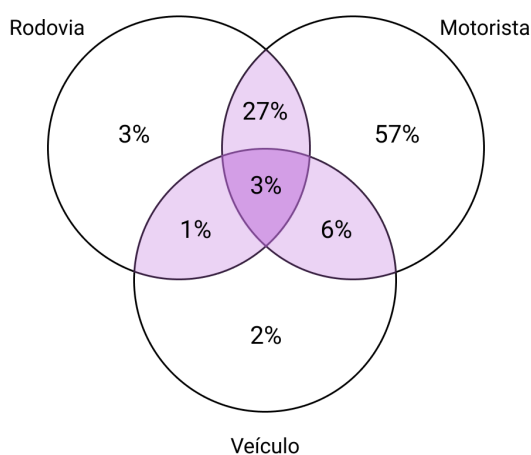
Na década de oitenta, foi fundada a Auditoria de Segurança Viária no Reino Unido, que visava a desenvolver técnicas de Investigação e Prevenção a Acidentes (AIP). Na época

eram frequentes as exigências de legislações para que autoridades rodoviárias agissem na redução da ocorrência de acidentes em suas vias (AUSTROADS, 2002).

Rumar (1985) relata que a estratégia desenvolvida com a finalidade de compreender as causas de acidentes em sistemas de interação homem-máquina era baseada na criação de times multidisciplinares formados por especialistas de diversas áreas que utilizavam de equipamentos especiais e de novas tecnologias. Principalmente no setor aéreo, esse método alcançou bons resultados, sendo posteriormente desenvolvido e refinado. Conquanto, até então não havia resultados positivos a respeito do uso dessa estratégia em casos de transportes terrestres, haja vista que esse tipo de acidente está pouco relacionado à falha técnica. Geralmente, há imprecisão ao correlacionar diretamente a causa do incidente com uma quantidade finita de variáveis, dado que incidentes terrestres descendem de diversos componentes presentes no complexo contexto em que ocorrem os sinistros de trânsito.

Apesar disso, muito se investiu em pesquisas sobre o assunto. Um estudo de Sabey e Staughton (1975) analisou a porcentagem de contribuição do motorista, do veículo e da estrada na ocorrência de acidentes de trânsito nos Estados Unidos e no Reino Unido. Os resultados estão demonstrados nas Figuras 1 e 2.

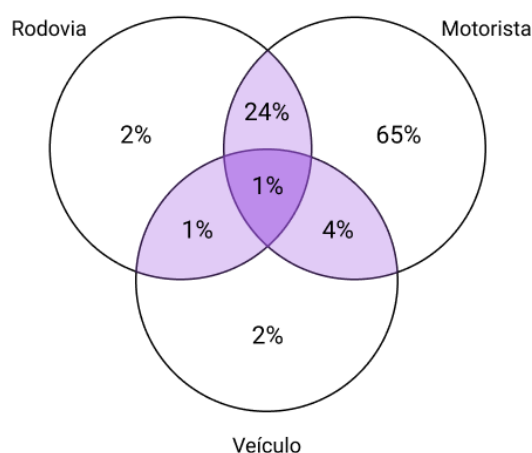
Figura 1 - Influência dos fatores contribuintes nos acidentes de trânsito nos Estados Unidos



Fonte: Adaptado de Sabey e Staughton (1975)

Treat (1980) realizou um estudo com um time multidisciplinar no qual se aprofundou em questões relativas ao fator humano na ocorrência de acidentes. Na pesquisa, descobriu-se que erros de falta de atenção e erros de tomada de decisão são os mais predominantes, sendo ambos relacionados ao tema "aquisição e processamento de informação de forma inadequada".

Figura 2 - Influência dos fatores contribuintes nos acidentes de trânsito no Reino Unido



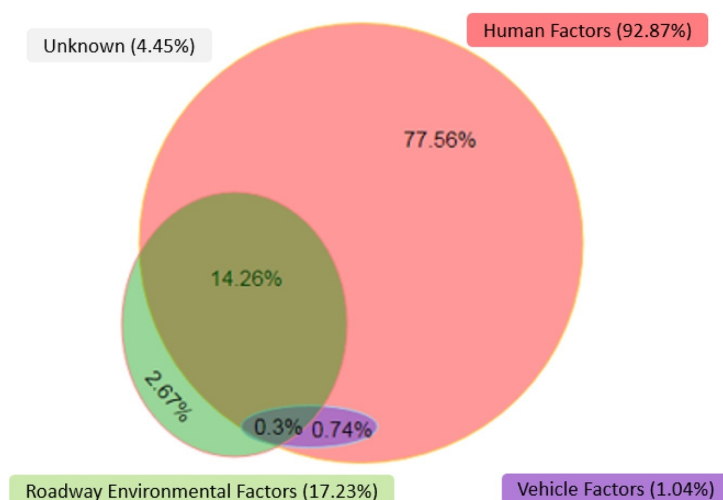
Fonte: Adaptado de Sabey e Staughton (1975)

Geralmente os fatores componentes do acidente são agrupados em três grandes categorias: humana, viária-ambiental e veicular. Uma pesquisa recentemente realizada nos Estados Unidos (KHATTAK et al. 2020) apontou o fator humano como único responsável por setenta e sete por cento dos acidentes; quando combinado aos outros fatores, o componente é causador de noventa e três por cento dos acidentes, consoante com o que ilustra a Figura 3.

Khattak et al. (2020) utilizou da mesma metodologia para caracterizar o fator humano de forma mais profunda e percebeu que a natureza dos erros de condução vem mudando nas últimas décadas. Nos últimos quarenta anos de estudos e pesquisas, houve um crescimento substancial nos casos onde o fator humano é o único causador do acidente. Esse aumento pode estar associado ao grande envolvimento dos motoristas em tarefas secundárias e atividades distratoras como o uso do telefone celular, por exemplo.

No estudo, a falta de atenção ao dirigir foi o comportamento que mais contribuiu para a ocorrência de acidentes (trinta e nove por cento dos casos) e eventos em que quase ocorreu um acidente (trinta e quatro por cento dos casos). O tópico tomada de decisão equivocada apareceu em segundo lugar, responsável por trinta e quatro por cento dos acidentes causados pelo fator humano e catorze por cento dos eventos classificados como "quase acidente". Na terceira posição, a imprudência no trânsito apareceu em nove por cento dos acidentes e onze por cento das ocorrências de "quase acidente". Em apenas um por cento dos acidentes o condutor estava sob o efeito de álcool ou outras drogas.

Figura 3 - Contribuição dos fatores humano, veicular e viário em acidentes de trânsito



Fonte: (KHATTAK et al., 2020, p. 7)

Esses dados reforçam a importância da atenção do condutor estar direcionada exclusivamente ao trânsito e mostram que se aumenta consideravelmente o risco de acidente ao menor sinal de desengajamento do motorista com o trânsito (KHATTAK et al. 2020).

A partir da identificação dos erros mais comuns, foi feita uma análise considerando a frequência das ocorrências e os respectivos locais onde aqueles incidentes aconteciam. Constatou-se que em zonas escolares, nas áreas urbanas pouco densas e em regiões corporativas/industriais são os locais de maior incidência de casos relacionados à falta de atenção. Já a falha na tomada de decisão ocorreu com maior frequência em espaços

corporativos/industriais, áreas urbanas e rodovias interestaduais. Zonas rurais e semirurais, desvios e cruzamentos foram as regiões onde a imprudência causa mais acidentes (KHATTAK et al. 2020).

A fim de contribuir aos estudos mencionados, a Volvo Group, uma das maiores fabricantes de veículos do mundo, criou o Programa Volvo de segurança no Trânsito com o objetivo de analisar detalhadamente os acidentes envolvendo caminhões e ônibus. O Programa lançou o Atlas da Acidentalidade no Transporte, que utiliza dados gerados pela Polícia Rodoviária Federal para desenvolver análises estatísticas a respeito da acidentalidade nas rodovias federais brasileiras. Os dados observados na Figura 4 vêm ao encontro dos apontamentos feitos pelo estudo americano. Na imagem é possível observar que, entre os anos 2007 e 2019, a falta de atenção e a imprudência no trânsito, traduzidas em velocidade incompatível com as normas e em ultrapassagens indevidas, foram as maiores causas de óbitos em acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras.











Tamayo (2010) ressalta que o fator humano é sobrecarregado em razão de estar sob a influência de vários elementos, enquanto atua apenas sobre o veículo. Conger et al. (1959) comenta sobre outros fatores que podem influenciar a ocorrência de acidentes de trânsito e que estão relacionados a características da personalidade do motorista, como controle de hostilidade, tolerância à tensão, ansiedade de separação, egocentrismo, entre outros. Cremona (1986) reforça essa hipótese, relatando que motoristas com diferentes tipos de transtornos de personalidade aparentavam ter até seis vezes mais probabilidade de se envolver em acidentes de trânsito.

Analogamente, Marín e Queiroz (2000) destacam a importância da tomada de decisão no trânsito, que recebe interferência da percepção, juízos, motivações e outras atividades psíquicas. A complexidade da conjuntura no trânsito submete o sujeito a tomar decisões em frações de segundos, em meio a uma miscelânea de informações do ambiente que devem ser combinadas para analisar corretamente a situação. Sob essa ótica, tomar uma decisão inapropriada pode estar relacionado a qualquer breve perturbação advinda.

Congregando essa perspectiva, Nodari (2003) afirma que geralmente quando o acidente é causado por uma falha do motorista em lidar com a infraestrutura da via atribui-se a responsabilidade sobre o acidente à falta de habilidade ou à inexperiência do motorista, desconsiderando o potencial de elementos relacionados à via e ao veículo de intensificar as falhas humanas. Por conseguinte, Nodari (2003) alerta que geralmente acidentes de trânsito

possuem uma gama de fatores contribuindo para o evento e que a associação desses agentes aumentam a complexidade do contexto do acidente.

Figura 4 - Distribuição dos acidentes por causas entre os anos de 2007 e 2019

	Acidentes	Pessoas envolvidas	llesos	Feridos Leves	Feridos graves	Mortes	Ignorados	Índice Médio de Gravidade (?)
 Defeito mecânico em veículo	78.383	152.176	93.511	43.466	10.178	2.010	3.011	3,0
 Defeito na via	27.087	50.202	27.702	15.941	4.430	1.127	1.002	3,6
 Desobediência à sinalização	84.380	213.438	120.157	54.838	23.029	5.467	9.947	4,5
 Dormindo	49.729	95.944	47.232	32.585	10.405	3.903	1.819	4,3
 Falta de atenção	599.008	1.371.456	927.109	278.917	94.426	21.462	49.542	3,4
 Ingestão de álcool	78.839	174.326	92.176	50.172	19.856	4.877	7.245	4,5
 Não guardar distância de segurança	154.383	399.781	326.123	47.164	9.232	1.189	16.073	2,2
 Ultrapassagem indevida	39.747	114.395	57.235	28.347	15.492	7.431	5.890	5,8
 Velocidade incompatível	157.474	299.117	152.804	93.843	31.610	11.414	9.446	4,1
 Animais na Pista	47.469	74.257	47.533	18.376	5.994	1.294	1.060	2,9
 Inválido	12	18	16	1	1	0	0	1,7
 Outras	472.159	947.622	555.327	220.193	86.930	33.896	51.276	4,0

Fonte: (PROGRAMA VOLVO DE SEGURANÇA NO TRÂNSITO, 2020)

Nodari (2003) relembra que a interação entre as correlações dos fatores que favorecem a ocorrência de acidentes de trânsito no Brasil podem divergir do que é referenciado na bibliografia internacional devido à diversidade cultural do país, à proximidade de alguns estados com as culturas de diferentes países com os quais fazem fronteira e à sua extensão territorial, que abarca uma grande variedade de relevos e de climas.

3 ANÁLISE DE SEGURANÇA E PROJETOS RODOVIÁRIOS

Neste capítulo, é abordada a análise de segurança no desenvolvimento de projetos rodoviários. O primeiro aspecto apresentado é a influência da configuração da via no comportamento do motorista, dado que o fator humano é comprovadamente uma importante fonte originadora de acidentes. Em seguida, parte-se da ação dos elementos da via sobre o motorista para uma apresentação dos direcionamentos normativos ao desenvolvimento de rodovias que antecipem e que evitem a ocorrência de certos tipos de estradas.

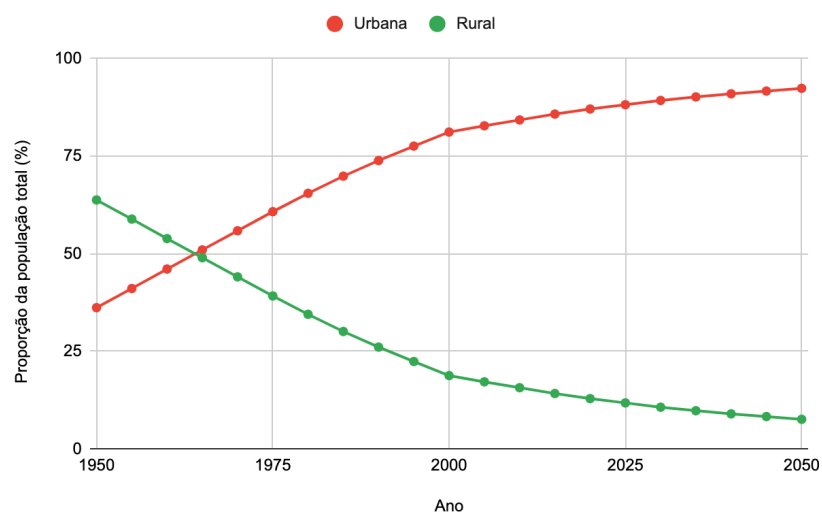
3.1 INFLUÊNCIA DA VIA NO FATOR HUMANO

Desde meados do século XX, o Brasil vem aumentando consideravelmente sua urbanização. Conforme a Organização das Nações Unidas (ONU), em 1950 aproximadamente trinta e seis por cento da população brasileira vivia em cidades; nos cinquenta anos subsequentes esse número cresceu profundamente, superando a marca dos oitenta por cento no início dos anos 2000 e chegando a oitenta e sete por cento em 2018, como demonstrado na Figura 5 (UNITED NATIONS, 2019). Esse crescimento demandou o desenvolvimento dos sistemas de transporte, haja vista a necessidade de deslocamento de pessoas e de cargas, e o consequente aumento do tráfego nas cidades provocou uma notável crescente nos acidentes de trânsito.

O desenvolvimento urbano aumentou a complexidade no sistema de vias arteriais e coletoras, que representam aproximadamente vinte por cento da rede viária urbana e reúnem aproximadamente setenta por cento dos acidentes de trânsito em cidades do país (TAMAYO e CAMPOS, 2006a).

Tamayo e Campos (2006b) ressaltam que, apesar de grande parte dos estudos apontarem o fator humano como principal causador de acidentes de trânsito, abordagens recentes a respeito do tratamento da segurança viária se relacionam à gestão de riscos e à implementação de estratégias preventivas visando ao desenvolvimento de ambientes viários que permitem a redução de falhas humanas.

Figura 5 - Percentual da população brasileira em áreas rurais e urbanas



Fonte: Adaptado de United Nations (2018)

A respeito do comportamento humano e sua conexão com a direção, Norman (2006) salienta que a atenção consciente é limitada. Quando o indivíduo foca sua atenção em uma atividade, acaba reduzindo a percepção de acontecimentos periféricos ou até mesmo ignorando-os. Vinculado a isso, Tamayo e Campos (2006b, p.123) alertam:

As características da via devem permitir a condução de forma clara, simples e precisa, porém, o esquema viário, em seu conjunto, cria com frequência situações que induzem motoristas e pedestres a cometer erros.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (1987, p. 78, tradução nossa) comenta o impacto das características geométricas da via sobre as suas condições de segurança. No que concerne aos efeitos dos elementos sobre a seguridade, cita:

- Influenciar a capacidade do motorista de manter o controle do veículo e identificar os perigos. As características significativas incluem largura da pista, alinhamento, distância de visibilidade, superelevação e características da superfície do pavimento;
- Influenciar o número e os tipos de oportunidades que existem para conflitos entre veículos. Recursos importantes incluem controle de acesso, projeto de interseção, número de faixas e canteiros centrais;
- Afetar as consequências de um veículo fora de controle saindo das faixas de rodagem. As características relevantes incluem largura e tipo de acostamento, degrau entre pista e acostamento, condições nas margens da estrada, inclinações de valetas e guarda-corpo; e

- Afetar o comportamento e a atenção do motorista, principalmente, a escolha da velocidade de deslocamento. O comportamento do motorista é afetado por praticamente todos os elementos do ambiente da estrada.

Em seu Manual de Auditoria de Segurança Viária, Austroads (2009) reforça que a experiência de direção deve acontecer de forma segura e confortável, principalmente quando os motoristas estão sob um ritmo estressante de tomada de decisão ou até mesmo demasiadamente desmotivados ou entediados.

3.2 INFLUÊNCIA DOS ELEMENTOS DA VIA EM ACIDENTES

Ainda que a influência das características da via sobre o comportamento do motorista seja de conhecimento da comunidade científica, esse saber ainda é limitado e impreciso (TAMAYO e CAMPOS, 2006b). Ao reconhecer a deficiência desses conhecimentos, Professional Engineers Ontario (PEO) (1999) destaca que existem características que foram bem pesquisadas e, por isso, seus efeitos podem ser quantificados. Outras propriedades menos pesquisadas não têm sua repercussão expressa em números, todavia podem ser qualificadas como atenuantes ou potencializadoras. Existem ainda aquelas cuja consequência sobre a segurança é incerta. De acordo com Park et al. (2010, p. 59, tradução nossa):

Para avaliar a segurança de forma quantitativa, é vital identificar as relações entre o aspecto de segurança e vários elementos do projeto geométrico de rodovias. [...] No entanto, as relações de segurança quantitativas não são aplicáveis a todos os elementos geométricos do projeto de rodovias.

Tamayo (2010) analisou estudos ocorridos em meados do século XX que constataram a influência de características de técnicas da via e das condições do meio ambiente sobre a frequência e severidade dos acidentes de trânsito. Automotive Safety Foundation e U. S. Bureau Of Public Roads (1963) verificaram o impacto de diferentes características da via sobre a segurança dos usuários e destacaram a importância do volume de tráfego, da seção transversal, do alinhamento, das interseções, das travessias de ferrovias, da velocidade, dos pedestres, do estacionamento e da iluminação.

Geralmente acidentes no meio urbano são de menor gravidade quando comparados a acidentes nas rodovias; contudo, são os incidentes mais frequentes. Nesse contexto, a

velocidade perde importância em comparação ao volume de tráfego, em consequência de vias urbanas possuírem padrões de velocidade mais baixos. Para Tamayo e Campos (2006b) o problema da segurança viária está especialmente atrelado à frequente interação entre motorista e a via e entre os usuários, visto que essas interações demandam um alto e permanente nível de alerta, que mantêm os usuários sob estresse constante.

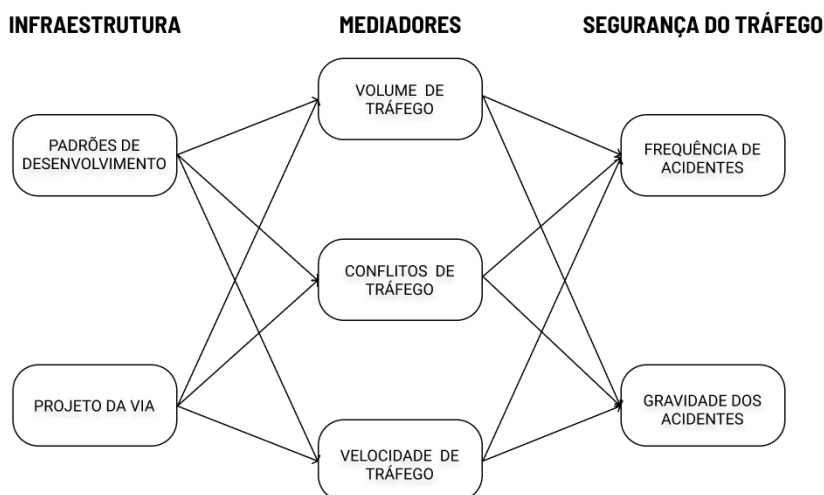
Na opinião de Ewing e Dumbaugh (2009) existe uma correlação entre o ambiente construído, a frequência de acidentes e a gravidade destes, que perpassam mediadores de volume de tráfego e velocidade. Os padrões de desenvolvimento afetam a segurança primordialmente pelo volume de tráfego permitido e secundariamente pelas velocidades incentivadas. Os projetos de rodovias influenciam a segurança viária primeiramente pela velocidade de tráfego permitida e complementarmente pelos volumes de tráfego que geram. O esquema que demonstra as conexões pode ser observado na Figura 6, e na visão de Ewing e Dumbaugh (2009, p.348, tradução nossa):

Os volumes de tráfego, por sua vez, são determinantes para a frequência do acidente, enquanto as velocidades do tráfego são os principais determinantes da gravidade do acidente. [...] A velocidade do tráfego por si só não causa acidentes. Na prática, são os diferenciais de velocidade entre os veículos no fluxo de tráfego que geram acidentes. Da mesma forma, não é apenas o volume de tráfego que causa acidentes, e sim movimentos conflitantes que acontecem quando os volumes de tráfego são altos.

Paralelamente, Tamayo e Campos (2006b) ressaltam a necessidade de considerar os efeitos do ambiente na experiência do usuário, tendo em vista que vias rurais e urbanas proporcionam diferentes condições operacionais. Sendo assim, estratégias de tratamento e avaliação devem ser adaptadas ao ambiente. De outro modo, podem não trazer os resultados esperados.

Ewing e Dumbaugh (2009) indicam que o aspecto convencional sugere vias mais largas e planas, retilíneas e com maior amplitude, como aliadas da segurança viária. Contudo, ainda que paradoxalmente, estudos apontam que ambientes viários com boas condições - consequentemente, que apresentam menores riscos - mostram um acréscimo nos índices de accidentalidade. Com o aumento da percepção de segurança, os usuários podem ficar mais confiantes e menos atentos a possíveis perigos, induzindo o motorista a aumentar a velocidade de seu automóvel. Naturalmente, o excesso de velocidade torna o contexto mais propício para a ocorrência de acidentes (TAMAYO, 2010).

Figura 6 - Representação esquemática da relação entre infraestrutura da via e segurança do tráfego



Fonte: Adaptado de Ewing e Dumbaugh (2009)

Norman (2010, p. 72-73) refere-se a esse fenômeno como "homeostase de risco". Homeostase é o termo científico dado a um sistema que tem pendor a manter um estado de equilíbrio, sendo nessa situação uma constante percepção de segurança. O autor completa:

Faça o ambiente parecer mais seguro, diz esta hipótese, e os motoristas se envolverão em comportamentos mais arriscados, mantendo constante o nível atual de segurança. [...] A controvérsia gira em torno das razões para o efeito e o seu tamanho, mas não há dúvida de que o fenômeno em si é real. Portanto, por que não colocar este fenômeno em uso ao inverso? Por que não tornar as coisas mais seguras fazendo-as parecer mais perigosas do que realmente são?

Ainda que auxiliasse na redução de acidentes, o conceito de "compensação inversa" seria uma estratégia difícil de manter enquanto política pública uma vez que a ocorrência de incidentes seria associada à aparência periculosa da estrutura de mobilidade, fato que poderia justificar uma movimentação popular por elementos que estabeleçam uma percepção de segurança ao sistema de trânsito. "É muito difícil sustentar o argumento de que, se parece perigoso, pode, na verdade, ser mais seguro" (NORMAN, 2010, p. 74).

Entender qual a melhor estratégia do ponto de vista técnico é um desafio fascinante. Entretanto, as normativas que direcionam o desenvolvimento de projetos de rodovias pouco

estimulam os profissionais a investigar de forma mais profunda aspectos comuns do perfil comportamental dos possíveis usuários da estrutura a ser trabalhada.

Projeto de rodovias é uma composição quantitativa e qualitativa de atributos técnicos, econômicos e financeiros de um empreendimento rodoviário. Essa composição baseia-se nos dados coletados, em estudos tecnológicos, nas informações essenciais do empreendimento, no escopo básico e nas normas técnicas.

Em conformidade ao Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) (1999), é definido como escopo básico de um projeto de rodovias o conjunto de diretrizes para o desenvolvimento de diversas espécies de estudos e de projetos de engenharia rodoviária. No escopo, são indicados os procedimentos referentes a cada uma das diferentes etapas técnicas a serem cumpridas.

O DNER (1999) afirma que os projetos de engenharia para a construção de rodovias submetidas a estudos de viabilidade técnica e econômica devem ser desenvolvidos em duas fases, sendo a primeira preliminar e a segunda o projeto. O órgão determina como um dos objetivos da etapa preliminar a apresentação de qualquer observação que seja pertinente e que possa modificar alguma conclusão ou recomendação para o projeto. Contudo, não sugere qualquer tipo de consulta popular no processo.

A respeito das normativas que orientam o desenvolvimento de projetos de rodovias, a Norma DNIT 100/2018 e a Norma DNIT 101/2009, que tratam respectivamente sobre sinalização horizontal e vertical, citam algumas funções destes elementos para proporcionar conforto e segurança para os usuários. Para sinalização horizontal, a Norma DNIT 100 (2018, p. 3) cita que:

Ordenar e canalizar o fluxo de veículos. Orientar os deslocamentos dos veículos em função das condições de geometria da via (traçado em planta e perfil longitudinal), dos obstáculos e de impedâncias decorrentes de travessias urbanas e áreas de proteção ambiental. Complementar e enfatizar as mensagens transmitidas pela sinalização vertical indicativa, de regulamentação e de advertência. Transmitir mensagens claras e simples. Possibilitar tempo adequado para uma ação correspondente. Atender a uma real necessidade. Orientar o usuário para a boa fluência e segurança de tráfego. Impor respeito aos usuários.

Para a sinalização vertical, a Norma DNIT 101 (2009, p. 3) postula que:

Regulamentar as obrigações, limitações, proibições e restrições que ordenam o uso das vias. Advertir os condutores sobre condições com potencial de risco existente na via ou nas suas proximidades, tais como escolas e passagens de pedestres. Indicar direções, localidades, pontos de interesse turístico ou de serviços. Transmitir mensagens educativas. Transmitir mensagens claras e simples. Possibilitar tempo adequado para uma ação correspondente, através do posicionamento adequado dos

sinais. Atender a uma real necessidade. Orientar o usuário para a boa fluência e segurança de tráfego. Impor respeito aos usuários.

Foram analisadas todas as normas indicadas pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) para a elaboração e execução de projetos de rodovias, incluindo obras complementares. A única norma que aborda a consulta popular é a Norma DNER-PRO 21/1994, que direciona a busca de informações apenas com as populações impactadas diretamente pela escolha do traçado da rodovia. Não foi identificada qualquer alusão à consulta pública enquanto instrumento de estudo e ao levantamento de dados relevantes para o desenvolvimento dos projetos de rodovias.

4 EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO E SEGURANÇA VIÁRIA

Ainda que a área de estudo esteja em fases iniciais de desenvolvimento, já existem casos de aplicações de tecnologia e estudo do comportamento do usuário na implementação de melhorias em sistemas de trânsito pelo país. Antes de apresentar esses casos, é necessário compreender sobre a filosofia de desenvolvimento de projetos dentro da área de *Design* e como ela se conecta com o papel da Engenharia Civil para a sociedade.

No primeiro item, é feito um paralelo entre a função do *designer* e do engenheiro civil, provendo destaques a algumas semelhanças. Em seguida, é abordado um olhar amplo a respeito da filosofia de desenvolvimento de projetos do *design*, chamada de *Design Thinking*. Essa filosofia parte do princípio de considerar o usuário enquanto cerne do desenvolvimento de soluções. O terceiro tópico trata da implementação dessa perspectiva em diferentes tipos de projetos, inclusive no estudo sobre acidentes de trânsito. Por fim, são apresentados dois casos de implementação bem sucedida dessa filosofia no desenvolvimento e controle de rodovias.

4.1 SEMELHANÇAS ENTRE *DESIGN* DE PRODUTO E ENGENHARIA CIVIL

As áreas de *Design* e de Engenharia, apesar de trabalharem com instrumentos e materiais diferentes, têm muita semelhança em relação ao papel dos profissionais, à sua atuação no mercado e ao perfil esperado. O SEBRAE (2014) define *design* como uma atividade que atua desde o planejamento até o desenvolvimento de produtos e serviços, em uma constante busca por soluções criativas e inovadoras que atendam às necessidades das partes envolvidas, em harmonia com as demandas do mercado.

A Coordenação do Curso de Desenho Industrial da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) (2015), em seu Projeto Pedagógico, ressalta alguns aspectos essenciais na formação profissional, como o desenvolvimento de projetos funcionais, a consciência de impacto ambiental, a racionalidade financeira, a preocupação social, o cuidado com a experiência do usuário, a harmonia com o mercado, a visão ética, entre outros. Paralelamente, a Coordenação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) (2005, p. 2) afirma em seu Projeto pedagógico que busca formar o profissional:

generalista, humanista, crítica e reflexiva, capacitado a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais

e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade.

Além disso, a resolução ressalta também as expectativas de que os profissionais egressos do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) sejam conscientes de sua responsabilidade, atuando sempre em prol do desenvolvimento da sociedade em que vivem.

De forma análoga ao papel e à competência do engenheiro, Norman (2006, p. 220) ressalta que "Se o *designer* não puder prever os erros, o *design* não poderá minimizar a probabilidade de sua ocorrência nem de suas ramificações."

Ainda que possuam objetos de estudo potencialmente diferentes, *designers* e engenheiros civis têm a função de desenvolver soluções que podem contribuir para a sociedade e melhorar a vida do ser humano.

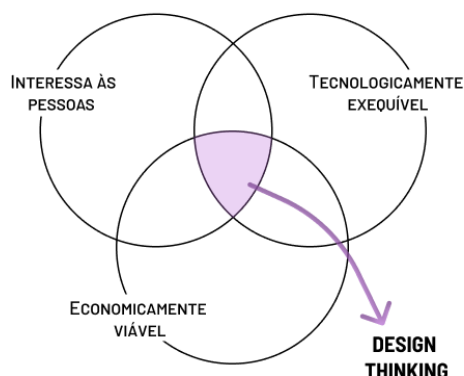
4.2 FILOSOFIA DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE *DESIGN*

Recentemente, *Design Thinking* tem se tornado uma tendência no mercado e é um termo frequentemente relacionado a metodologias criativas para resolução de problemas. De fato, *Design Thinking* é uma filosofia fundamentada em uma abordagem centrada no usuário para conceber inovação, na qual o *designer* é incumbido de integrar as necessidades das pessoas, a capacidade tecnológica disponível e os requisitos para o sucesso do negócio envolvido (IDEO, 2019).

O *Design Thinking* habita na interseção entre o que é desejável às pessoas, o que é tecnologicamente exequível e o que é economicamente viável, conforme demonstrado na Figura 7. Para a IDEO (2019), essa filosofia permite que pessoas possam utilizar ferramentas criativas para resolver uma variada gama de desafios.

Atualmente vivemos em um mundo dinâmico no qual novos acontecimentos são frequentes, as circunstâncias são impermanentes e o conhecimento reiteradamente atualizado. Neste contexto, os desafios têm sua complexidade intensificada dado que são influenciados por múltiplas variáveis constantemente mutáveis, e por essa razão necessitam análises profundas.

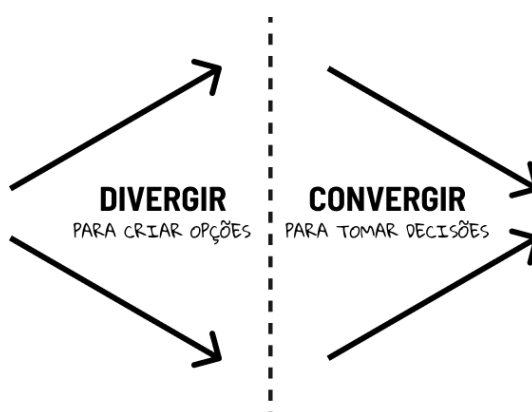
Figura 7 - Representação esquemática dos pilares do *Design Thinking*



Fonte: Adaptado de IDEO (2019)

Sendo assim, os processos de resolução de problemas carecem de interação contínua e de recorrente expansão da gama de referências. Sandy Speicher, presidente executiva da IDEO, declara que *Design Thinking* destoa de processos limitados, em virtude de ser uma incessante difusão investigativa (IDEO, 2019). Logo, conforme demonstrado na Figura 8, a estratégia do *Design Thinking* é pautada em ciclos alternados de divergência, que estimulam o indivíduo a ampliar sua perspectiva acerca do objeto de estudo, e de convergência, que direcionam o sujeito a priorizar aspectos de maior relevância (IDEO, 2019).

Figura 8 - Representação esquemática dos ciclos de convergência e divergência

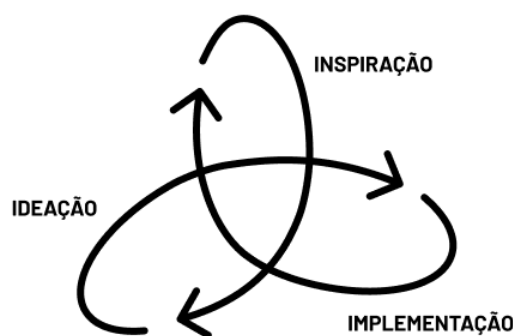


Fonte: Adaptado de IDEO (2019)

Nesse constante processo de estudo e investigação, é preciso errar rápido para aprender rápido. Sendo assim, torna-se necessário criar um ciclo rápido de testes com usuários e de validação de hipóteses. Como ilustra a Figura 9, a metodologia requer que os

responsáveis pelo projeto exercitem um ciclo constante de momentos de busca por novas referências, do desenvolvimento de soluções e da implementação de mudanças.

Figura 9 - Representação do ciclo de etapas do *Design Thinking*



Fonte: Adaptado de IDEO (2019)

Por ser uma filosofia que posiciona o usuário no centro do estudo e do desenvolvimento de soluções, ela está diretamente conectada ao conceito de "Experiência do usuário". Esse conceito surgiu na Apple, maior empresa de tecnologia do mundo, no fim dos anos noventa, a partir de uma análise sobre a experiência de uso de computadores da época. Donald Norman, na época Vice-Presidente do Grupo de Tecnologia Avançada da Apple, cunhou o termo e se dedicou a estudar *design*, comportamento humano e funcionamento da experiência do usuário em diferentes âmbitos, desde a simples ação de abrir uma porta até uma viagem de carro por uma rodovia desconhecida.

O termo "Experiência do Usuário" é comumente atrelado ao desenvolvimento de interfaces, da tecnologia de ponta e de sites, associado com o conceito de "Interação humano-computador". NORMAN (2016) esclarece que esse é um mau uso do termo, e que esse deve ser usado de forma ampla:

Hoje esse termo é terrivelmente mal utilizado. Ele é usado por pessoas para dizer 'Eu sou um *Designer* de Experiência do Usuário, eu faço websites' ou 'Eu faço aplicativos' [...] Não, é tudo! É a forma com que você sente o mundo, é a forma que você experencia a sua vida, é a forma que você experencia um serviço, ou... sim... um aplicativo ou um sistema de computador. Mas é um sistema. É tudo!

Em seu estudo sobre o comportamento do usuário e o impacto do *design* no cotidiano, NORMAN (2006) relata sobre pesquisas que realizou a respeito de acidentes relacionados a "erro humano" em diversas áreas, desde aviação, medicina até energia nuclear. A partir de uma análise cautelosa, foi concluído que o projeto dos sistemas estudados contribuiu de maneira significativa para os problemas. Nos casos supracitados, a negligência dos responsáveis técnicos no decorrer do desenvolvimento dos projetos provocou a disseminação de possibilidades de falha nos sistemas, de forma que em determinadas ocasiões o erro se tornasse praticamente inevitável. Dessa maneira, concluiu-se que os defeitos no *design* provocaram o erro humano.

As pessoas cometem erros constantemente, e, apesar de equívocos ocorrerem de diversas formas, Norman (2006) destaca dois tipos de erro: os lapsos e os enganos. Lapsos são resultados de comportamentos automáticos, quando há um interrompimento de ações subconscientes para satisfazer um determinado objetivo. Enganos são resultados de deliberações que podem consistir em: generalizações pautadas em casos particulares, quando informações parciais ou incorretas levam a conclusões, ou no momento em que são feitas correlações entre elementos não relacionados.

Pesquisas mostram que, geralmente, o ser humano analisa o próprio erro responsabilizando o ambiente ou as circunstâncias, ao passo que diagnostica as falhas alheias atribuindo a responsabilidade à personalidade de quem errou (NORMAN, 2006). A partir disso, é necessário que o *designer* aplique esforço extra na previsão dos erros e na redução dos custos consequentes desses. De forma geral, NORMAN (2006) afirma que o *designer* deve assegurar que o usuário tenha plenas condições de ler a circunstância para identificar o que está acontecendo e que possa descobrir os próximos passos a serem tomados.

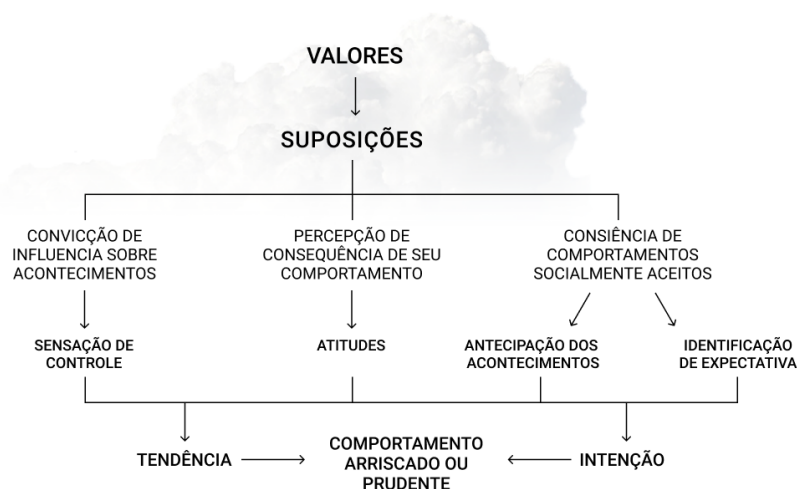
4.3 EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO EM PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

Em um estudo feito por ERSAN et al. (2020), analisou-se diferenças interculturais no comportamento de motoristas de cinco países diferentes. Identificou-se diferenças no estilo de direção entre os países, devidas as muitas variações culturais. Para ERSAN et al. (2020)

devem ser desenvolvidas estratégias específicas de acordo com a cultura local, tanto para combater comportamentos agressivos quanto para promover hábitos pró-segurança.

WARD et al. (2020) identificou um comportamento cultural pró-segurança e desenvolveu um esquema que prevê o efeito dessa cultura pró-segurança nas intenções e nas tendências comportamentais dos motoristas. Intenção é relativa à decisão proposital de uma pessoa em ter um determinado comportamento em uma situação já antecipada.;tendência descreve a predisposição do indivíduo para reproduzir um determinado comportamento no caso do surgimento de uma situação inesperada. A análise desses componentes pode auxiliar no desenvolvimento de estratégias para aumentar os comportamentos pró-sociais nas comunidades de motoristas, as correlações entre esses elementos podem ser observadas na Figura 10.

Figura 10 - Representação esquemática do modelo mental que direciona o comportamento



Fonte: Adaptado de Ward et al. (2020)

BOBERMIN et al. (2021) afirma que compreender de forma profunda o funcionamento da interação motorista-via pode aprimorar as estratégias no desenvolvimento de projetos de estradas a fim de criar sistemas mais seguros, dado que as diretrizes para o desenvolvimentos de projetos de rodovias geralmente não consideram o comportamento do motorista e baseia-se apenas na física relacionada ao veículo e a atributos pré-determinados.

Para BOBERMIN et al. (2021), o estudo em ambientes simulados tem capacidade de testar e de comparar diferentes configurações de projetos existentes ou inéditos, permitindo visualizar as percepções e as reações dos motoristas em determinadas circunstâncias. Além disso, esse método dá mais liberdade para os engenheiros manipularem variáveis, com o propósito de reproduzir ensaios semelhantes para diferentes participantes, além de simular situações perigosas sem pôr o motorista em risco.

Em seu estudo a respeito de orientações para o desenvolvimento de ciclovias, Lierop et al. (2020) critica a falta de estudos sobre segurança a partir da experiência do usuário para o desenvolvimento de normativas de construção de ciclovias. Em sequência, levanta pesquisas as quais sugerem que as interações de um indivíduo estão incorporadas em suas vivências de espaço e de tempo e, da mesma forma, cita a influência da emoção humana na construção da compreensão contextual do ambiente. Consoante a esse fato, LIU et al. (2020) afirma que a infraestrutura de uma ciclovia é melhor compreendida por quem a usa cotidianamente.

Quando se trata de desenvolvimento de qualquer projeto em que o usuário final sejam seres humanos, KUNIAVSKY et al. (2012) afirma que cada aspecto da experiência do usuário impõe demandas e restrições diferentes àqueles que estão tentando criar um bom produto. De forma geral, independentemente do tipo de produto ou do projeto que está sendo criado, há a necessidade de coletar informações que se correlacionam e, ao juntá-las, tornam o processo de desenvolvimento mais ágil e eficaz.

NORMAN (2006, p. 219) destaca a importância de conversar diretamente com o usuário final, e informa que o desenvolvimento de soluções baseadas apenas no conhecimento dos engenheiros pode gerar resultados precários. Ele afirma:

É realmente interessante observar engenheiros e profissionais da ciência da computação se dedicarem a fazer o *design* de um produto. Eles discutem exaustivamente sobre como fazer as coisas, de maneira geral com um desejo sincero de fazer a coisa certa para o usuário. Mas, quando chega a hora de avaliar as trocas assimétricas que implicam prejuízo de benefícios entre a interface com o usuário e os recursos internos de um produto, eles quase sempre tendem a simplificar a vida para o lado deles.

4.4 CASOS REAIS DO USO DA EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO PARA IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS NO SISTEMA DE TRÂNSITO

Ainda que escassas, existem algumas referências de diferentes resultados alcançados mediante o uso de estratégias de desenvolvimento de projetos que colocam o usuário no centro da construção da solução. Um modelo citado por NORMAN (2006, p. 177-178) é o projeto da série de Rodovias "M", no Reino Unido,

Cada saída da autoestrada tem uma sequência cuidadosamente programada de seis sinais. O primeiro precede a saída à distância de uma milha (1.609 km) e visa a servir uma função de alerta, bem como apresentar informações numéricas daquela rota (distância percorrida e a percorrer). O segundo sinal precede a saída a uma distância de meia milha (800 metros) e informa as cidades principais a serem alcançadas por aquela saída (mas nenhuma informação numérica, ou seja, de distância, naquela rota). O terceiro precede a saída à distância de um quarto de milha (400 metros) e acrescenta a “destinação posterior” (aonde você finalmente vai chegar se não sair). O quarto sinal fica na saída e informa as principais distâncias naquela rota e os nomes de algumas cidades. O quinto fica na estrada depois de passada a saída e objetiva desempenhar um papel de “confirmação”: exhibe as destinações seguintes e a que distância elas ficam. O sexto sinal fica na rampa de saída, em cores ao inverso de todas as cores dos sinais anteriores; mostra todas as destinações locais, geralmente indicadas em um mapa do anel rodoviário (círculo com os vários cruzamentos de tráfego) encontrado na maioria das saídas.

Igualmente no Reino Unido foi desenvolvido o Programa "Estradas Inteligentes", que objetiva aumentar a capacidade das estradas existentes do país de forma segura e sem a necessidade de criar novas vias. Essa estratégia do governo britânico demandou um investimento de bilhões de libras nos últimos cinco anos com a intenção de melhorar a eficiência e segurança do sistema rodoviário enquanto aumenta sua capacidade. Para JALLOW et al. (2019), essas mudanças permitirão aos usuários conduzirem seus automóveis em deslocamentos mais fluidos entre as cidades do país.

Já que o objetivo de uma rodovia inteligente é melhorar a fluidez e segurança da via, torna-se necessário manter um monitoramento constante de velocidade e volume de tráfego na pista. Para isso, na rodovia existem sensores de radar, com a função de detectar movimentação de veículos, detectores de velocidade e câmeras de circuito fechado que cobrem cem por cento da via. Quando há um grande aumento no congestionamento da via, o sistema alerta os pórticos de sinalização e esses ajustam automaticamente a velocidade da via para garantir a fluidez do tráfego.

Existem três tipos diferentes de estradas inteligentes, todavia uma categoria destaca-se por seus efeitos. De acordo com JALLOW et al. (2019, p. 19, tradução nossa) as rodovias inteligentes do tipo "todas as faixas operando", representada na Figura 11, têm melhorado massivamente a capacidade de fluxo e a segurança na via. Esse tipo de esquema utiliza o acostamento como uma faixa de rolamento, a menos que aconteça algum incidente na via. Relacionado a essa situação, o autor explica:

Neste caso, um X vermelho será colocado nos pórticos indicando que a pista está fechada. [...] o esquema também dispõe de sinalização de pórtico que exhibe limites de velocidade variáveis obrigatórios, que mudam dependendo das condições de tráfego. Essas rodovias inteligentes também possuem áreas de refúgio de emergência (ERA'S) que podem ser usadas em uma emergência

Figura 11 - Rodovia inteligente do tipo "todas as faixas operando"



Fonte: (JALLOW et al., 2020, p. 19)

A partir do estudo de caso, JALLOW et al. (2019) afirma que, além de trazer benefícios para os usuários, as "Estradas Inteligentes" utilizam tecnologias para permitir aos órgãos reguladores de trânsito a aplicação das melhores práticas para monitorar o fluxo de tráfego, de forma mais fácil, rápida e proativa. Além disso, as tecnologias utilizadas são automatizadas, não demandando ajustes e fiscalização constantes.

JALLOW et al. (2019) assegura que "Estradas Inteligentes" são um benefício para qualquer economia, uma vez que apresentam desempenho eficaz e evoluem a segurança viária. Com o crescimento da população mundial e aumento da demanda pela compra de

automóveis comprando, JALLOW et al. (2019) recomenda o investimento em "Estradas Inteligentes" às instituições governamentais e afirma que é uma importante estratégia para o desenvolvimento de sistemas de trânsito no mundo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esse trabalho objetivou ser uma pesquisa básica estratégica com a finalidade de descrever o estudo a respeito do comportamento do motorista e associá-lo a acidentes de trânsito. A partir de procedimentos bibliográficos e documentais, foram apresentados conceitos relacionados à ocorrência destes sinistros e à sua prevenção.

A princípio, o assunto foi introduzido destacando-se a previsibilidade de acidentes enquanto tópico a ser contido nas discussões que englobam a segurança de transportes. A partir da análise das consequências destes eventos, incidente de trânsito foi evidenciado como a segunda causa evitável pela qual mais pessoas foram vitimadas nos últimos vinte e cinco anos; identicamente constatou-se que todos os anos são gastos mais de cento e trinta bilhões de reais para tratar os efeitos desses sinistros. A partir desses pareceres, entende-se a ocorrência de acidentes de trânsito enquanto problema social, econômico e de saúde pública.

Nos últimos quarenta anos, muitas pesquisas comprovaram a hipótese do fator humano ser o mais influente no acontecimento de incidentes, bem como o estudo mais recente constatou que a falha humana está envolvida em mais de noventa por cento dos sinistros de trânsito. Pesquisas a respeito dos comportamentos imprudentes responsáveis por estas ocorrências elencaram a falta de atenção, a tomada de decisão equivocada e a desobediência às leis de trânsito como as condutas mais perigosas.

Posto que as circunstâncias relacionadas a acidentes rodoviários são complexas e associadas a diversas variáveis, algumas abordagens de tratamento da segurança primam a gestão de riscos e a implementação de estratégias preventivas enquanto tática de desenvolvimento de sistemas de transporte com a intenção de amenizar a ocorrência de falha humana. Estudos apontam as características da via como elementos diretamente influentes na performance do motorista, afetando competências como a sua capacidade de manter o controle do veículo e a sua aptidão para escolher a velocidade de deslocamento.

Além de influir sobre a conduta humana, as características da via foram apontadas como influenciadoras de outras duas variáveis dos incidentes: a frequência de acontecimento e a severidade dos acidentes. Baseado nessa relação, foi identificada uma interdependência entre ambas as variáveis, os padrões de desenvolvimento da via e o projeto rodoviário. Essa correlação ocorre através de três intermediários: o volume de tráfego, a probabilidade de conflitos de tráfego e a velocidade de tráfego.

Com o intuito de aprimorar a segurança no trânsito, questionou-se o quanto vias mais largas e planas, retilíneas e de maior amplitude podem ser aliadas de comportamentos mais prudentes por parte dos motoristas. Referente a essa correspondência, estudos sugerem que ambientes de menor risco aparente demonstram um acréscimo na acidentalidade; tal fenômeno foi denominado "homeostase de risco" e descreve sistemas os quais têm o pendor a manter uma constante percepção de segurança. Nessa conjuntura surgiu a hipótese de "compensação reversa", onde a redução de acidentes aconteceria por meio do desenvolvimento de um sistema de aparência menos segura. A ideia, porém, foi rapidamente desacreditada enquanto política pública, em razão de ser uma estratégia polêmica e há pouca comprovação de sua eficácia.

Foram analisados diversos documentos oficiais e normativas em busca de direcionamentos estratégicos das autarquias reguladoras de infraestruturas de transportes para a elaboração de sistemas viários prezando pela segurança viária. Contudo, não foram identificadas orientações relacionadas especificamente a esse propósito.

Visto que esse trabalho objetiva analisar a implementação de princípios de *design* enquanto estratégia para reduzir a incidência de acidentes de trânsito, foram apresentadas semelhanças entre as especializações em *design* e em engenharia civil de forma a averiguar que, apesar de possuírem diferentes objetos de estudo, profissionais de ambas as esferas têm por função o desenvolvimento de soluções visando ao bem-estar social da população impactada. Como o *design* utiliza de uma filosofia própria para a elaboração de projetos, o estudo prosseguiu em direção a conhecer esse pensamento.

Design Thinking é a ideologia na qual são pautadas as práticas de *design*. A metodologia fundamenta-se em uma abordagem que se propõe a centralizar o usuário no processo de elaboração de soluções inovadoras, integrando aspectos tecnológicos, experienciais e de negócio. Essa filosofia se adapta bem à dinamicidade de acontecimentos que caracterizam o século XX, em virtude de estimular a criatividade dos profissionais durante o processo de criação, através da alternância entre ciclos de expansão de consciência e de priorização. Por ser um pensamento que posiciona o usuário no centro do desenvolvimento de soluções, o *Design Thinking* está diretamente conectado ao conceito de "Experiência do usuário". Apesar de geralmente ser associado ao desenvolvimento de interfaces digitais, esse termo engloba toda vivência cotidiana e a relação de seres humanos com objetos.

Quando aplicada na investigação de acidentes de origens distintas, a análise sob a ótica da experiência do usuário aponta que equívocos na etapa de planejamento podem suscitar a falha do indivíduo durante o uso do instrumento construído. Entretanto, ainda que se almeje elaborar o projeto ideal, com o intuito de reduzir em sua totalidade a possibilidade do erro por parte do usuário, a falha do usuário inevitavelmente irá ocorrer, posto que o engano é inerente à natureza humana.

Por conseguinte, é dever do responsável técnico prever possibilidades de reparação das consequências de falhas prováveis, assim como facilitar a interpretação de circunstâncias críticas a serem vivenciadas pelo usuário, de forma a aprimorar sua tomada de decisão.

Na averiguação de casos diretamente relacionados a sinistros de trânsito, identificou-se a existência de um comportamento cultural pró-segurança que se relaciona à tendência do motorista a adotar atitudes prudentes ou temerárias. Pesquisas científicas comprovaram o impacto da cultura na prática da direção em diferentes países, por essa razão acredita-se que a regionalização de estímulos para a condução defensiva pode auxiliar na adoção de hábitos mais prudentes por parte dos motoristas.

Há de se destacar, porém, a importância de entrevistar diretamente os possíveis usuários do sistema durante o desenvolvimento de um projeto regionalizado. Quando os engenheiros responsáveis são compatíveis com o perfil do público-alvo e utilizam de sua própria experiência como usuário, tendem a orientar a concepção do empreendimento de forma a priorizar as praticidades de execução frente à resolução de problemas da população impactada. Portanto, dialogar com o público-alvo é uma etapa essencial para que essa estratégia seja bem-sucedida.

Com o propósito de tangibilizar a aplicação do estudo sobre a experiência do usuário no âmbito da engenharia de transportes, são apresentadas a série de Rodovias "M" e o uso de autoestradas inteligentes. Ambas as soluções britânicas auxiliam o usuário a tomar decisões conscientes no trânsito e tornam o tráfego mais seguro, partindo do pressuposto que elucidam os acontecimentos em tempo real aos motoristas.

A despeito de haver poucos modelos que demonstram o uso da experiência do usuário no desenvolvimento de soluções para sistemas de transporte, os casos apresentados alcançaram resultados positivos, comprovando a potencialidade positiva da implementação dessa estratégia de *design* na esfera da engenharia de tráfego.

Por conseguinte, a hipótese apresentada inicialmente se confirmou e demonstrou-se que o uso de metodologias de *design* no desenvolvimento de projetos rodoviários pode

reduzir o potencial de risco nas vias. Os casos apresentados corroboram com essa conjectura, e é importante salientar que os resultados são inteiramente a curto prazo e atendem ao contexto de um país com uma cultura completamente diferente do Brasil.

Desta forma, há de se destacar a necessidade de serem desenvolvidas mais pesquisas relacionadas ao assunto, dado que apesar de o fator humano ser o mais influente na ocorrência de sinistros de trânsito, a experiência do usuário é demasiadamente desconsiderada no desenvolvimento de sistemas viários mais seguros. Contudo, é importante salientar a existência de iniciativas que pautam esse tema, como o projeto "Rodovias que Perdoam", da Confederação Nacional do Transporte, o qual tem por propósito impedir os sinistros de trânsito e atenuar seus efeitos através da adaptação da estrutura viária às possíveis falhas humanas na condução de veículos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da investigação de conteúdos nacionais e internacionais, identificou-se o fator humano como a principal causa dos acidentes de trânsito, responsável por mais de noventa por cento dos incidentes. Dentre os comportamentos avaliados, destacam-se a falta de atenção e a tomada de decisão desacertada. Simultaneamente, descobriu-se que elementos da via e sua geometria podem estar diretamente conectados a essas condutas imprudentes.

Durante o desenvolvimento de projetos rodoviários são definidas características da via que influenciam diretamente as atitudes do usuário, assim como a frequência de incidentes e a sua severidade. Porém, não foram identificadas orientações normativas relacionadas à segurança no trânsito.

Ao passo que apresentou-se elementos, filosofias e ideologias presentes nas metodologias de design para idear soluções, vinculou-se essa visão especialmente a busca e análise profunda a respeito do comportamento do usuário. Dois casos de aplicação dessa estratégia no desenvolvimento de transportes foram apresentados, o primeiro auxilia usuários a se orientarem apenas com a sinalização viária, mesmo sem conhecer a rodovia; o segundo controla volume e velocidade da via de acordo com o contexto apresentado, aumentando a sua capacidade e a segurança dos usuários.

O desdobramento deste trabalho atravessou a falta de estudos recentes sobre o trânsito brasileiro. Deparou-se com muitas pesquisas científicas que abordam o comportamento do usuário no país, contudo as mais recentes datam do início dos anos 2000. Não foram encontrados estudos nacionais versando a respeito do uso de estudos sobre hábitos do motorista como ferramenta para o desenvolvimento de sistemas de transporte mais seguros.

Haja vista a complexidade do tema, outro obstáculo constatado foi a inserção do uso das metodologias citadas em normativas e orientações para a concepção de projetos rodoviários. De forma geral, as normas analisadas pouco discorrem sobre estudos preliminares necessários para a construção de rodovias, que sejam alheios a aspectos técnicos.

A julgar pela variedade de aspectos relacionados a engenharia de transportes, tal qual a conjuntura na qual se encontram seus objetos de estudo, inferiu-se que a implementação e realização de testes e ensaios práticos seria inviável para este trabalho acadêmico.

Com a finalidade de futuramente produzir estudos mais profundos, sugere-se a realização de entrevistas com engenheiros e gestores públicos. Da mesma forma,

recomenda-se o desenvolvimento de estudos significativos acerca dos comportamentos dos condutores brasileiros e pesquisas relativas a outras figuras presentes no tráfego, afora os motoristas de automóveis.

Enfim, muito há de se explorar no tocante ao assunto abordado neste trabalho, sendo de grande valia científica o exercício de tropicalização de obras internacionais e identificação de necessidades sociais do trânsito brasileiro ainda não supridas.

7 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10697: Pesquisa de sinistros de trânsito - Terminologia**. 2020.

AUSTROADS. **Road Safety Audit**. 2. ed. Sydney: Austroads Incorporated, 2002.

AUSTROADS. **Guide to Road Safety Part 6: Road Safety Audit**. 1. ed. Sydney: Austroads Ltd, 2009.

AUTOMOTIVE SAFETY FOUNDATION; U. S. BUREAU OF PUBLIC ROADS. **Traffic Control & Roadway Elements: Their Relationship to Highway Safety**. Washington: Automotive Safety Foundation, 1963.

BASTOS, S. A. **As infrações da lei nº 11.705/08: um estudo sobre a lei seca em Belo Horizonte/Minas Gerais**. 2010. Trabalho final (Especialização em Segurança Pública e Justiça Criminal)-Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, MG, 2010.

BOBERMIN, M. P.; SILVA, M. M.; FERREIRA, S. Driving simulators to evaluate road geometric design effects on driver behaviour: A systematic review. **Accident Analysis and Prevention**, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105923>>. Acesso em: fev. 2021.

CONGER, J. J. et al. Psychological and psychophysiological factors in motor vehicle accidents. **Jama**, 1959.

CREMONA, A. Mad drivers: psychiatric illness and driving performance. **British Journal of Hospital Medicine**, 1986.

DATASUS. **Portal da Saúde**. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/>>. Acessado em: fev. 2021

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários: Escopos Básicos / Instruções De Serviço**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Estradas De Rodagem, 1999.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Norma DNER-PRO 21. **Estudos e projetos para integração de rodovias com o meio ambiente**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Estradas De Rodagem, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Norma DNIT 100. **Obras complementares – Segurança no tráfego rodoviário – Sinalização horizontal**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Estradas De Rodagem, 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Norma DNIT 101. **Obras complementares – Segurança no tráfego rodoviário – Sinalização vertical**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Estradas De Rodagem, 2009.

DESLANDES, S.; SILVA, C. M. F. P. Análise da morbidade hospitalar por acidentes de trânsito em hospitais públicos do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Revista de Saúde Pública**. São Paulo, 34. ed., 2000. Disponível em: <<http://www.rsp.fsp.usp.br/revista/?lang=en>>. Acesso em: fev. 2021.

ERSAN et al. Cross-cultural differences in driver aggression, aberrant, and positive driver behaviors. **Transportation Research**. v.7, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.03.020>>. Acessado em: fev. 2021.

EWING, R.; DUMBAUGH, E. The Built Environment and Traffic Safety: A Review of Empirical Evidence. **Journal of Planning Literature**. 23. ed., 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/02F0885412209335553>>. Acessado em: fev. 2021.

FERREIRA, A. B. H. **Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1975.

FILHO, M. M. Acidentes de trânsito: as consequências visíveis e invisíveis à saúde da população. **Espaço Acadêmico**. 128. ed., 2012. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/EspacoAcademico/article/view/13630/8521>>. Acessado em: fev. 2021.

HOFFMAN, M. H.; GONZÁLEZ, L. M. Acidentes de trânsito e fator humano. Em **Comportamento Humano no Trânsito**. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2003.

IDEO. **Kit de ferramentas do design centrado no usuário**. Disponível em: <<https://designthinking.ideo.com/>>. Acessado em: fev. 2021.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Brasil gasta 132 bilhões por ano com acidentes de transporte**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 22 de set. de 2020. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=36658&Itemid=8>. Acessado em: fev. 2021.

JALLOW, H.; RENUKAPPA, S.; ALNEYADI, A. The Concept of Smart Motorways. **3rd International Conference on Smart Grid and Smart Cities (ICSGSC)**. Montevideo, 2019. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8906654>>. Acessado em: fev. 2021.

JORGE, M. H. P. M.; KOIZUMI, M. S. **Acidentes de trânsito no Brasil: um atlas de sua distribuição**. São Paulo: Abramet, 2007.

KHATTAK, A. et al. A taxonomy of driving errors and violations: Evidence from the naturalistic driving study. **Accident Analysis & Prevention**. 151. ed., 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457520316936?via%3Dihub#bib0260>>. Acessado em: fev. 2021.

KUNIAVSKY, M.; GOODMAN, E.; MOED, A. **Observing the User Experience: A Practitioner's Guide to User Research**. 2. ed. Burlington: Morgan Kaufmann, 2012.

LIEROP, D. et al. Wayfinding for cycle highways: Assessing e-bike users' experiences with wayfinding along a cycle highway in the Netherlands. **Journal of Transport Geography**. 88. ed., 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102827>>. Acessado em: fev. 2021.

LIU, G. et al. Practitioners' perspective on user experience and design of cycle highways. **Transportation Research Interdisciplinary Perspectives**. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.trip.2019.100010>>. Acessado em: fev. 2021.

MARÍN, L.; QUEIROZ, M. S. A atualidade dos acidentes de trânsito na era da velocidade: uma visão geral. **Caderno Saúde Pública**. 2000. Disponível em: <<https://www.scielo.org/article/csp/2000.v16n1/7-21/>>. Acessado em: fev. 2021.

NIELSEN, J. **Usability 101: Introduction to Usability**. Nielsen Norman Group, 2012. Disponível em: <<https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>>. Acessado em: fev. 2021.

NODARI, C. T. **Método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais de pista simples**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2003. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/christine_t_nodari.pdf>. Acessado em: fev. 2021.

NORMAN, D. A. **O design do dia a dia**. Kindle Edition ed. Rio de Janeiro: Anfitheatro, 2006.

NORMAN, D. A. **O design do futuro**. Rio de Janeiro: Rocco Ltda, 2010.

NORMAN, D. A. **O termo UX**. Youtube, 2016. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=9BdtGjoIN4E&ab_channel=NNgroup>. Acessado em: fev. 2021.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA. **20 anos do CTB – acidentes de trânsito custaram R\$ 36 bilhões por ano**. 2020. Disponível em: <https://www.flipsnack.com/observatorio/release_20_anos_ctb.html>. Acessado em: fev. 2021.

PARK, B. J.; FITZPATRICK, K.; LORD, D. Evaluating the Effects of Freeway Design Elements on Safety. **Transportation Research Record (TRR)**. 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.3141/2195-07>>. Acessado em: fev. 2021.

PIRES, A. B.; VASCONCELLOS, E. A.; SILVA, A. C. **Transporte Humano: Cidades com Qualidade de Vida**. São Paulo: Associação Nacional de Transportes Públicos, 1997.

PROFESSIONAL ENGINEERS ONTARIO. Safety review of highway 407. **Research Gate**. 1999. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/281242600_Safety_review_of_highway_407>. Acessado em: fev. 2021.

PROGRAMA VOLVO DE SEGURANÇA NO TRÂNSITO. **Atlas da acidentalidade no transporte brasileiro**. Disponível em: <<https://www.atlasacidentesnotransporte.com.br/>>. Acessado em: fev. 2021.

REVISTA CARRO. **Conheça a história do Automóvel no Brasil: Rica e apaixonante**. Disponível em: <<https://revistacarro.com.br/historia-do-automovel-no-brasil-rica-e-apaixonante/>>. Acessado em: fev. 2021.

RODRIGUEZ, H. **Primeiro acidente de carro do Brasil foi a 4 km/h e envolveu Olavo Bilac**. Guia Quatro Rodas, 2020. Disponível em: <<https://quatorodas.abril.com.br/noticias/primeiro-acidente-de-carro-do-brasil-foi-a-4-km-h-e-envolveu-olavo-bilac/>>. Acessado em: fev. 2021.

RUMAR, K. The role of perceptual and cognitive filters in observed behavior. **Swedish Road & Traffic Research**. 1985.

SABEY, B. E.; STAUGHTON, G. C. Interacting roles of road environment, vehicle and road user in accidents. **5th International Conference of the International Association for Accident and Traffic Medicine**. 1975.

SARAGIOTTO, D. **Mortes no Trânsito: Tráfego brasileiro mata 1 pessoa a cada 15 minutos**. Estadão. 15 de set. de 2020. Disponível em: <<https://mobilidade.estadao.com.br/mobilidade-com-seguranca/mortes-no-transito-brasileiro-mata-1-pessoa-a-cada-15-minutos/>>. Acessado em: fev. 2021.

SEBRAE. **O que é design e como ele influencia na rotina de uma empresa**. SEBRAE. 2014. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/artigosInovacao/o-que-e-design-e-o-que-ele-pode-fazer-pela-sua-empresa,c636797d9ed77410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>. Acesso em: fev. 2021.

TAMAYO, A. S. **Procedimento para avaliação e análise da segurança de tráfego em vias expressas urbanas**. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2010.

TAMAYO, A. S.; CAMPOS, V. B. G. Um Método para Determinação das Condições de Segurança de Tráfego em Vias Urbanas. **XIII Congresso Latino-Iberoamericano de Investigación Operativa - CLAIO**. 2006a. Disponível em: <[http://www.pgmecc.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs/\(5\)seg-trafego.pdf](http://www.pgmecc.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs/(5)seg-trafego.pdf)>. Acesso em: fev. 2021.

TAMAYO, A. S.; CAMPOS, V. B. G. Avaliação e Tratamento das Características da Infra-Estrutura Viária Urbana que Influenciam a Segurança do Tráfego. **Engenharia Civil UM**. 27. ed., 2006b. Disponível em: <http://www.civil.uminho.pt/revista/artigos/Num27/n_27_pag_123-134.pdf>. Acessado em: fev. 2021.

NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. Designing Safer Roads: Practices for Resurfacing, Restoration, and Rehabilitation. Washington, DC: The National Academies Press, Special Report 214, 1987. Disponível em: <<https://doi.org/10.17226/11357>>. Acessado em: fev. 2021.

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs. Population Division. **World Urbanization Prospects: The 2018 Revision**. New York: United Nations, 2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Curso de Desenho Industrial. **Projeto Pedagógico**. Santa Maria, 2015. Disponível em: <<https://www.ufsm.br/cursos/graduacao/santa-maria/desenho-industrial/projeto-pedagogico>>. Acessado em: fev. 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Curso de Engenharia Civil. **Projeto Pedagógico**. Santa Maria, 2005. Disponível em: <<https://www.ufsm.br/cursos/graduacao/santa-maria/engenharia-civil/projeto-pedagogico>>. Acessado em: fev. 2021.

VASCONCELLOS, E. A. **O que é trânsito**. São Paulo: Brasiliense, 2017.

WARD, N. J. et al. Traffic safety culture and prosocial driver behavior for safer vehicle-bicyclist interactions. **Journal of Safety Research**. 75. ed., p. 24-31, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jsr.2020.07.003>>. Acessado em: fev. 2021.