



ANÁLISE DE PERCEPÇÃO DE REALISMO DE SIMULADOR DE DIREÇÃO VEICULAR POR RAZÃO DE PREVALÊNCIA

Arthur Rodrigues de Freitas Lima

Gustavo Rubén Di Rado

Daniel Sergio Presta García

Christine Tessele Nodari

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

RESUMO

O aprimoramento dos equipamentos e cenários virtuais utilizados em simuladores de direção veicular (SDV) constitui aspecto essencial para que os resultados obtidos por meio destes também sejam representações cada vez mais fiéis da realidade. A sensação de presença permite que participantes de estudos com simuladores experimentem maior imersão nos cenários virtuais projetados. O objetivo deste estudo foi analisar a percepção de realismo de um SDV pelo método de Razão de Prevalência (RP), a partir das respostas nos questionários de presença respondidos pelos participantes da simulação aplicada. Os dados apresentados neste trabalho foram coletados por amostragem de voluntários que aderiram ao SDV do Laboratório de Sistemas de Transportes, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Os resultados apontam prevalência de maior percepção de realismo no simulador para as faixas “35 anos ou mais” e “Menos de 15 anos de CNH”, dos fatores “Idade” e “Anos CNH”, respectivamente.

ABSTRACT

The improvement of the equipments and virtual scenarios used in driving simulators is an essential aspect for the results obtained through them to become increasingly faithful representations of reality. The sense of presence of the studies allow the participants to experience higher immersion in the virtual scenarios projected. The purpose of the present study was analyzing the perception of realism of a driving simulator, through the Prevalence Ratio method, from the answers obtained in the presence questionnaires answered by the entrants. The data presented in this study were collected from a group of volunteers who joined the vehicle simulator of the Transport Systems Laboratory of the Federal University of Rio Grande do Sul. The results indicate a prevalence of higher perception of realism in the simulator for the segments “35 years or more” and “Less than 15 years of CNH” of the factors “Age” and “Years of CNH”, respectively.

1. INTRODUÇÃO

Os simuladores de direção veicular (SDV) têm sido uma alternativa de grande valia para estudos relacionados a aspectos que englobam os três principais fatores de acidentes - o condutor, o veículo e a via (TREAT *et al.*, 1979) -, separada ou conjuntamente. Por meio destes, é possível implementar, em ambiente virtual, cenários variados contendo possibilidades de soluções para diversos problemas em rodovias, testá-los, a fim de se obterem dados essenciais à análise dos diferentes cenários, e se chegar a conclusões a respeito das soluções testadas. Também é possível elaborar experimentos visando à análise de aspectos comportamentais dos condutores, referentes a diferenças de gênero, idade, distração, carga mental, entre outros, ou, ainda, experimentos voltados à avaliação de veículos específicos e suas particularidades, como, por exemplo, veículos autônomos.

Constituem exemplos relevantes do uso do simulador em situações como as supracitadas os estudos de projeto geométrico (BELLA, 2009), velocidades médias em tangentes e curvas (BELLA, 2008), adaptação ao simulador e ocorrência de *Simulator Sickness* (SS) em função da idade (KAWANO *et al.*, 2012), distração em situações de condução (KASS; COLE; STANNY, 2007); (HORBERRY *et al.*, 2006), fadiga e monotonia do entorno da rodovia (THIFFAULT; BERGERON, 2003), influência do piloto automático ou piloto automático adaptativo no comportamento do condutor (VOLLRATH; SCHLEICHER; GELAU, 2011), comportamento do condutor quando retomando o controle de um veículo altamente automatizado (MERAT *et al.*, 2014), dentre muitos outros exemplos de estudos.



As possibilidades contempladas pelo uso de simuladores preenchem uma lacuna, qual seja a dificuldade/impossibilidade de testar diferentes cenários em uma mesma rodovia na vida real, dadas as questões referentes a custos e segurança, por exemplo. De acordo com Calhoun e Pearlson (2012, p. 26):

A Realidade Virtual (VR) pode simular ambientes complexos e ecologicamente válidos que são responsivos a múltiplos comportamentos complexos. A VR também possibilita a condução de experimentos que não poderiam ser realizados em nenhum outro ambiente, permitindo simulações de tarefas impraticáveis, perigosas, antiéticas, ou até mesmo impossíveis em contextos reais.

Assim, houve significativa evolução não apenas dos SDV, mas também dos parâmetros que o qualificam. Contribuições relevantes para o campo de estudo podem ser citadas, como o conceito de validação comportamental dos simuladores (BLAAUW, 1982), a abordagem unificada para a comparação da fidelidade de simuladores (WYNNE; BEANLAND; SALMON, 2019). Busca-se constantemente aprimorar a qualidade não apenas do simulador, por meio dos equipamentos que o constituem, mas também por meio de modelos validados e de cenários mais realistas, que permitam que os condutores envolvidos no estudo experimentem maior imersão no SDV, o aproximando tanto quanto possível da realidade.

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a percepção de realismo do presente SDV, mediante análise de prevalência das respostas fornecidas pelos 26 voluntários no Questionário de Presença (QP). Para tal, serão levadas em consideração as pontuações atribuídas por cada voluntário a todas as 21 perguntas do QP, confrontadas com a segmentação da amostra do estudo por idade, tempo de Carteira Nacional de Habilitação (CNH) e frequência de envolvimento em acidentes.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cenários virtuais, sensação de presença e percepção de realismo

Pode-se definir um cenário virtual como um ambiente construído digitalmente, através de *softwares* de edição de imagem e/ou de modelagem, incorporando objetos, cores, sombras, reflexos e imagens, projetadas para simular um cenário físico real. Cenários virtuais são um advento muito bem-vindo da tecnologia, permitindo, em conjunto com as ferramentas do mundo real, expandir as possibilidades em diversas áreas. Bons exemplos de tal expansão provêm da indústria cinematográfica, que utiliza ostensivamente cenários virtuais, trazidos à realidade através do uso de *Chroma Key*, combinado com atuações e edições mais do que competentes.

No universo dos simuladores de direção veicular, um cenário virtual é, via de regra, um trecho de rodovia, baseado em um cenário real ou não, utilizado para estudo de um aspecto de interesse, referente ao comportamento dos condutores, a um veículo de interesse, ou elemento deste, ou alguma característica da via estudada, própria ou a ser implantada, nos casos em que o cenário virtual foi construído baseado em um cenário real. E, dentro deste universo, é essencial que os voluntários dos estudos experienciem um nível razoável de imersão no estudo, traduzido pela sensação de presença.

A sensação de presença consiste em um conceito um tanto abstrato e que oferece certa dificuldade para ser mensurado. Fontaine (1992, p.483) descreve a sensação de presença como “um estado de consciência no qual estamos psicologicamente presentes na tarefa imediata e amplamente conscientes de uma gama de características ecológicas nesta, em vez



de manter a concentração apenas em uma seleção de características ou eventos acontecendo no local”.

Já para Witmer e Singer (1998, p. 225), “a presença é definida como a experiência subjetiva de se estar em um lugar ou ambiente, mesmo quando fisicamente em outro. [...] Aplicado ao ambiente virtual, a presença refere-se a experienciar o ambiente gerado em computador em vez da localidade física atual”. Entretanto, os autores também defendem que, apesar desta definição prover um entendimento comum do conceito de presença, não identifica os fatores que a influenciam, tampouco descrevem a exata natureza da presença.

Assim, para que os condutores experimentem uma imersão em nível adequado, de tal forma que se sintam presentes no ambiente simulado, é necessário que não apenas o sistema de controle do simulador possua certo nível de fidelidade, mas também o cenário virtual elaborado possua elementos fidedignos nos aspectos relacionados a dimensões e greide das rodovias, física do veículo e rodovia simulados, entre outros. Sobre este tópico, Bella (2009) defende que o grau de realismo afeta a validade do estudo e as limitações na visualização dinâmica do cenário da rodovia podem influenciar os resultados do estudo de simulação veicular. Já Facchini (2021), em estudo analisando a influência da idade na percepção de realismo em um simulador, observou que existe influência da idade do voluntário na presença sentida durante a simulação, tendo o grupo mais velho de voluntários desenvolvido velocidades médias, no simulador, mais próximas às velocidades desenvolvidas em veículo instrumentado.

2.2 Questionário de Presença

Uma forma de se aferir a percepção subjetiva de realismo, medida por meio da sensação de presença dos participantes de estudos com SDV, é a aplicação de Questionário de Presença (QP), após a simulação realizada. A versão original do QP foi estabelecida com 32 questões referentes a fatores sensoriais, de realismo, de distração e de controle, com uma escala de *likert* de 7 pontos, sendo o menor valor referente a piores percepções concernentes às respectivas questões, e o maior valor sendo percepções mais apuradas dos itens questionados (WITMER; SINGER, 1998).

Posteriormente, aprimoramentos do QP original, bem como outras versões, adaptadas deste, foram utilizadas em outros estudos, adaptadas do questionário original. Witmer *et al.* (2005) conduziram um estudo com vistas à reclassificação dos fatores referentes às questões do QP original, resultando em uma divisão de fatores relacionados a Envolvimento (EV), Fidelidade Sensorial (FS), Adaptação/Imersão (AI) e Qualidade da Interface (QI). Figueira e Larocca (2018) executaram um estudo de avaliação de um SDV a partir de um QP, sendo este uma versão adaptada do original, contendo 21 das 32 questões, dada a desnecessidade das perguntas referentes a respostas ao toque.

2.3 Razão de Prevalência

O conceito estatístico de prevalência guarda relação com a medida de determinada condição de interesse em um grupo exposto a uma condição delineada, em relação ao grupo não exposto a esta condição. É uma abordagem consagrada, muito utilizada nos estudos relacionados à área da saúde, especialmente em estudos de infectologia e epidemiologia.

No campo da engenharia e do estudo de tráfego e segurança viária, a RP já foi empregada em estudos relacionados ao envolvimento de drogas em motoristas vitimados por acidentes fatais em rodovias australianas (DRUMMER *et al.*, 2004), o papel da sonolência em acidentes



(CONNOR *et al.*, 2001), erros cometidos por condutores adolescentes, que resultaram em acidentes fatais (CURRY *et al.*, 2011), relações entre acidentes de trânsito e variáveis socioeconômicas, no município de Rio Branco, Acre (MAGALHÃES *et al.*, 2011), entre outros.

3. METODOLOGIA

Integraram as etapas metodológicas deste estudo a definição do cenário real (1); elaboração do cenário virtual e suas variáveis (2); montagem, preparação e calibração do equipamento (3); seleção dos voluntários (4); coleta (5), tratamento (6) e análise dos dados (7).

3.1. Cenário

Para a escolha do cenário real e elaboração do cenário virtual, foram empregados os dados referentes à contagem de tráfego e projeto geométrico fornecidos pelo Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem (DAER) à UFRGS por meio de parceria técnica entre as duas instituições, pactuada através de Termo de Cooperação.

Os dados fornecidos referem-se a uma rodovia real, de pista simples, localizada a noroeste do estado do Rio Grande do Sul, que conta com significativo tráfego de veículos de carga. Partindo dos dados de projeto geométrico fornecidos pelo DAER, foi possível obter as coordenadas UTM através de sistema de busca e visualização interativa de mapas e imagens de satélite. Com as coordenadas obtidas, foi possível montar a superfície 3D da rodovia e de seu entorno, bem como o cenário alternativo, contendo as terceiras faixas.

Na sequência, procedeu-se ao cadastro da sinalização horizontal. Todas as etapas descritas anteriormente foram realizadas por meio do *software* SAEPRO (Sistema Avançado para Estudos e Projetos Viários). Após, para finalização do cenário virtual, foram utilizados os *softwares* Sketchup, para modelagem e texturização da rodovia e sinalização horizontal, e Unity, para adição do volume de tráfego, também baseado nos dados fornecidos pelo DAER, e os elementos de tráfego. O trecho de estudo da rodovia, desenvolvido no cenário virtual, corresponde a, aproximadamente 20km, com ambiente diurno, céu limpo e asfalto seco.

3.2. Equipamento

No experimento, foi empregado o SDV vinculado ao Laboratório de Sistemas de Transportes (LASTRAN), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O SDV é composto por *cockpit* contendo assento, volante, câmbio e pedais de embreagem, freio e acelerador, da marca Logitech, modelo G27, além do sistema de reprodução da simulação, composto por *hardware*, referente ao computador e projetor utilizados (Oculus Rift ou televisão comum), e os *softwares* de rodagem dos cenários criados e captura das simulações executadas. Cabe ressaltar que este SDV possui validade comportamental, mais especificamente validade relativa (ANDRIOLA, 2021).

O veículo utilizado nos cenários é um Fiat Uno Way 1.0, desenvolvido e aprimorado pelo professor Gustavo Di Rado, da Universidad Nacional Del Nordeste (UNNE), Argentina (DI RADO *et al.*, 2011, 2014, 2016, 2017), por meio do *software* de desenvolvimento de jogos Unity, originalmente para utilização no Simulador de Conducción de Vehículos (SICOV), da UNNE. Para a calibração das características mecânicas do veículo, a referência empregada foi o manual do usuário. Os aspectos visuais do veículo - painel, espelhos, vidros e outros itens que se encontram no campo de visão do condutor em primeira pessoa foram reproduzidos de acordo com as características do veículo real. Diante da impossibilidade de conduzir o veículo



simulado utilizando-se câmbio manual, a transmissão utilizada pelos voluntários no experimento foi automática, dispensando o uso do câmbio presente no SDV.



Figura 1: Simulador de Direção Veicular do LASTRAN, veículo e cenário virtual desenvolvidos

Originalmente, de acordo com a abordagem unificada de fidelidade dos simuladores de direção, proposta por Wynne *et al.* (2019), o presente SDV possuía fidelidade média, com um total de 9 pontos – 5 pontos referentes ao aspecto visual (Múltiplas telas com campo de visão maior que 270°), 1 ponto referente ao aspecto de movimento (base fixa) e 3 pontos referentes ao aspecto de física (Assento de veículo com volante e pedais). Entretanto, devido a alguma anomalia incapaz de ser corrigida em tempo hábil para o experimento, os cenários desenvolvidos não puderam ser devidamente reproduzidos no Oculus Rift. Assim, a impossibilidade de seu uso, bem como sua substituição por tela de 40 polegadas, reduziu o valor do aspecto visual de 5 para 2 pontos (projeter ou tela maior que 25 polegadas).

3.3. Participantes

O experimento foi conduzido com um quantitativo de 26 voluntários totalizando a amostra, coletados de forma aleatória no local no qual o experimento foi conduzido. Considerou-se, como critério para a seleção destes, a posse de CNH, categoria B. O questionário fornecido a cada participante do estudo possuía três partes distintas, sendo a primeira referente aos dados demográficos do voluntário e o questionário de avaliação prévia dos sintomas de *Simulator Sickness*, a segunda relacionada à pós avaliação dos sintomas de *Simulator Sickness*, e a terceira parte relacionada à sensação de presença experienciada pelo participante - *Presence Questionnaire* ou Questionário de Presença (QP).

3.4. Coleta de Dados

A coleta de dados obedeceu aos seguintes passos: (i) Preenchimento, por parte do voluntário, da primeira parte do questionário; (ii) Explicação ao voluntário a respeito dos componentes do simulador, de como seria realizada a coleta dos dados e do trecho referente ao treinamento e aclimatação do voluntário ao simulador; (iii) Condução, por parte do voluntário, no simulador, do veículo no trecho de estudo; (iv) Preenchimento, por parte do voluntário, do questionário de pós avaliação dos sintomas de *Simulator Sickness* e do QP.

O experimento foi conduzido mediante a coleta de dados em dois cenários distintos. Um dos ambientes possui a configuração padrão da rodovia, enquanto, no outro, foram introduzidos trechos com terceiras faixas. Em ambos cenários foi implementado tráfego nos dois sentidos, baseado nos valores de contagem de tráfego fornecidos pelo DAER. Do cenário virtual construído, referente ao trecho original de 20km, os voluntários percorreram 15km, sendo os primeiros 5km a título de treinamento/aclimatação, assim sendo descartados das análises.



Após a condução nos cenários, o voluntário foi convidado a preencher o QP com 21 questões e respostas na escala likert de 7 pontos. O QP aplicado é o mesmo instrumento empregado no estudo de validação comportamental deste simulador, realizado por Andriola (2021)

3.5. Tratamento estatístico e análise dos dados

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos através das respostas dos participantes ao questionário de dados demográficos e ao QP. Inicialmente, todos os questionários preenchidos foram agrupados em duas tabelas, com a Tabela 1 contendo os dados demográficos de cada voluntário, e a Tabela 2 apresentando todas as respostas de todas as questões do QP, respondidas por todos os voluntários que realizaram o experimento completo.

Tabela 1: Dados Demográficos

Ficha	Idade	Gênero	Anos CNH	Freq. Direção	Env. Acidentes
1	39	Masc	21	5	1
2	-	-	-	-	-
3	47	Masc	29	5	1
...					
28	69	Masc	51	5	1

Tabela 2: Respostas ao Questionário de Presença

F i c h a	Questões																				Exp. Simul.	
	E V	E V	E V	E V	E V	E V	E V	E V	F S	F S	E V	Q I	A I	A I	Q I	A I	F S	F S	F S	A I		A I
	Q 1	Q 2	Q 3	Q 4	Q 5	Q 6	Q 7	Q 8	Q 9	Q 10	Q 11	Q 12	Q 13	Q 14	Q 15	Q 16	Q 17	Q 18	Q 19	Q 20		Q 21
1	7	5	7	7	7	7	5	7	7	7	7	7	6	7	7	7	7	1	1	7	7	1
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	7	4	5	3	5	4	5	7	5	6	6	6	5	6	5	5	5	5	5	5	5	1
...																						
28	7	5	7	6	6	7	6	7	6	7	7	5	7	7	7	7	5	7	7	7	6	2

Na seção dos dados demográficos, foram realizadas adaptações para as respostas de algumas questões, de forma a facilitar o agrupamento.

Para a frequência de direção, foram atribuídos valores numéricos de 1 a 5

- 1 correspondendo à opção “Menos que uma vez por mês”;
- 2 correspondendo à opção “De 1 a 3 vezes por mês”;
- 3 correspondendo à opção “De 1 a 2 vezes por semana”;
- 4 correspondendo à opção “De 3 a 6 vezes por semana”;
- 5, equivalente à opção “Diariamente”.

A mesma adaptação foi realizada para a pergunta “Você já se envolveu em acidentes de trânsito?”, sendo 0 correspondente à opção “nunca”, passando pelos valores 1 e 2, equivalendo a “uma vez” e “duas vezes” e, finalmente, chegando em 3, equivalente à opção “mais de duas vezes”. Para a questão “Qual sua experiência com simuladores de direção?”, adaptação semelhante foi empregada, tendo sido atribuído o valor 1 para as respostas “Primeira vez”, 2 para “Segunda vez” e 3 para “Mais de duas vezes”.



Finalizada esta etapa inicial de tratamento, procedeu-se à segmentação dos grupos de estudo para a análise de prevalência. A segmentação levou em consideração o tamanho reduzido da amostra, tomando-se o devido cuidado de não se dividir a totalidade dos valores em muitos fatores diferentes, além de buscar, dentro do possível, segmentos de tamanhos similares. Desta forma, as segmentações escolhidas foram baseadas em:

- Idade (menos de 35 anos, $n = 11$ e mais de 35 anos, $n = 15$);
- Anos de CNH (menor do que 15 anos e maior ou igual a 15 anos, ambas com $n = 13$) e
- Frequência de acidentes (nenhum acidente, $n = 11$ e um ou mais acidentes, $n = 15$).

Para cada segmentação, os dados foram ordenados de forma crescente, e os valores das notas das respostas de cada grupo para as questões contidas no QP foram contabilizados. A partir deste agrupamento de dados, para análise preliminar, foi possível extrair os gráficos do padrão de respostas para cada segmentação, sendo o exemplo referente aos grupos “<35 anos” e “≥35 anos” apresentado na Figura 2.

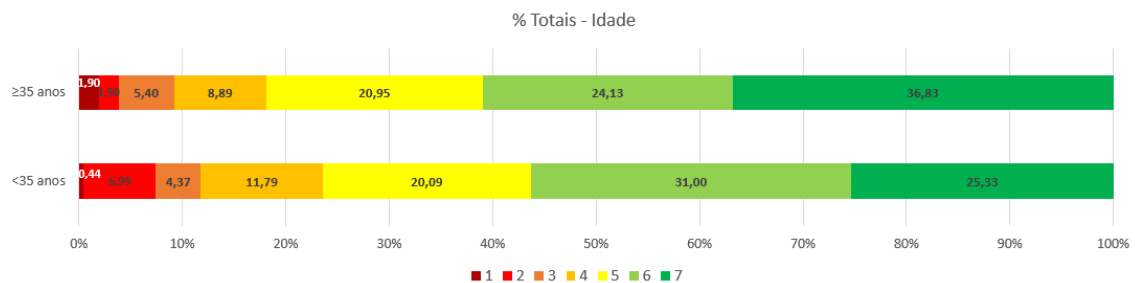


Figura 2: Gráfico de padrão de respostas ao QP - Segmentação por Idade

Inicialmente, pode-se notar uma leve tendência dos grupos representados pelos condutores com 35 anos ou mais a dar respostas contendo notas maiores na escala das questões do QP. Tal tendência também ocorre nos grupos “menos de 15 anos de CNH” e “um ou mais acidentes”, para as demais segmentações estudadas. Cabe ressaltar que, embora idade e anos de CNH sejam escalas com certa similaridade, não necessariamente um condutor mais idoso também se encontra no grupo com mais anos de CNH, por se tratar de uma amostra na qual os condutores obtiveram sua habilitação com idades distintas.

Após a análise preliminar, foi calculada a RP, por meio de Regressão de Poisson, para avaliação da influência dos fatores escolhidos na prevalência de maiores notas nas respostas do QP e significância do modelo estabelecido.

3.5.1. Modelo Linear Generalizado e Regressão de Poisson

Para estudos que envolvem a relação entre variáveis, é comum a utilização de Modelos de Regressão. Dentro deste campo da estatística, o modelo linear é consideravelmente popular, entretanto, para sua aplicação, espera-se que a variável resposta siga uma distribuição Normal. Para contornar esta dificuldade, Nelder e Wedderburn (1972) introduziram o Modelo Linear Generalizado, no qual a distribuição da variável resposta não precisa ser Normal, mas sim uma outra distribuição da família exponencial e a função que relaciona o valor esperado e o vetor de variáveis explicativas pode ser qualquer função diferenciável (ALVARENGA, 2015).

Dentre os modelos conhecidos, há o Modelo de Regressão de Poisson, escolhido para a análise dos dados deste estudo. Este modelo é empregado quando da análise de dados de contagem, discretos e que assumem valores não nulos, registrando o número de ocorrências



de um evento em um tempo fixo. Desta forma, a variável dependente, referente às notas dos questionários, foi interpretada de tal forma, sendo a contagem referente ao número de respostas da amostra correspondentes a cada valor da escala de *likert*. Carmo (2019), em sua tese de doutorado, conduziu estudo utilizando a Regressão de Poisson para análise de segurança viária em trechos urbanos de rodovias federais, também por Razão de Prevalência.

O objetivo da regressão de Poisson é modelar a relação de uma variável dependente Y com um vetor de variáveis independentes x_i (WINKELMAN, 2008). Desta forma, sendo Y a variável resposta aleatória com distribuição de Poisson, que pode assumir apenas valores inteiros não negativos, sua função de probabilidade é expressada pela equação apresentada em (1):

$$f(y_i) = \frac{\mu_i^{y_i} e^{-\mu_i}}{y_i!} \quad (1)$$

Na qual y_i : valor observado da variável resposta Y (valores discretos e não negativos)
 μ_i : parâmetro desconhecido, correspondente ao valor médio da variável resposta

De acordo com Gujarati e Porter (2011), é possível demonstrar que a variância é a mesma que o valor médio. Portanto, sabendo que $E(Y) = \text{var}(Y) = \mu$, tem-se em (2) o modelo de Regressão de Poisson reescrito como:

$$Y_i = E(Y_i) + \mu_i = \mu_i + \mu_i \quad (2)$$

Onde Y distribui-se como variáveis aleatórias de Poisson com média μ_i , expresso para cada indivíduo em (3):

$$\mu_i = E(y_i) = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \beta_n X = X' \beta \quad (3)$$

Em que os X são as variáveis de estudo que poderiam afetar o valor médio. Entretanto, como o valor de μ_i só pode assumir valores não negativos na Regressão de Poisson, Alvarenga (2015) reescreveu o modelo de regressão linear através da equação (4):

$$\mu(X_i) = e^{X' \beta} \quad (4)$$

Por fim, de forma a estabelecer uma relação linear entre a variável Y e as variáveis X , a autora empregou uma transformação logarítmica como função de ligação do modelo linear generalizado, obtendo-se (5):

$$\ln(\mu(X_i)) = \ln(e^{X' \beta}) = X' \beta \quad (5)$$

Como os coeficientes de regressão β_n , $n = 1, 2, \dots, p$ representam a variação esperada do logaritmo do valor médio, por unidade de variação na variável X_i (neste estudo, as variáveis independentes), através dos valores obtidos por $\exp(\beta)$, reais e não nulos, é possível calcular e analisar a Razão de Prevalência destas variáveis.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados foi construída por meio do *software IBM SPSS Statistics 28*. Para a adequada modelagem, os segmentos de cada fator foram classificados conforme a Tabela 3.



Tabela 3: Valores atribuídos a cada segmentação dos fatores estudados

Idade	Anos CNH	Env. Acidentes	Valor SPSS
35 anos ou mais	15 anos ou mais	1 ou mais	0
<35 anos	<15 anos	0 Acidentes	1

Aos valores mais elevados de idade, anos de CNH e frequência de acidentes foi atribuído o valor 0, para que a RP seja apresentada de forma explícita na tabela da análise, enquanto que as faixas de valor 1 são tomadas como os valores de referência, com RP igual a 1. Além disso, os valores referentes às notas de cada questão foram transpostos, visto que a avaliação proposta neste estudo não ocorre questão à questão, mas sim considerando uma maior percepção de realismo como a atribuição de notas mais altas às questões do QP de forma generalizada. Ainda, antes da aplicação do modelo de regressão, foi avaliada a colinearidade das variáveis independentes, de forma a minimizar o risco de ocorrência de problemas com o modelo. A Tabela 4 apresenta os diagnósticos de colinearidade fornecidos pelo SPSS.

Tabela 4: Diagnósticos de Colinearidade

Modelo	Coeficientes Sig.	Estatísticas de colinearidade	
		Tolerância	VIF
IDADE	0,002	0,435	2,300
ANOS_CNH	<0,001	0,510	1,960
FREQ_ACIDENTES	0,253	0,724	1,382

Os valores de Fator de Inflação da Variância (VIF), ainda que não sejam iguais a 1, mais recomendado, estão bem abaixo do valor limite de 10. A tolerância, que equivale a 1 dividido pelo valor de VIF, possui valor maior do que 0,2 para os três fatores, indicando que não há problemas de colinearidade no modelo apresentado. Assim, na sequência foi calculada a RP para verificação da influência das variáveis na percepção de realismo do SDV.

4.1. Razão de Prevalência das variáveis

No modelo de regressão de Poisson com estimador robusto, para as variáveis “Idade” e “Frequência de Acidentes”, as segmentações superiores, correspondentes às faixas “35 anos ou mais” e “1 ou mais acidentes” apresentaram RP iguais a 1,113 e 1,032, respectivamente. Já para a variável “Anos de CNH”, o modelo apresentou RP igual à 0,899 na faixa superior, correspondente a “15 anos ou mais”, indicando que há uma prevalência de maior percepção de realismo do SDV por parte da faixa equivalente aos condutores com menos de 15 anos de CNH. Tais resultados vão de encontro a análise preliminar estabelecida, que apontava uma leve tendência de respostas mais altas por parte destes mesmos grupos.

Entretanto, a respeito da significância do modelo e de cada variável, o teste de Omnibus apontou um p-valor de 0,088, indicando que o modelo não é significativo estatisticamente ($p > 0,05$). Os testes de efeitos do modelo para as variáveis apontaram significância estatística das variáveis “Idade” e “Anos de CNH” ($p < 0,001$). Já a variável “Frequência de Acidentes” apresentou p-valor igual a 0,179, sendo não significativo no modelo. Nas Tabelas 5 e 6, podem ser observados os resultados do modelo para os testes de Omnibus e efeitos do modelo, respectivamente.



Tabela 5: Teste de Omnibus

Qui-quadrado de razão de verossimilhança	gl	Sig.
6,544	3	0,088

Tabela 6: Testes de efeitos do modelo

Variável	Qui-quadrado de Wald	gl	Sig.
(Intercepto)	20197,016	1	0,000
IDADE	12,929	1	<0,001
ANOS_CNH	15,081	1	<0,001
FREQ_ACIDENTES	1,809	1	0,179

Desta forma, diante da hipótese de que a variável não significativa causava influência suficiente para que o modelo fosse tomado como não significativo, foi realizada nova regressão de Poisson, apenas para as variáveis apontadas como significativas na primeira análise. Nesta tentativa, o teste de Omnibus, apontou p-valor igual a 0,049, como mostrado na Tabela 7 - sendo o modelo, após o ajuste, significativo. Os testes de efeito para as variáveis seguiram apontando significância estatística das variáveis “Idade” e “Anos de CNH” ($p < 0,001$), como elucidado na Tabela 8.

Tabela 7: Teste de Omnibus - Modelo sem Frequência de Acidentes

Qui-quadrado de razão de verossimilhança	df	Sig.
6,027	2	0,049

Tabela 8: Testes de efeitos do modelo - Sem Frequência de Acidentes

Variável	Qui-quadrado de Wald	df	Sig.
(Intercepto)	20500,623	1	0,000
IDADE	17,805	1	<0,001
ANOS_CNH	13,903	1	<0,001

Os resultados obtidos, apresentados na Tabela 10, apontam um valor de RP de 1,130 e 0,900 para as variáveis “Idade” e “Anos de CNH”, respectivamente. Assim, para as faixas “35 anos ou mais” e “Menos de 15 anos”, referentes às variáveis “Idade” e “Anos de CNH”, respectivamente, percebe-se maior prevalência de uma percepção mais elevada de realismo do SDV. Tal resultado também denota uma possível maior percepção de realismo do simulador para os condutores que, embora com maiores idades, possuem menos experiência na tarefa da condução de um veículo, expressa pelo menor tempo de habilitação.

Tabela 9: Estimativas dos parâmetros Idade e Anos de CNH

Parâmetro	Teste de hipótese			RP	95% Int. Conf. Wald para Exp(B)	
	Qui-quadrado de Wald	gl	Sig.		Inferior	Superior
(Intercepto)	9078,291	1	0,000	5,434	5,248	5,627
[IDADE =0]	17,805	1	<0,001	1,130	1,067	1,195
[IDADE =1]	.	.	.	1	.	.
[ANOS_CNH =0]	13,903	1	<0,001	,900	,852	,951
[ANOS_CNH =1]	.	.	.	1	.	.



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a análise e tratamento dos dados, constatou-se a prevalência de maior percepção de realismo do SDV para os segmentos “35 anos ou mais” e “Menos de 15 anos”, referentes aos fatores “Idade” e “Anos de CNH”, respectivamente. Quanto ao fator “Frequência de Acidentes”, não foi possível proceder à análise de RP por conta do caráter não significativo da variável no modelo apresentado (p -valor $>0,05$). O resultado obtido também denota uma possível maior percepção de realismo do simulador para os condutores que, embora com maiores idades, possuem menos experiência na tarefa da condução de um veículo, expressa pelo menor tempo de habilitação.

Quanto ao método de análise adotado, pode-se concluir também que a avaliação de fatores relacionados a aspectos comportamentais por meio de RP pode constituir ferramenta útil para futuros estudos relacionados a outras variáveis dependentes de contagem, como, por exemplo, número de ultrapassagens em um trecho de estudo ou número de trocas de faixa, em casos de simulação com pistas contendo mais de uma faixa por sentido.

Por fim, para maior aprofundamento do tema do presente estudo, sugere-se a montagem de novos experimentos, analisando a prevalência de outros fatores na percepção de realismo, tais como a fidelidade do simulador (cenários com e sem Oculus Rift, por exemplo), o nível de detalhamento do cenário (cenários com um nível de detalhamento similar ao apresentado neste estudo contra cenários contendo a vegetação completa), cenários com diferentes condições de visibilidade e física de condução do veículo (por exemplo, cenários à noite e/ou com chuva e neblina), além de experimentos com maior amostragem e segmentação dos dados, de forma a reduzir erros induzidos pelo tamanho e/ou tipo da amostra e possibilitar a análise de RP por outros fatores que não foram utilizados neste trabalho, tais como gênero, experiência em simuladores de direção, frequência de direção, entre outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, A. M. T. **Modelos lineares generalizados: aplicação a dados de acidentes rodoviários**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Lisboa, 2015.
- ANDRIOLA, C. L. **Análise da validade comportamental de um simulador de direção imersivo**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2021
- BELLA, F. Driving simulator for speed research on two-lane rural roads. **Accident Analysis & Prevention**, v. 40, n. 3, p. 1078–1087, maio 2008.
- BELLA, F. Can Driving Simulators Contribute to Solving Critical Issues in Geometric Design? **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 2138, n. 1, p. 120–126, 1 jan. 2009.
- BLAAUW, G. J. Driving Experience and Task Demands in Simulator and Instrumented Car: A Validation Study. **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, v. 24, n. 4, p. 473–486, 23 ago. 1982.
- CALHOUN, V. D.; PEARLSON, G. D. A selective review of simulated driving studies: Combining naturalistic and hybrid paradigms, analysis approaches, and future directions. **NeuroImage**, v. 59, n. 1, p. 25–35, jan. 2012.
- CARMO, C. L. **Segurança Viária em Trechos Urbanos de Rodovias Federais**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. Universidade Federal de São Carlos, 2019.
- CONNOR, J.; WHITLOCK, G.; NORTON, R.; JACKSON, R. The role of driver sleepiness in car crashes: a systematic review of epidemiological studies. **Accident Analysis & Prevention**, v.33, n.1, p. 31–41, jan. 2001.
- DI RADO, G. R; GARCÍA, D. S. P.; DEVINCENZI, G. H.; SILVERO, F. Modelo de simulación de transito de un vehículo de paseo terrestre en trayectoria curva. **Mecánica Computacional**, [s. l.], v. XXXV, p. 1111–1136, 2017.



- DI RADO, G. R.; DEVINCENZI, G. H.; GARCÍA, D. S. P. Aplicación del método de integración numérica de ecuaciones diferenciales Runge y Kutta 4 (RK4) a un modelo de simulación longitudinal de dinámica vehicular terrestre. **Mecánica Computacional**, [s. l.], v. XXX, p. 2907–2927, 2011.
- DI RADO, G. R.; GARCÍA, D. S. P.; DEVINCENZI, G. H. Modelo de simulación de desaceleración de un automóvil utilizando freno por fricción. **Mecánica Computacional**, [s.l.], v. XXXIV, p. 2755–2766, 2016.
- DI RADO, G. R.; GARCÍA, D. S. P.; DEVINCENZI, G. H. Modelo de simulación de desaceleración de un vehículo de paseo terrestre utilizando freno de motor. **Mecánica Computacional**, [s. l.], v. XXXIII, p. 2287–2301, 2014.
- DRUMMER, O. H.; GEROSTAMOULOS, J.; BATZIRIS, H.; CHU, M.; CAPLEHORN, J.; ROBERTSON, M. D.; SWANN, P. The involvement of drugs in drivers of motor vehicles killed in Australian road traffic crashes. **Accident Analysis & Prevention**, v. 36, n. 2, p. 239–248, mar. 2004.
- FACCHINI, G. **Impactos da Idade na Percepção de Realismo em um Simulador de Direção Utilizando Questionário de Presença**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2021
- FIGUEIRA, A. C.; LARocca, A. P. C.. Avaliação de simulador de direção a partir de questionário de presença. In: , 2018, Gramado. **32° Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**. Gramado: [s. n.], 2018.
- FONTAINE, G. The Experience of a Sense of Presence in Intercultural and International Encounters. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, v. 1, n. 4, p. 482–490, jan. 1992.
- GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria Básica**. 5ª ed. New York: Editora Mc Graw Hill, 2011.
- HORBERRY, T.; ANDERSON, J.; REGAN, M. A.; TRIGGS, T. J.; BROWN, J. Driver distraction: The effects of concurrent in-vehicle tasks, road environment complexity and age on driving performance. **Accident Analysis & Prevention**, v. 38, n. 1, p. 185–191, jan. 2006.
- KASS, S. J.; COLE, K. S.; STANNY, C. J. Effects of distraction and experience on situation awareness and simulated driving. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, v. 10, n. 4, p. 321–329, jul. 2007.
- KAWANO, N.; IWAMOTO, K.; EBE, K.; ALEKSIC, B.; NODA, A.; UMEGAKI, H.; KUZUYA, M.; IIDAKA, T.; OZAKI, N. Slower adaptation to driving simulator and simulator sickness in older adults Aging Clinical and Experimental Research. **Aging Clinical and Experimental Research**, v. 24, n. 3, p. 285–289, 31 jun. 2012.
- MERAT, N.; JAMSON, A. H.; LAI, F. C. H.; DALY, M.; CARSTEN, O. M. J. Transition to manual: Driver behaviour when resuming control from a highly automated vehicle. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, v. 27, p. 274–282, nov. 2014.
- THIFFAULT, P.; BERGERON, J. Monotony of road environment and driver fatigue: a simulator study. **Accident Analysis & Prevention**, v. 35, n. 3, p. 381–391, maio 2003.
- TREAT, J.R.; TUMBAS, N.S.; MCDONALD, S.T.; SHINAR, D.; HUME, R.D.; MAYER, R.E.; STANSIFER, R.L.; CASTELLAN, N.J. **Tri-level study of the causes of traffic accidents: final report**. Bloomington: [s. n.], 1979.
- VOLLRATH, M.; SCHLEICHER, S.; GELAU, C. The influence of Cruise Control and Adaptive Cruise Control on driving behaviour – A driving simulator study. **Accident Analysis & Prevention**, v. 43, n. 3, p. 1134–1139, maio 2011.
- WITMER, B. G.; SINGER, M. J. Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, v. 7, n. 3, p. 225–240, jun. 1998.
- WYNNE, R. A.; BEANLAND, V.; SALMON, P. M. Systematic review of driving simulator validation studies. **Safety Science**, v. 117, p. 138–151, ago. 2019.

Arthur Rodrigues de Freitas Lima (arthurrlima@gmail.com)

Gustavo Rubén Di Rado (gdirado1@gmail.com)

Daniel Sergio Presta García (daniel.garcia@ufrgs.br)

Christine Tessele Nodari (piti@producao.ufrgs.br)

Departamento de Engenharia de Produção e Transportes, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Av. Paulo Gama, 110 - Porto Alegre, RS, Brasil