

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Giovana Facchini**

**IMPACTOS DA IDADE NA PERCEPÇÃO DE REALISMO EM  
UM SIMULADOR DE DIREÇÃO UTILIZANDO  
QUESTIONÁRIO DE PRESENÇA**

Porto Alegre  
Maio de 2021

**GIOVANA FACCHINI**

**IMPACTOS DA IDADE NA PERCEPÇÃO DE REALISMO EM  
UM SIMULADOR DE DIREÇÃO UTILIZANDO  
QUESTIONÁRIO DE PRESENÇA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de  
Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia  
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos  
requisitos para obtenção do título de Engenheira Civil

**Orientadora: Christine Tessele Nodari**

Porto Alegre  
Maio de 2021

**GIOVANA FACCHINI**

**IMPACTOS DA IDADE NA PERCEPÇÃO DE REALISMO EM  
UM SIMULADOR DE DIREÇÃO UTILIZANDO  
QUESTIONÁRIO DE PRESENÇA**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRA CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pela Professora Orientadora e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 27 de maio de 2021.

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof.<sup>a</sup> Christine Tessele Nodari (UFRGS)**  
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Orientadora

**Prof. Daniel Sergio Presta García (UFRGS)**  
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Eng. César Luís Andriola (UFRGS)**  
Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais, João e Tatiana, por sempre terem me apoiado à ingressar na Universidade e terem me fornecido todo o suporte ao longo de todos esses anos, não deixando que nada me faltasse para conclusão dessa etapa. Ao meu irmão, Felipe, minha avó, Sonia e todos meus familiares que de alguma maneira me ajudaram, me incentivaram e estiveram presentes em algum momento dessa jornada, muito obrigada.

Agradeço à Universidade Federal do Rio Grande do Sul e todos os meus professores que apesar de todas as dificuldades fizeram um incrível esforço para manter o ensino de qualidade da UFRGS e repassaram todos os seus conhecimentos contribuindo para a minha formação. Agradeço também à Associação das Universidades Grupo Montevideo, pela oportunidade de complementar meus estudos na Universidad Nacional de Rosario (Argentina).

Agradeço à prof. Christine Nodari, pela orientação nesse trabalho, e ao Eng. César Andriola, por disponibilizar os dados de sua pesquisa e por toda ajuda ao longo da elaboração do meu trabalho.

Agradeço às amigas Bárbara, Júlia R. e Julia M, pelos longos anos de amizade, desde a preparação para o vestibular, apesar dos diferentes caminhos que tomamos em nossas vidas.

Agradeço às minhas amigas que ingressaram junto comigo na Universidade e estiveram presentes ao longo de todos esses anos me acompanhando nas disciplinas e infinitos trabalhos em grupo. Vocês tornaram esse período de graduação muito mais fácil e divertido.

Agradeço aos meus colegas do PET Engenharia Civil, que se tornaram grandes amigos durante e após meu período como bolsista e foram extremamente importantes na minha trajetória, me ajudando a ver a Universidade com outros olhos. Levarei com carinho a amizade de vocês pra vida toda!

## RESUMO

O nível de realismo em simuladores de direção pode influenciar diretamente nos resultados obtidos em pesquisas utilizando esse equipamento. Dessa forma, o objetivo principal desse estudo foi avaliar o impacto da idade na percepção de realismo em uma pesquisa em simulador de direção utilizando um Questionário de Presença. Os dados utilizados no presente trabalho foram obtidos a partir da amostra de um estudo de validação do simulador do Laboratório de Sistemas de Transportes (LASTRAN) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Os voluntários do estudo de validação possuíam idades entre 20 e 56 anos e para a presente pesquisa foram separados em dois grupos. (i) 20 a 29 anos e (ii) 30 anos ou mais. Os resultados apontaram uma correlação positiva entre o aumento da idade e maior sensação de presença. Além disso, observou-se que o grupo que experimentou maior sensação de presença se comportou de maneira mais próxima ao mundo real, dirigindo no simulador com velocidades mais próximas às velocidades desenvolvidas no veículo instrumentado.

**Palavras-chave:** simulador de direção; presença; idade do voluntário.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Etapas do estudo .....	7
Figura 2: Comparação do ambiente real e virtual.....	8
Figura 3: Exemplo das escalas adotadas no QP .....	10
Figura 4: Testes estatísticos utilizados .....	11
Figura 5: Frequência de direção .....	11
Figura 6: Envolvimento em acidentes .....	12
Figura 7: Diferenças entre os sintomas de <i>Simulator Sickness</i> antes e depois do simulador...	16
Figura 8: Correlação entre os dados do Pós-Sickness e QP .....	16
Figura 9: Velocidade média por estaca.....	17

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Distribuição das questões do QP .....	10
Tabela 2: Resultados do Questionário de Presença por questão .....	12
Tabela 3: Respostas do Questionário de Presença por participante .....	13
Tabela 4: Verificação da normalidade.....	14
Tabela 5: Testes de homogeneidade e de hipótese .....	14
Tabela 6: Síntese dos itens piores e melhores avaliados por grupo .....	14
Tabela 7: Adicional médio de velocidade no simulador de direção.....	18

## LISTA DE SIGLAS

AI – Adaptação/Imersão

CNH – Carteira Nacional de Habilitação

EV – Envolvimento

FS – Fidelidade Sensorial

HMD – *Head Mounted Display*

LASTRAN – Laboratório de Sistemas de Transportes

OMS – Organização Mundial da Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

QI – Qualidade da Interface

QP – Questionário de Presença

SD – Simulador de Direção

SS – *Simulator Sickness*

SSQ – *Simulator Sickness Questionnaire*

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

VI – Veículo Instrumentado



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>3</b>
2.1. Sensação de presença.....	3
2.2. Fatores que influenciam a sensação de presença .....	6
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>7</b>
3.1. Dados da pesquisa.....	7
3.1.1. <i>Simulador de direção</i> .....	7
3.1.2. <i>Questionários</i> .....	9
3.1.3. <i>Participantes</i> .....	9
3.2. Tratamento e análise dos dados .....	9
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>11</b>
4.1. Questionário de Presença.....	12
4.2. Simulator Sickness.....	15
4.3. Velocidades médias .....	17
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>18</b>
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS .....	18
ANEXO A – Algoritmo para testes de comparação de médias.....	22
ANEXO B – Questionários .....	24

# IMPACTOS DA IDADE NA PERCEPÇÃO DE REALISMO EM UM SIMULADOR DE DIREÇÃO UTILIZANDO QUESTIONÁRIO DE PRESENÇA

Giovana Facchini

Christine Tessele Nodari

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## RESUMO

O nível de realismo em simuladores de direção pode influenciar diretamente nos resultados obtidos em pesquisas utilizando esse equipamento. Dessa forma, o objetivo principal desse estudo foi avaliar o impacto da idade na percepção de realismo em uma pesquisa em simulador de direção utilizando um Questionário de Presença. Os dados utilizados no presente trabalho foram obtidos a partir da amostra de um estudo de validação comportamental do simulador do Laboratório de Sistemas de Transportes (LASTRAN) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Os voluntários do estudo de validação possuíam idades entre 20 e 56 anos e para a presente pesquisa foram separados em dois grupos. (i) 20 a 29 anos e (ii) 30 anos ou mais. Os resultados apontaram uma correlação positiva entre o aumento da idade e maior sensação de presença. Além disso, observou-se que o grupo que experimentou maior sensação de presença se comportou de maneira mais próxima ao mundo real, dirigindo no simulador com velocidades mais próximas às velocidades desenvolvidas no veículo instrumentado.

**Palavras-chave:** simulador de direção; presença; idade do voluntário.

## ABSTRACT

The level of realism in driving simulators can directly influence the results obtained in research using this equipment. Thus, the main objective of this study was to evaluate the impact of age on the perception of realism in a driving simulator survey using a Presence Questionnaire. The data used in the present work were obtained from the sample of a behavioral validation study of the Transport Systems Laboratory (LASTRAN), at the Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS) simulator. The volunteers in the validation study were aged between 20 and 56 years old and have been separated into two groups for the present research: (i) 20 to 29 years and (ii) 30 years or more. The results showed a positive correlation between increasing age and a greater sense of presence. In addition, it's been observed that the group that experienced the higher sense of presence behaved more closely to the real world, driving in the simulator at speeds closer to the speeds developed in the instrumented vehicle.

**Keywords:** driving simulator; presence; volunteer age.

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo a Organização Mundial de Saúde (2018), cerca de 1,35 milhões de pessoas morrem por ano em acidentes de trânsito, sendo essa uma das causas que mais mata jovens de até 30 anos. Em virtude desses números alarmantes, em maio de 2011, a Organização das Nações Unidas (ONU) lançou a Década de Ação pela Segurança no Trânsito, com o objetivo de estabilizar e reduzir pela metade o número de vítimas de acidentes de trânsito. Para chegar a esse objetivo, a ONU recomenda que cinco pilares sejam priorizados: gestão de segurança viária, segurança da infraestrutura viária, segurança dos veículos, comportamento dos usuários e cuidados pós-acidente. Com o encerramento da década em 2020, observou-se uma estabilização da taxa de mortes, mas ainda longe de atingir o objetivo proposto. Assim, a ONU (2020) definiu os anos de 2021 a 2030 como Segunda Década de Ação, mantendo o objetivo geral de redução das mortes em 50% e incentivando os Estados-Membros a desenvolver e implementar estratégias e planos de segurança no trânsito.

Esse cenário evidencia a necessidade de mais investimentos e pesquisas com foco na segurança viária, buscando identificar as causas de acidentes em relação a diversos fatores, tanto de natureza humana como relacionados as características das vias, dos veículos e do ambiente (Lucas *et al.*, 2013). Como alternativa aos estudos em veículos instrumentados que são usualmente utilizados em estudos de segurança viária, surgem os simuladores de direção que oferecem a possibilidade de reproduzir as situações de perigo mantendo os voluntários e

pesquisadores em local seguro. Diversos pesquisadores mostram a aplicabilidade do uso de simuladores em estudos envolvendo a geometria viária (Bella, 2014), sinalização vertical e horizontal (Larocca *et al.*, 2018; Queiroz, 2019), iluminação do ambiente (Oliveira, 2019) e comportamento do motorista em situações de distração (Kass *et al.*, 2007).

A utilização desses equipamentos traz ainda vantagens como a liberdade de configurar diferentes cenários conforme a necessidade do estudo, controlar variáveis inseridas no ambiente virtual como condições climáticas e até mesmo testar ambientes e dispositivos não existentes. Apesar dessas vantagens, o ambiente simulado precisa garantir um nível de realismo e de representação do mundo real. Através da validação do simulador, é possível garantir que os resultados obtidos possam ser transferidos para o mundo real (Larue *et al.*, 2018). A validade dos simuladores pode ser dividida em dois tipos: absoluta, quando aos resultados de uma tarefa (por exemplo, velocidade média em um trecho) medidos em um simulador são iguais ao de um carro instrumentado, e relativa, quando os resultados possuem a mesma ordem de grandeza mas não são iguais (Blaauw, 1982).

Sabendo que o nível de realismo pode afetar a validade da pesquisa (Bella, 2009), a sensação de presença torna-se um aspecto relevante para a análise do realismo dos simuladores de direção. O conceito de presença é definido pela experiência de estar em um lugar mesmo quando situado fisicamente em outro ambiente (Witmer e Singer, 1998). Com o objetivo de medir a presença, Witmer e Singer (1994) desenvolveram um Questionário de Presença com 32 perguntas baseado em fatores como controle do ambiente simulado, realismo, distração e fatores sensoriais (visão, audição e tato).

De acordo com Silva *et al.* (2016), a presença pode ser entendida como um sentimento subjetivo que resulta da interação entre a qualidade do equipamento imersivo e as características do voluntário. Algumas das características que podem ter influência sobre a presença são idade, gênero e pré-disposição a ter sintomas de mal-estar devido ao ambiente simulado (*Simulator Sickness*). Witmer e Singer (1998) apontam que participantes que apresentam mais sintomas de SS reportam menos presença ao responder o questionário. O estudo de Almallah *et al.* (2021) também sugere que maiores níveis de envolvimento no ambiente simulado podem reduzir a ocorrência de sintomas de SS. Diversos estudos apontam uma forte correlação entre a presença de sintomas de SS e o avanço da idade dos participantes (Kawano *et al.*, 2012; Schweig *et al.*, 2018), levantando a hipótese de influência da idade do participante no nível de presença sentido durante uma simulação.

Dessa forma, esse trabalho tem como objetivo principal analisar a influência da idade dos motoristas na sensação de presença percebida durante a realização da simulação. Também será observada a correlação entre a ocorrência de sintomas de SS e a percepção de presença, além da influência da sensação de presença e a idade do participante nas velocidades praticadas tanto no simulador de direção quanto em um veículo instrumentado.

Esse artigo está dividido em 5 seções incluindo essa introdução. Na seção 2, está apresentada uma revisão teórica a respeito do uso do Questionário de Presença para avaliação do realismo em simuladores de realidade virtual e os fatores que influenciam a sensação de presença. A seção 3 dedica-se a apresentar o cenário e o método de pesquisa adotado para atender o objetivo desse estudo. As seções 4 e 5 apresentam, respectivamente, as discussões acerca dos resultados obtidos e as considerações finais do estudo realizado.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A revisão teórica desse artigo foi organizada em duas subseções. A primeira apresenta a conceituação da sensação de presença e as ferramentas utilizadas para mensurá-la. A segunda seção apresenta uma revisão da literatura a respeito dos fatores que influenciam a sensação de presença.

### 2.1. Sensação de presença

O conceito de presença foi utilizado primeiramente com o surgimento da tecnologia de ambientes virtuais no campo da tele robótica e das tele operações. A sensação de presença pode ser definida como a experiência de sentir-se em um local quando fisicamente se está em outro (Barfield *et al.*, 1998; Witmer e Singer, 1998). Ao longo de décadas de estudo, o conceito de “estar lá” (no local representado pelo ambiente virtual) continua sendo o mais utilizado para definir a sensação de presença (Schwind *et al.*, 2019; Skarbez *et al.*, 2017).

Para Fontaine (1992), a sensação de presença deve envolver um foco amplo, de forma que o indivíduo possa perceber e assimilar todas as características relevantes do ambiente, ao invés de concentrar a sua atenção em uma seleção de características ou eventos acontecendo no local. O autor também sugere que a sensação de presença pode estar relacionada com o aspecto de novidade em um ambiente, visto que com a existência de dinâmicas e estímulos desconhecidos é importante estar ciente de tudo o que está acontecendo no local, pois não se sabe quais características são relevantes.

Witmer e Singer (1998) afirmam que experimentar a presença em um ambiente virtual requer a habilidade de focar em um conjunto de estímulos no ambiente virtual em detrimento dos estímulos recebidos no local físico e que apesar do aspecto de novidade atrair a atenção do indivíduo, a presença depende mais de como essas novidades estão conectadas com o conjunto de estímulos do ambiente virtual. Os autores ainda afirmam que envolvimento e imersão são duas condições necessárias para atingir a sensação de presença, sendo o envolvimento uma consequência da atenção e energia colocadas na atividade e a imersão um estado psicológico caracterizado por perceber-se envolvido e interagindo no ambiente. Portanto, uma medida válida da presença deve incluir fatores relacionados ao envolvimento e à imersão. Dessa forma, o Questionário de Presença proposto pelos autores incluiu 4 categorias principais: (i) Controle, (ii) Sensorial, (iii) Distração e (iv) Realismo. Fatores de controle influenciam a imersão, fatores de realismo influenciam o envolvimento e fatores sensoriais e de distração afetam ambas as variáveis.

Já para Slater (2004), presença é uma reação humana a um certo nível de imersão e que um mesmo sistema imersivo (simulador) pode gerar diferentes níveis de presença em diferentes pessoas. Entretanto, para o autor o fator envolvimento deve ser separado da sensação de presença visto que um indivíduo pode estar presente e não estar envolvido (ex: situações cotidianas), assim como pode estar envolvido e não presente (ex: ver uma novela, ler um livro).

Apesar das colocações de Slater (2004) a respeito do fator envolvimento, outros autores também desenvolveram questionários que consideram o envolvimento como um dos principais fatores que levam à sensação de presença, além do questionário de presença proposto por Witmer e Singer (1994). É o caso do ITC-Sense of Presence Inventory (Lessiter *et al.*, 2001) e do IPQ-Igroup Presence Questionnaire (Schubert *et al.*, 2001). Além disso, um estudo com jogadores de xadrez mostrou que o nível de presença sentido pelos participantes era maior quando as

peças do jogo estavam colocadas em posições importantes do que quando as peças estavam em uma posição genérica (Hoffman *et al.*, 1998), reforçando a ideia de que quanto maior o envolvimento (nesse caso, com o jogo) maior a sensação de presença reportada.

Em relação ao contexto do presente trabalho, Ihemedu-Steinke *et al.* (2018) realizaram uma pesquisa em simulador de direção em que 84 participantes conduziram um veículo virtual por cerca de 15 minutos utilizando um *Oculus Rift* de realidade virtual e outros 15 minutos apenas visualizando o cenário em uma televisão em frente ao *cockpit*. Após cada uma das sessões, os voluntários responderam questionários para indicar o nível de concentração, envolvimento e satisfação atingido. Os resultados apontaram que os participantes se sentiram significativamente mais envolvidos na simulação ao utilizar o *Oculus Rift*. As variáveis concentração e satisfação também atingiram médias maiores para a sessão com *Oculus Rift*, indicando que a maior parte dos participantes se sentiu mais concentrada e envolvida nessa sessão, além de terem apreciado mais a experiência. Esse resultado vai ao encontro com as sub-escalas determinadas por Witmer e Singer (1998), que indicam que sistemas que isolam o participante do mundo real e evitam distrações oferecem maior nível de envolvimento e logo podem aumentar a sensação de presença.

Como formas de medir a presença, se encontram principalmente os questionários que possuem uma escala de classificação para as respostas (Escala *Likert*). Esses questionários se apresentam como medidas subjetivas, o que é esperado visto que a sensação de presença pode se manifestar diferentemente entre os indivíduos, tornando difícil o uso de medidas objetivas. Alguns autores tentaram analisar variáveis como frequência cardíaca, dilatação da pupila, piscada dos olhos, tensão muscular (Barfield e Weghorst, 1993) e reações a objetos voando em direção à cabeça do voluntário (Slater e Usoh, 1993), mas não obtiveram respostas conclusivas (Nash *et al.*, 2000).

Witmer e Singer (1994) elaboraram sua primeira versão do *Presence Questionnaire* (QP) com 32 questões em escalas de 7 pontos que foram aplicadas a 24 voluntários de um estudo do *US Army Research Institute for Behavioral and Social Sciences*, em conjunto com um experimento de execução de tarefas básicas em um simulador. O estudo buscou identificar as relações entre presença, fidelidade do ambiente virtual e performance na atividade realizada. Cada voluntário participou de dois ambientes simulados, respondendo o QP após cada simulação. As questões respondidas pelos participantes foram agrupadas em 4 fatores (controle, sensorial, distração e realismo) e em 6 sub-escalas (exploração sensorial, envolvimento, percepção da interface, controle responsivo, realidade/fidelidade e adaptação/ajuste) com base na estimativa de importância que esses aspectos possuem na sensação de presença.

Através do coeficiente alfa de Cronbach, o QP mostrou consistência interna satisfatória (0,74 para a primeira aplicação e 0,87 para a segunda). Por meio da análise do coeficiente de correlação de Pearson entre as sub-escalas e as questões do questionário, 4 sub-escalas pré-identificadas mostraram possuir correlação com as perguntas do QP (controle responsivo, exploração sensorial, percepção da interface e envolvimento) e uma nova sub-escala foi identificada (controle de distração). Por fim, 89% das análises feitas entre o escore total do QP (soma dos pontos obtidos na escala de 7 pontos) e as medidas de desempenho das tarefas realizadas (precisão e tempo de realização) apontaram para possível correlação entre a sensação de presença e performance no simulador.

Utilizando as respostas do QP de 152 participantes distribuídos em 4 estudos diferentes, Witmer e Singer (1998) conduziram uma nova análise para investigar a utilidade do QP e dos itens incluídos nele. O objetivo principal desses estudos não era medir a sensação de presença, entretanto, o questionário de presença foi aplicado a todos os participantes logo após a realização de alguma tarefa no simulador. Através de uma análise de *clusters*, foram encontrados resultados que apontam que os quatro fatores pré-determinados (controle, sensorial, distração e realismo) são elementos que influenciam na sensação de presença e que os itens do questionário são capazes de medir essa sensação de maneira confiável. Os autores também concluíram que uma análise fatorial deveria ser feita quando mais dados estivessem disponíveis.

Com uma nova versão do QP com 32 questões, adaptada a partir dos resultados da análise de *clusters*, Witmer *et al.* (2005) realizaram uma análise fatorial de componentes principais de forma a identificar os fatores básicos subjacentes à sensação de presença. Sete experimentos foram conduzidos, totalizando 325 voluntários que responderam ao QP imediatamente após a execução de tarefas em um ambiente virtual. Todos os estudos foram realizados com equipamentos imersivos do tipo *Head-Mounted Display* (HMD). Os dados dos 7 experimentos foram agregados e processados no *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), utilizando rotação oblínica direta. Após as análises, uma última versão do QP foi gerada com 29 questões distribuídas em 4 fatores: (i) Envolvimento, (ii) Qualidade da Interface, (iii) Adaptação/Imersão e (iv) Fidelidade Sensorial.

O fator Envolvimento avalia o nível de concentração e atenção e a habilidade de controlar atividades no ambiente. A Qualidade da Interface diz respeito à qualidade do equipamento utilizado na simulação e quanto isso interfere na realização da atividade. O fator Adaptação/Imersão está relacionado a capacidade do participante de interagir com o ambiente virtual, se encontrar imerso no ambiente e quão rápido ele se adapta ao equipamento. Por fim, a Fidelidade Sensorial inclui questões relacionadas ao aspecto visual e auditivo da simulação. Esses 4 fatores em conjunto são capazes de fornecer uma medida confiável para a sensação de presença (Witmer *et al.*, 2005).

Quanto à adaptação do QP de Witmer e Singer para a língua portuguesa, foram encontradas na literatura 4 versões do questionário, sendo 3 deles em português brasileiro (Figueira e Larocca, 2018; Rigoli *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2016) e uma em português de Portugal (Vasconcelos-Raposo *et al.*, 2020). À exceção da versão de Figueira e Larocca (2018), os demais autores utilizaram o procedimento de tradução reversa do português para inglês para verificar a adaptação semântica de cada questão. Os trabalhos de Figueira e Larocca (2018), Silva *et al.* (2016) e Vasconcelos-Raposo *et al.* (2020) aplicaram seu questionário em experimentos em simuladores com 82, 100 e 451 participantes, respectivamente, e realizaram análises fatoriais de componentes principais de forma a investigar se o questionário adaptado possui solução fatorial e estrutura semelhante aos fatores determinados por Witmer e Singer (2005). A versão de Silva *et al.* (2016) manteve as 29 questões do QP original, enquanto as versões de Figueira e Larocca (2018) e Vasconcelos-Raposo *et al.* (2020) utilizaram 21 questões (não coincidentes). Apesar de alguns itens apresentarem carga elevada em um fator diferente do original, todos os autores concluíram que os questionários adaptados são ferramentas viáveis e podem ser aplicadas à população de língua portuguesa. Entretanto, não há confirmação de que a versão em português brasileiro possa ser aplicada aos falantes da língua europeia ou vice-versa.

## 2.2. Fatores que influenciam a sensação de presença

As aplicações do QP de Witmer e Singer (1994; 1998) encontraram uma forte correlação negativa entre o *Simulator Sickness* (SS) e a sensação de presença. Outros autores também reportaram que participantes que apresentam maior diversidade de sintomas ou em maior intensidade sentem menor nível de presença (Jerome e Witmer, 2002; McCreery *et al.*, 2013), principalmente nos fatores náusea (aumento de salivação, sudorese, náusea, desconforto abdominal, etc) e oculomotores (cansaço, dor de cabeça, vista cansada, visão embaçada, etc) (Almallah *et al.*, 2021). O SS é caracterizado pela sensação de desconforto e aparecimento de sintomas como vista cansada, fadiga, tontura, ataxia, entre outros, que atrapalham a experiência no ambiente virtual (Carvalho *et al.*, 2011). Esses sintomas surgem a partir do conflito entre os estímulos recebidos visualmente e o movimento físico esperado (Grassini *et al.*, 2021).

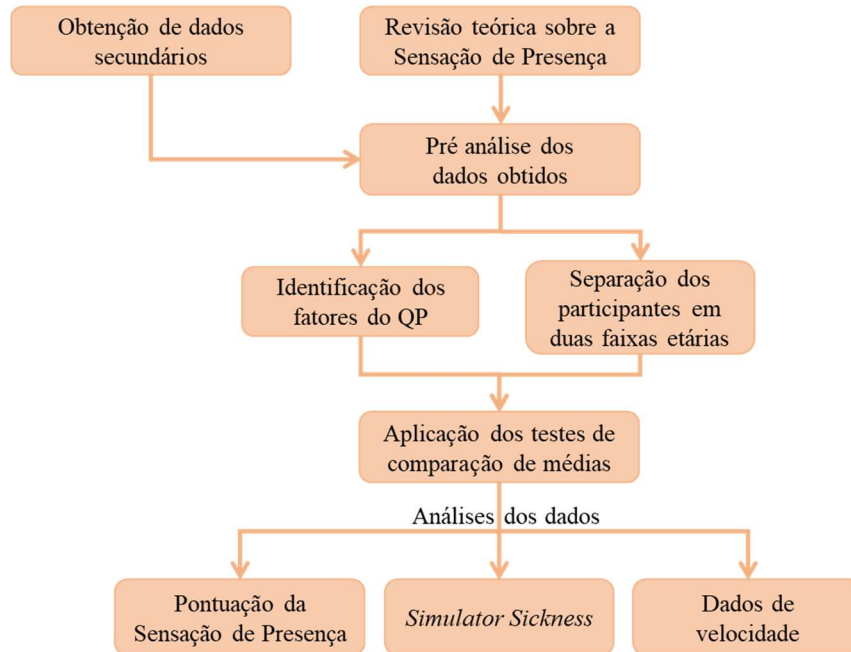
Devido a esse fato é esperado que equipamentos imersivos, como o HMD, podem causar mais sintomas de SS. No estudo de Kim e Park (2020), 18 participantes utilizaram um simulador de voo com dois modos de exibição: o HMD e duas telas planas. Após a simulação, os voluntários responderam ao SSQ e ao QP. Os resultados apontaram que de fato houve maior intensidade dos sintomas do SS ao utilizar o HMD, apesar dos maiores níveis de presença reportados. Além do tipo de exibição, o modo de controle de navegação no ambiente virtual, parâmetros da exibição (como a taxa de quadros por segundo e o campo de visão) e *vection* (ilusão de auto movimento) também podem ser fatores que influenciam a relação entre presença e simulator sickness (Barfield *et al.*, 1998; Seay *et al.*, 2001; Weech *et al.*, 2019).

A idade também é um fator importante que pode influenciar tanto a sensação de presença como a ocorrência dos sintomas de SS. Durante o trabalho de Park *et al.* (2006), a taxa de abandono do simulador devido aos sintomas do SS foi de 37,3% entre os 67 motoristas entre 70 e 90 anos e de 13,7% entre os motoristas entre 21 e 50 anos. Dentre os participantes que completaram o experimento, não foram encontradas diferenças significativas causadas pela diferença de idade entre os escores do SSQ. Keshavarz *et al.* (2018) constatou que idosos acima de 65 anos apresentam mais sintomas de SS do que jovens entre 18 e 35 anos, ao utilizar um simulador de direção dinâmico. Ainda, foi constatado que os efeitos prolongados dos sintomas do SS foram maiores no grupo de idosos e que as mulheres idosas possuem maior tendência em abandonar o experimento.

Quanto à influência da idade na sensação de presença, foram encontrados resultados controversos na literatura. Enquanto Bangay e Preston (1998) indicaram que voluntários jovens sentem maior nível de presença do que os mais velhos, Schuemie *et al.* (2005) encontrou uma correlação positiva entre a idade do participante e o nível de presença. Ambos os estudos utilizaram equipamento do tipo HMD. Entretanto, o experimento de Bangay e Preston (1998) utilizou um simulador de base móvel para um cenário “nadar com golfinhos” enquanto Schuemie *et al.* (2005) investigaram o medo de altura em voluntários utilizando três métodos: (i) caminhar no local, (ii) controle manual (*trackball*) e (iii) rastreamento do movimento da cabeça (direção do olhar). Tendo em vista as diferentes configurações e ambientes dos estudos, observa-se que o conteúdo da simulação também pode influenciar na sensação de presença (Grassini *et al.*, 2021).

### 3. METODOLOGIA

A presente seção descreve os procedimentos metodológicos adotados para atender aos objetivos desse estudo, que seguiram os passos determinados na Figura 1. Primeiramente são apresentadas as informações referentes à obtenção dos dados secundários e após os passos para tratamento e análise desses dados.



**Figura 1:** Etapas do estudo

#### 3.1. Dados da pesquisa

Os dados usados no presente estudo são dados secundários. Eles foram obtidos na pesquisa de validação comportamental do simulador de direção do Laboratório de Sistema de Transportes (LASTRAN) da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EE/UFRGS) desenvolvida por Andriola (2021). Na pesquisa de validação, os participantes foram solicitados a conduzir um veículo instrumentado por um trecho de 13 quilômetros de rodovia de pista simples da ERS-122 (km 155+623,23 ao 162+974,56) no estado do Rio Grande do Sul e a percorrer o mesmo trecho em ambiente virtual no simulador, sendo 5 quilômetros dedicados ao treinamento do motorista tanto no veículo instrumentado como no simulador.

##### 3.1.1. Simulador de direção

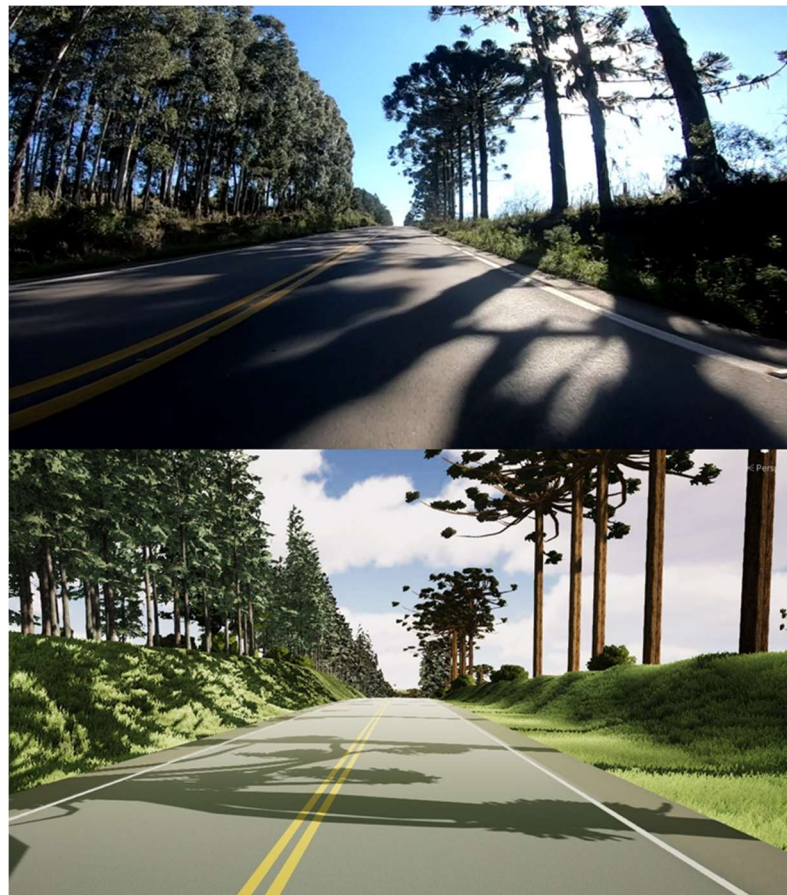
Durante a coleta de dados do experimento, foi utilizado o simulador de direção de base fixa do LASTRAN/UFRGS. O simulador é composto por um assento, volante Logitech G29, câmbio e pedais de embreagem, freio e acelerador e um óculos de imersão (*Oculus Rift*), possuindo uma visão 360° do interior do veículo durante a simulação.

Apesar do simulador de direção possuir câmbio e embreagem, o estudo foi realizado com o equipamento configurado para funcionamento no modo automático do câmbio. Como o cenário virtual utilizado nesse experimento se encontra em um trecho de rodovia onde não é necessária a constante troca de marchas, tal configuração não influencia nos dados obtidos. Além disso, o veículo virtual não possui representação do câmbio, o que dificulta o manuseio e troca de marchas.



O veículo virtual apresentado no ambiente simulado foi desenvolvido pela Universidad Nacional Del Nordeste, Argentina. O desenvolvimento do veículo e as melhorias para a representação do mesmo estão descritas nos seguintes trabalhos: Di Rado *et al.* (2011, 2014, 2016, 2017). O veículo simulado foi calibrado de acordo com as informações de um veículo real, com o desenvolvimento tanto de elementos visuais do veículo (painel, volante, frenagem por atrito) como os elementos mecânicos (potência, torque máximo), visto que esses últimos influenciam no realismo percebido pelo motorista, pois representam a resposta do veículo aos seus comandos.

O cenário virtual foi desenvolvido de forma a representar o mais fielmente possível o cenário real onde os participantes dirigiram o veículo instrumentado. O ambiente foi construído a partir do projeto planialtimétrico e de vídeo registro georreferenciado do local estudado, com a geração de uma superfície 3D e cadastro da sinalização horizontal e vertical no software *SAEPRO* e *Blender*. Com esses elementos desenvolvidos, foi utilizada a plataforma de desenvolvimento de jogos *Unity* para a adição de elementos do entorno, como as edificações e vegetação. A Figura 2 mostra o resultado do ambiente virtual em comparação com o ambiente real utilizado no estudo.



**Figura 2:** Comparação do ambiente real e virtual

### 3.1.2. Questionários

Os participantes da pesquisa responderam a 4 questionários: (i) dados demográficos, (ii) questões referentes ao pré *Simulator Sickness*, (iii) Pós *Simulator Sickness Questionnaire* e (iv) questionário para análise da presença percebida pelo voluntário - *Presence Questionnaire (QP)*. Os questionários respondidos pelos participantes estão apresentados no Anexo B.

Os voluntários responderam o SSQ em dois momentos, antes e após a simulação, de forma a determinar a possível ocorrência de sintomas de *Simulator Sickness*. Esses questionários foram denominados Pré-Sickness e Pós-Sickness, respectivamente. O QP foi respondido uma única vez por cada participante logo após a realização do percurso no simulador.

Para o SSQ, foi utilizada a versão do traduzida para o português brasileiro por Carvalho *et al.* (2011), formado por três conjuntos de perguntas que englobam 16 sintomas comumente apresentados por voluntários de experimentos em simuladores de direção. Já o QP utilizado foi elaborado com base nas três versões do QP proposto por Witmer *et al.* (2005) e Witmer e Singer, (1994, 1998), bem como em versões já traduzidas para o português (Figueira e Larocca, 2018; Silva *et al.*, 2016). Foram utilizadas 21 questões adaptadas para a situação estudada (simulador de direção e cenário virtual de uma rodovia).

### 3.1.3. Participantes

A amostra obtida no estudo de validação do simulador do LASTRAN foi de 26 participantes, sendo que uma voluntária abandonou o experimento devido aos sintomas de *Simulator Sickness*. Os critérios estabelecidos para o recrutamento de voluntários foram: (i) posse de carteira de motorista brasileira, (ii) idade entre 18 e 50 anos, (iii) pelo menos um ano de carteira de motorista e 1000km rodados, (iv) experiência no trecho em estudo, (v) inexistência de problema de saúde auto reportado que possa afetar a tarefa de dirigir e (vi) desconhecimento dos objetivos específicos da pesquisa.

Já os critérios de exclusão foram (vii) ocorrência do *Simulator Sickness* durante o experimento simulado e (viii) o não uso ou uso inadequado da máscara de proteção em qualquer parte do experimento, devido à pandemia de Covid-19. Dessa forma, os 3 participantes que apresentaram sintomas de grau moderado ou severo também foram excluídos da amostra, apesar de terem completado o experimento.

Para atender os objetivos desse estudo, os voluntários foram divididos em dois grupos. A divisão foi feita de forma a manter os dois grupos com número de participantes mais próximo possível, resultando nas seguintes faixas etárias: (i) idade entre 20 e 29 anos, com 12 pessoas e (ii) 30 anos ou mais, com 10 pessoas.

## 3.2. Tratamento e análise dos dados

As 21 questões do QP utilizado foram classificadas entre os fatores obtidos na análise de componentes principais realizada por Witmer *et al.* (2005), a qual concluiu que um modelo de 4 fatores se ajusta melhor aos dados obtidos. Os 4 fatores identificados foram: (i) Envolvimento (EV), (ii) Qualidade da Interface (QI), (iii) Adaptação/Imersão (AI) e (iv) Fidelidade Sensorial (FS).

A identificação do fator de cada questão está apresentada na Tabela 1. Como a simulação de direção não inclui atividades onde é necessário tocar ou segurar objetos, não é necessária a inclusão de itens relativos a aspectos táteis no QP utilizado.

**Tabela 1:** Distribuição das questões do QP

Fator	Questões	Total de questões
Envolvimento	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 11	9
Qualidade da Interface	12 e 15	2
Adaptação/Imersão	13, 14, 16, 20 e 21	5
Fidelidade Sensorial	9, 10, 17, 18 e 19	5

Devido ao fato de todas as escalas graduadas de 7 pontos apresentadas no QP possuírem o mesmo sentido (pontuações mais altas indicam maior nível de presença) conforme o exemplo mostrado na Figura 3, não foi necessária a realização de nenhuma inversão de escala. Dessa forma, foi possível realizar diretamente a média dos pontos de cada questão e de cada participante, sendo que quanto maior a média obtida na escala de 1 a 7, mais bem avaliado o item ou maior o nível de presença do voluntário.

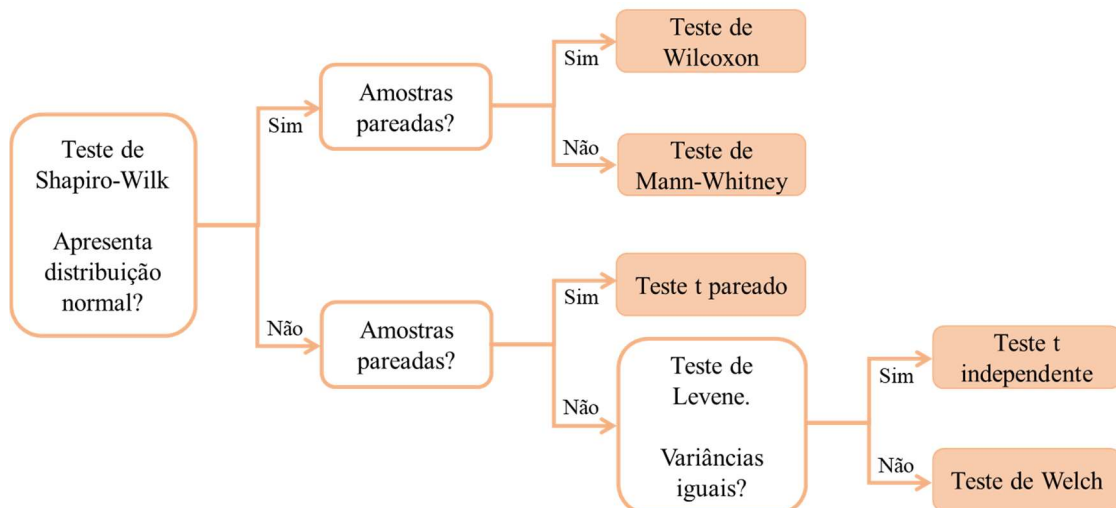
1	Conseguiu controlar (volante, pedal, etc.) o veículo simulado?	Nunca ○○○○○○○○ Sempre
2	Qual o nível de realidade sentida para suas ações no simulador?	Nenhum ○○○○○○○○ Máximo

**Figura 3:** Exemplo das escalas adotadas no QP

As médias da sensação de presença por pessoa e a média de pontos obtidos por questão foram comparadas através de diferentes testes de hipótese, dependendo do tipo, normalidade e variância dos dados. Para a comparação das médias da sensação de presença por pessoas, foram utilizados o teste de Mann-Whitney, teste t independente ou teste de Welch, visto que o número de voluntários de cada grupo era diferente. Para a análise das médias por questão, visto que as amostras possuem o mesmo tamanho, foram utilizados o teste t pareado ou teste de Wilcoxon, dependendo da normalidade dos dados. A aplicação dos testes foi realizada a partir de um algoritmo em *Python* desenvolvido por Andriola (2021) no seu trabalho de validação do simulador do LASTRAN. O código utilizado está apresentado no Anexo A. A Figura 4 mostra a sequência de testes aplicados para cada situação.

Foram formuladas duas hipóteses, independentemente do teste utilizado:

- Hipótese nula (H0): os valores da variável em análise pertencem à mesma população. Por exemplo, as médias da sensação de presença observadas no grupo de voluntários com idade entre 20 e 29 anos são as mesmas que as apresentadas pelo grupo com 30 anos ou mais.
- Hipótese Alternativa (H1): os valores da variável em análise não pertencem à mesma população. Por exemplo, as médias da sensação de presença entre os dois grupos são diferentes.



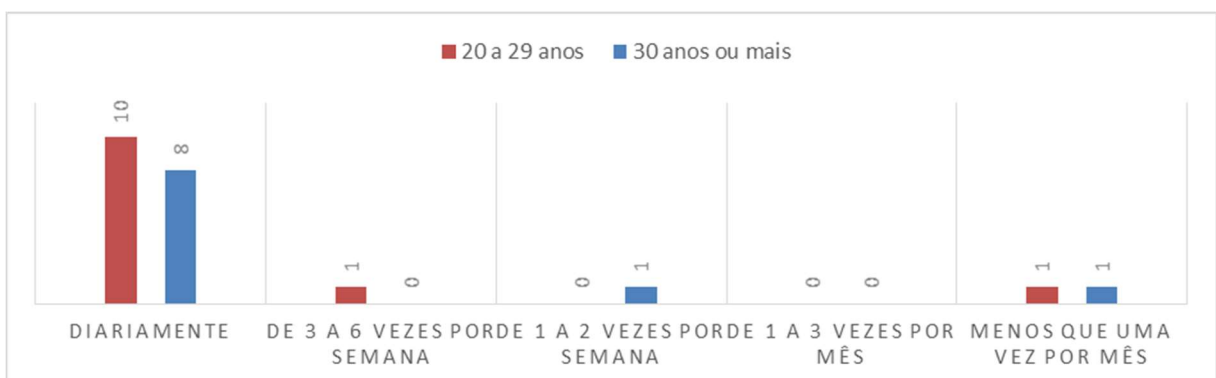
**Figura 4:** Testes estatísticos utilizados

As velocidades médias foram analisadas apenas de forma comparativa, observando-se os perfis de velocidade resultantes ao longo do trecho de estudo por ambos os grupos no veículo instrumentado (VI) e no simulador de direção (SD). Com base nos dados obtidos no QP, puderam ser observadas as influências da sensação de presença na velocidade desenvolvida pelos voluntários.

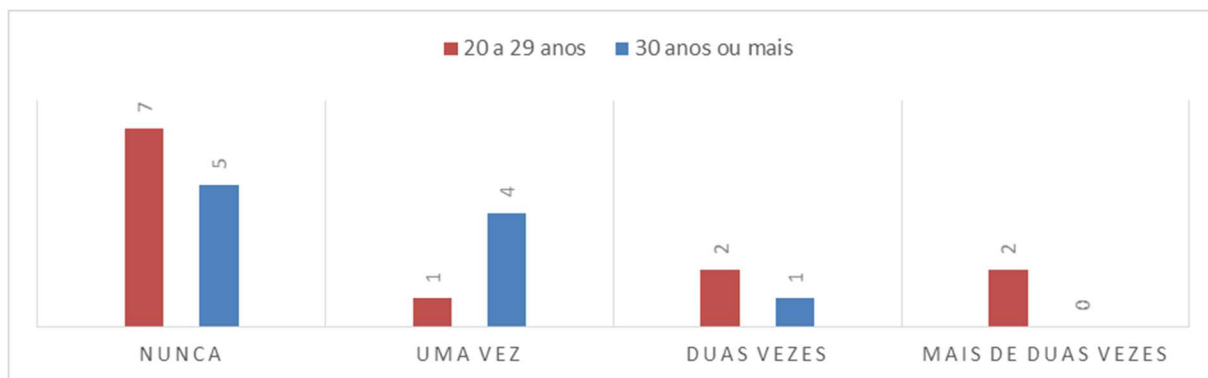
#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre a amostra de 22 voluntários obtida a partir do estudo de validação, 17 participantes eram homens e 5 eram mulheres. A amostra foi dividida em dois grupos: grupo 1, com participantes de idades entre 20 e 29 anos e grupo 2 com participantes de 30 ou mais anos. A média de idade do grupo 1 foi de 25,08 anos com desvio padrão de 2,84 anos, enquanto o grupo 2 obteve média de idade de 40,00 anos e desvio padrão de 10,15 anos. O tempo médio de carteira de habilitação para o grupo 1 foi de 6,42 anos e desvio padrão de 2,97 anos. Já o grupo 2 possui uma média de 20,70 anos de habilitação com desvio padrão de 8,73 anos.

Outros dados como a frequência de direção e envolvimento em acidentes podem ser vistos na Figura 5 e na Figura 6. Dos 22 participantes do experimento, 19 são motoristas que dirigem frequentemente (diariamente ou no mínimo 3 vezes por semana). A maioria dos voluntários nunca se envolveram em nenhum acidente de trânsito e apenas duas pessoas declararam ter se envolvido em acidentes mais de duas vezes.



**Figura 5:** Frequência de direção



**Figura 6:** Envolvimento em acidentes

#### 4.1. Questionário de Presença

A Tabela 2 apresenta o Questionário de Presença e as médias por questão e por grupo de faixa etária em uma escala graduada de 7 pontos. As respostas dos participantes e a média da sensação de presença por participante se encontram na Tabela 3.

**Tabela 2:** Resultados do Questionário de Presença por questão

Questão	Fator	20 a 29 anos		30 anos ou mais		
		Média	Desvio	Média	Desvio	
1	Conseguiu controlar (volante, pedal, etc.) o veículo simulado?	EV	5,67	0,98	5,70	1,16
2	Qual o nível de realidade sentida para suas ações no simulador?	EV	3,75	1,60	5,00	1,33
3	Qual o nível de naturalidade com o qual você interagiu com o simulador?	EV	4,83	1,53	5,30	1,06
4	Em que nível o aspecto visual do simulador conseguiu te envolver no ambiente?	EV	5,42	1,31	6,20	0,63
5	Qual o nível de realismo que você daria para os objetos presentes na simulação?	EV	5,33	1,07	6,00	0,47
6	Quão idêntico é o ambiente simulado comparado com uma experiência de direção real?	EV	4,67	1,37	5,50	0,85
7	O veículo no ambiente simulado respondeu aos seus comandos de forma realista (volante, pedal, câmbio)?	EV	4,33	1,50	5,50	0,85
8	Você conseguiu explorar visualmente o ambiente para tomar decisões baseadas no entorno?	EV	5,00	1,65	6,20	0,79
9	Você conseguiu identificar os detalhes dos objetos?	FS	4,75	1,54	6,00	1,80
10	Considerando um mesmo objeto a diferentes distâncias, você percebeu diferença no nível de detalhamento?	FS	4,42	1,73	5,30	1,95
11	Quão envolvido com o ambiente virtual você esteve?	EV	5,33	0,98	6,30	1,76
12	Como classifica o tempo entre uma ação tomada e a resposta do simulador?	QI	4,67	1,56	6,00	1,39
13	O quanto se sentiu adaptado ao simulador?	AI	4,42	1,56	5,00	1,76
14	No fim da simulação, como você classificaria seu nível de aptidão para dirigir no simulador?	AI	5,33	1,15	5,60	1,73
15	A qualidade das imagens interferiu na realização de alguma tarefa?	QI	4,67	1,92	6,20	1,70
16	Você conseguiu se concentrar efetivamente na simulação, ao invés de desviar a atenção para os mecanismos de direção (volante, pedal, etc)?	AI	6,17	0,83	5,90	1,49

Questão		Fator	20 a 29 anos		30 anos ou mais	
			Média	Desvio	Média	Desvio
17	Em que nível o som ambiente do simulador auxiliou para que você se sentisse envolvido na simulação?	FS	5,50	1,68	6,20	1,08
18	Quão bem você conseguiu identificar os sons?	FS	6,08	1,00	6,40	1,32
19	Conseguiu identificar as origens dos sons no cenário virtual (ex: carro, pavimento)?	FS	5,08	1,98	6,20	1,07
20	Em que nível os eventos ocorrendo fora do ambiente virtual causaram distração em relação a tarefa realizada no simulador?	AI	5,83	1,27	6,30	0,75
21	Houve momentos durante a experiência no ambiente virtual durante os quais te sentiste completamente concentrado na tarefa ou no ambiente?	AI	6,00	0,95	5,90	1,20

**Tabela 3:** Respostas do Questionário de Presença por participante

Participante		Questão																				Média	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		21
20 a 29 anos	3	6	5	5	6	5	5	3	3	4	4	5	2	3	3	4	7	6	6	4	7	6	4,71
	4	3	2	2	3	3	3	3	3	2	3	4	6	3	4	3	5	2	4	6	6	4	3,52
	10	6	6	6	7	6	7	6	5	5	3	5	6	4	6	1	6	7	6	2	7	7	5,43
	11	5	3	6	5	5	5	6	5	5	5	5	5	5	6	3	6	2	5	1	4	5	4,62
	12	6	3	6	6	5	5	3	7	6	6	6	3	7	6	7	6	6	7	6	7	6	5,71
	13	6	4	4	5	6	4	4	5	5	3	4	4	4	5	6	7	6	7	6	6	6	5,10
	16	7	4	6	6	5	4	5	5	6	5	5	6	5	6	6	6	6	5	4	4	5	5,29
	19	6	3	5	5	6	3	5	6	4	6	7	6	7	7	4	5	6	7	7	5	7	5,57
	21	6	2	2	3	6	3	4	2	2	6	5	6	2	4	6	5	7	6	5	7	7	4,57
	22	6	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	6	5	6	6	7	6	7	7	7	6	6,57
	23	5	4	6	6	4	5	4	7	6	4	6	3	5	5	3	7	6	7	6	4	7	5,24
24	6	2	4	6	6	5	2	5	5	1	5	3	3	6	7	7	6	6	7	6	6	4,95	
30 anos ou mais	2	3	5	4	6	6	6	5	7	7	4	6	7	3	3	7	6	7	7	7	7	6	5,67
	6	6	4	4	6	6	5	5	6	5	6	6	6	6	6	6	7	6	7	6	7	6	5,81
	7	7	5	6	7	6	5	6	6	6	6	7	6	6	6	7	7	7	7	6	6	7	6,29
	8	5	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5,24
	14	6	5	5	6	6	6	7	7	6	6	7	7	5	7	7	7	7	7	7	7	6	6,38
	15	6	2	4	7	7	4	6	6	7	7	7	5	3	7	6	6	5	5	6	7	7	5,71
	17	7	5	6	6	6	7	6	7	7	1	7	7	6	6	6	7	7	7	7	7	7	6,29
	18	6	6	6	5	6	5	6	7	7	6	6	6	7	6	7	7	6	6	6	6	6	6,14
	20	6	7	7	7	6	6	5	6	6	7	6	6	5	5	7	2	7	7	7	6	5	6,00
	25	5	5	5	6	5	5	4	5	4	5	6	5	4	5	4	5	5	6	5	5	4	4,90

As análises de normalidade, homogeneidade e testes de hipótese se encontram na Tabela 4 e Tabela 5. Em ambas as análises (média por participante e média por questão) a hipótese nula foi rejeitada, de forma que pode ser afirmado que existe influência da idade do participante na sensação de presença reportada. Os resultados apontam que o grupo de voluntários com 30 anos ou mais experimentou maior sensação de presença durante a simulação do que o grupo de idade entre 20 e 29 anos. A diferença entre os níveis de presença de cada grupo pode ser explicada pelo fato de que 9 dos 10 voluntários do grupo 2 nunca tinham passado por experiências em simuladores. Já no grupo 1, 50% dos voluntários já possuía alguma experiência. Segundo o estudo conduzido por Pala *et al.* (2021), no qual o grupo de voluntários mais velhos também reportou maior sensação de presença, a primeira experiência de um indivíduo em simuladores costuma oferecer um maior nível de presença. Outro ponto importante é que 62% dos voluntários de 30 anos ou mais já conheciam o trecho previamente, enquanto apenas 33% dos voluntários com idade entre 20 e 29 anos já tinham dirigido pelo local anteriormente.

**Tabela 4: Verificação da normalidade**

Análise	20 a 29 anos			30 anos ou mais		
	Amostra	Valor p	Distribuição normal?	Amostra	Valor p	Distribuição normal?
Participantes	12	0,8091	Sim	10	0,3306	Sim
Questões	21	0,7624	Sim	21	0,0383	Não

**Tabela 5: Testes de homogeneidade e de hipótese**

Análise	Valor-p	Variâncias iguais?	20 a 29 anos		30 anos ou mais		Teste	Valor-p	Ho rejeitada
			Média	Desvio	Média	Desvio			
Participantes	0,4077	Sim	5,107	0,744	5,843	0,482	Mann-Whitney	0,0142	Sim
Questões	0,0708	Sim	5,107	0,644	5,843	0,434	t pareado	0,0003	Sim

A Tabela 6 apresenta a síntese dos itens piores e melhores avaliados por cada grupo. Para os voluntários da faixa etária de 20 a 29 anos, os itens mais bem avaliados foram as questões 16, 18 e 21, com 6,17, 6,08 e 6,00 pontos, respectivamente. As questões 16 e 21 pertencem ao fator Adaptação/Imersão e a questão 18 pertence ao fator Fidelidade Sensorial. Os itens que obtiveram a pior avaliação para o grupo mais jovem foram as questões 2, 7 e 13, relacionadas ao Envolvimento, e a questão 10, relacionada à Fidelidade Sensorial. A questão 2 obteve média de 3,75 pontos, a questão 7 de 4,33 pontos e as questões 10 e 13 de 4,42 pontos.

Já para o grupo dos voluntários de 30 anos ou mais, as três questões que obtiveram a maior pontuação foram as perguntas 18, 11 e 20. A questão 18 pertence ao fator Fidelidade Sensorial e atingiu 6,40 pontos. As questões 11 e 20 obtiveram 6,30 pontos e pertencem aos fatores Envolvimento e Adaptação/Imersão, respectivamente. Os itens com a pior pontuação foram as questões 2 e 13 com média de 5,00 pontos e questão 3 e 10, com média de 5,30 pontos. A questão 10 pertence ao fator Fidelidade Sensorial e as demais ao fator Envolvimento.

**Tabela 6: Síntese dos itens piores e melhores avaliados por grupo**

Avaliação	20 a 29 anos			30 anos ou mais		
	Questão	Média	Fator	Questão	Média	Fator
Piores	2	3,75	EV	2	5,00	EV
	7	4,33	EV	13	5,00	EV
	10	4,42	FS	3	5,30	EV
	13	4,42	EV	10	5,30	FS
Melhores	21	6,00	AI	11	6,30	EV
	18	6,08	FS	20	6,30	AI
	16	6,17	AI	18	6,40	FS

Com exceção do item 3 e 7, os demais itens que aparecem entre os piores avaliados são comuns entre os dois grupos de faixa etária (item 2, 10 e 13). Os três itens são relativos à atributos do simulador ou do ambiente virtual que podem ser melhorados de forma a proporcionar maior sensação de presença aos usuários, independente da faixa etária do participante.

Entre os itens mais bem avaliados, apenas a questão 18 é um item em comum entre os dois grupos. Os itens 16, 18 e 20 fazem parte do fator Adaptação/Imersão ou Fidelidade Sensorial e possuem relação direta com o tipo de equipamento utilizado no simulador que no caso do presente estudo foi um óculos de imersão (*Oculus Rift*). Esse resultado confirma a vantagem da utilização de equipamentos do tipo *Head Mounted Display* quanto à sensação de presença, visto que possuem maior capacidade de isolar a visão e sons vindo do ambiente externo, evitando maiores distrações ao usuário (Ihemedu-Steinke *et al.*, 2018; Walch *et al.*, 2017; Witmer e Singer, 1998).

#### 4.2. Simulator Sickness

A análise dos sintomas de *Simulator Sickness* apresentados antes e após a condução no simulador foi realizada através de uma média ponderada das frequências de respostas considerando as notas 1, 2, 3 e 4 para “nada”, “levemente”, “moderadamente” e “severamente”, respectivamente, conforme Nodari *et al.* (2017).

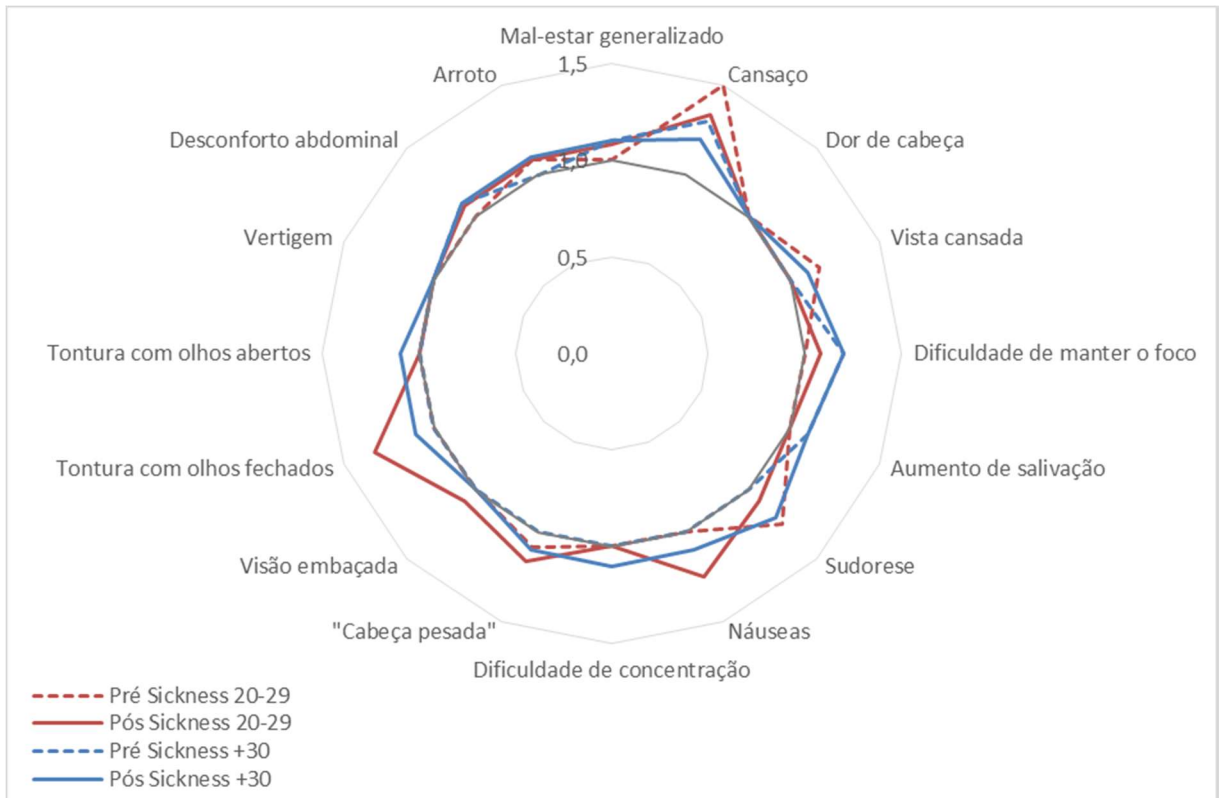
A Figura 7 apresenta as médias dos sintomas sentidos por cada grupo de faixa etária no questionário *Pré-Sickness* e *Pós-Sickness*. O círculo unitário no centro da figura representa a menor intensidade na escala apresentada. No momento anterior à condução do veículo virtual no simulador, alguns voluntários apresentavam sintomas como cansaço leve (6 voluntários do grupo mais jovem e 3 do grupo mais velho), vista cansada leve (2 voluntários do grupo mais jovem) e sudorese (1 voluntário com sintomas leves e 1 voluntário com sintomas moderados, ambos do grupo mais jovem).

Após a simulação, observa-se que o grupo da faixa etária de 30 anos apresentou uma grande variedade de sintomas de SS, apesar de em alguns sintomas como tontura com olhos fechados, náuseas e cansaço a intensidade do mal-estar ter sido maior no grupo mais jovem. Apesar dos resultados apontarem para um aumento da presença e intensidade dos sintomas de SS, as médias ponderadas encontradas situaram-se entre 1,0 (nada) e 2,0 (levemente), de um máximo de 4,0 para sintomas severos.

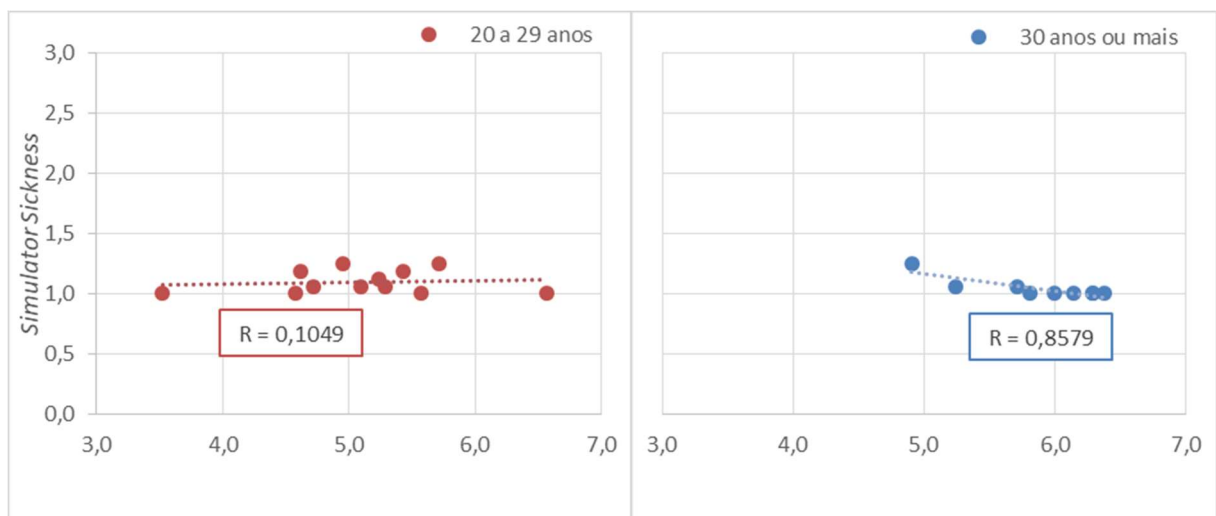
Os principais sintomas que tiveram um aumento de intensidade para esse grupo foram “cabeça pesada”, mal-estar generalizado, dificuldade de manter o foco, náuseas, vista cansada, visão embaçada e tontura com olhos fechados. Para o grupo mais jovem, os sintomas que apresentaram aumento na intensidade foram náuseas e tontura com olhos fechados. Em contrapartida, o sintoma cansaço apresentou uma leve redução na intensidade entre os mais jovens. De acordo com a literatura, náusea e vista cansada costumam ser alguns dos sintomas mais frequentes relacionados ao uso do simulador (Aykent *et al.*, 2014; Nodari *et al.*, 2017).

Ainda que a intensidade dos sintomas tenha sido baixa de forma geral, eles podem influenciar o comportamento do motorista no ambiente imersivo e, portanto, foi realizada uma análise de correlação entre os dados obtidos no questionário de *Pós-Sickness* e no QP, excluindo-se um ponto *outlier* do grupo de 30 anos ou mais que apresentou sintomas de Simulator Sickness acima da média do grupo porém reportou alta sensação de presença. Os resultados da análise de correlação são mostrados na Figura 8.





**Figura 7:** Diferenças entre os sintomas de *Simulator Sickness* antes e depois do simulador.



**Figura 8:** Correlação entre os dados do Pós-Sickness e QP

Os resultados revelam a existência de correlação entre a ocorrência de sintomas de SS e a sensação de presença para a faixa etária de 30 anos ou mais ( $R=0,8579$ ), ou seja, uma tendência de menor sensação de presença com o aumento dos sintomas de SS, conforme encontrado na literatura (Jerome e Witmer, 2002; Nichols *et al.*, 2000). Já para o grupo mais jovem, a sensação de presença não se mostrou influenciada pelo SS. Observa-se que forma geral as intensidades dos sintomas do SS foram baixas e que os resultados encontrados para a correlação entre sensação de presença e *Simulator Sickness* podem ser diferentes para amostras onde os participantes apresentem mais sintomas.

### 4.3. Velocidades médias

Por fim, foi realizada uma análise das velocidades médias por estaca no simulador de direção (SD) e no veículo instrumentado (VI) para cada faixa etária através dos perfis de velocidade desenvolvidos, conforme apresentado na Figura 9. As estacas na figura estão apresentadas de forma contínua para o trajeto de ida e volta. O primeiro ponto que pode ser observado é a diferença entre as velocidades médias entre os grupos. Tanto no ambiente simulado como na rodovia real o grupo mais jovem dirigiu em velocidades mais altas em todo o percurso. Esse resultado era esperado, conforme estudos que mostram que jovens tendem a ser mais agressivos (Maxwell *et al.*, 2020; Senserrick *et al.*, 2007).

Também pode ser constatado que a velocidade desenvolvida no simulador de direção é maior que a do veículo instrumentado para ambas as faixas etárias. Esse resultado condiz com o encontrado na literatura (Hussain *et al.*, 2019; Törnros, 1998). A diferença entre as velocidades médias do simulador e do veículo instrumentado podem ser explicadas pela menor percepção de risco que os motoristas possuem no ambiente simulado, levando-os a agir de forma mais agressiva do que no veículo instrumentado onde os riscos são reais (Bella, 2008). Outra possível explicação para essa diferença é a ausência do velocímetro no ambiente simulado, visto que os motoristas tendem a subestimar a velocidade de condução no caso de ocultamento do velocímetro (Hussain *et al.*, 2019; Recarte e Nunes, 1996).

Por fim, podem ser verificadas as diferenças entre as velocidades médias de cada grupo em cada ambiente. Observa-se que o adicional de velocidade do grupo mais jovem entre o SD e o VI é maior que essa mesma medida para o grupo mais velho. O adicional médio de velocidade entre o VI e o SD (com base na velocidade do VI) é mostrado na Tabela 7. O grupo mais jovem possui um adicional médio de velocidade quase 100% maior que o grupo mais velho. Relacionando esses dados com os níveis de presença relatados pelos dois grupos, verifica-se que o grupo que apresentou maior sensação de presença dirigiu no ambiente virtual de uma forma mais parecida com a direção no ambiente real, conforme esperado segundo o estudo de Silva *et al.* (2016).

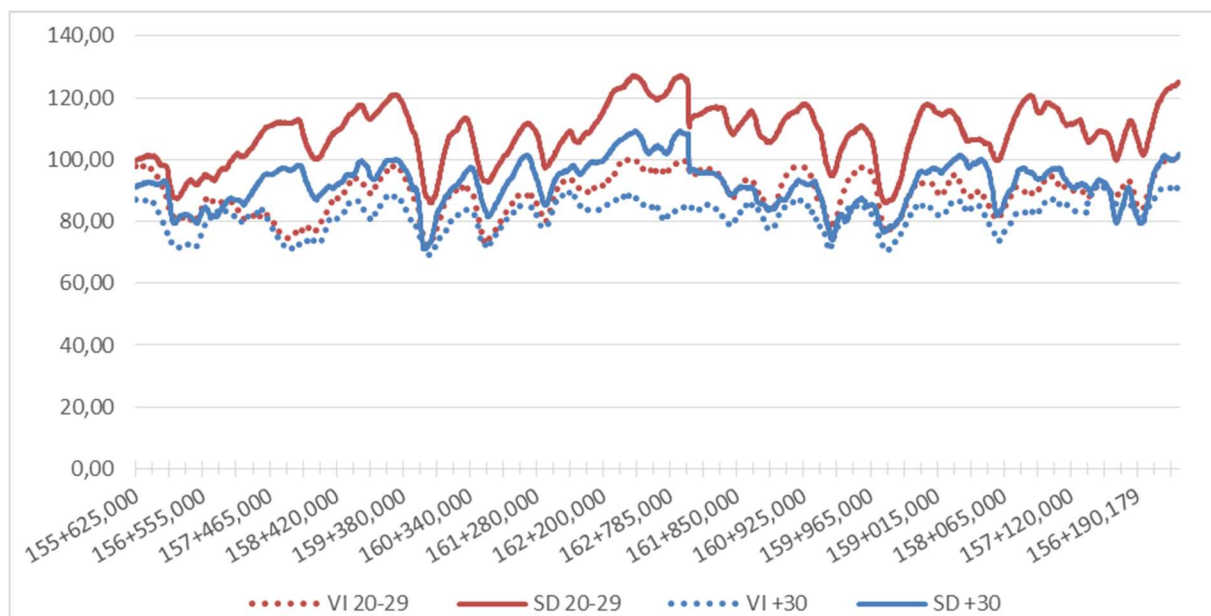


Figura 9: Velocidade média por estaca

**Tabela 7:** Adicional médio de velocidade no simulador de direção

Grupo	Adicional médio no SD	Desvio padrão
20 a 29 anos	19,58	6,19
30 anos ou mais	10,08	5,97

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou avaliar a influência da idade de voluntários de experimentos em simuladores de direção na sensação de presença reportada por meio do Questionário de Presença. Utilizando a amostra de um estudo de validação do simulador do LASTRAN, os participantes foram divididos em dois grupos: (i) 20 a 29 anos e (ii) 30 anos ou mais. As médias resultantes da aplicação do QP de ambos os grupos foram comparadas através de diferentes testes estatísticos. Os dados foram analisados quanto à igualdade das médias por participante e quanto à igualdade das médias por questão entre os dois grupos.

Em ambos os casos, a hipótese nula que as médias pertencem à mesma população foi rejeitada, indicando que existe influência da idade do voluntário na presença sentida durante a simulação. A sensação de presença foi maior entre o grupo de voluntários com idade de 30 anos ou mais, indo ao encontro dos estudos de Pala *et al.* (2021) e Schuemie *et al.* (2005). Por meio da análise dos perfis de velocidade desenvolvidos por cada grupo no simulador e no veículo instrumentado, encontrou-se que o grupo mais velho desenvolveu velocidades no simulador de direção mais próximas das velocidades no veículo instrumentado, demonstrando que a maior sensação de presença levou os participantes a agir de forma mais parecida com o mundo real.

A partir das respostas do *Simulator Sickness Questionnaire*, foi encontrada uma correlação negativa entre a ocorrência de sintomas do SS e a sensação de presença para o grupo de voluntários com idade de 30 anos ou mais. Já para o grupo mais novo, observou-se que não há influência do mal-estar causado pelo simulador na sensação de presença.

Levando em conta as limitações desse estudo, realizado a partir de uma amostra pré-existente, sugere-se a repetição do experimento com um número maior de voluntários. Além disso, as faixas etárias estudadas poderiam ser mais bem distribuídas, já que a diferença entre participantes de idades muito próximas podem não ser significativas. Recomenda-se a utilização de amostras de motoristas jovens entre 20 a 29 anos e motoristas adultos de 41 a 60 anos, mantendo um intervalo de idade entre as faixas etárias analisadas. Por fim, observa-se a importância de utilização de uma amostra homogênea quanto às experiências prévias no simulador, visto que a vivência anterior em experimentos em simuladores pode influenciar na presença sentida pelo voluntário.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Almallah, M., Hussain, Q., Reinolsmann, N., e Alhajyaseen, W. K. M. (2021) Driving simulation sickness and the sense of presence: Correlation and contributing factors. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 78, 180–193. doi:10.1016/j.trf.2021.02.005
- Andriola, C. L. (2021) *Análise da validade comportamental de um simulador de direção imersivo*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Aykent, B., Merienne, F., Guillet, C., Paillet, D., e Kemeny, A. (2014) Motion sickness evaluation and comparison for a static driving simulator and a dynamic driving simulator. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 228(7), 818–829. doi:10.1177/0954407013516101
- Bangay, S., e Preston, L. (1998) An investigation into factors influencing immersion in interactive virtual reality environments. *Studies in Health Technology and Informatics*, 58(Figure 1), 43–51. doi:10.3233/978-1-60750-902-8-43
- Barfield, W., Baird, K. M., e Bjorneseth, O. J. (1998) Presence in virtual environments as a function of type of

- input device and display update rate. *Displays*, 19(2), 91–98. doi:10.1016/S0141-9382(98)00041-9
- Barfield, W., e Weghorst, S. (1993) The Sense of Presence within Virtual Environments: A Conceptual Framework. *Human-Computer Interaction: Software and hardware interfaces* (p. 699–704). Elsevier, Amsterdam.
- Bella, F. (2008) Driving simulator for speed research on two-lane rural roads. *Accident Analysis and Prevention*, 40(3), 1078–1087. doi:10.1016/j.aap.2007.10.015
- Bella, F. (2009) Can driving simulators contribute to solving critical issues in geometric design? *Transportation Research Record*, (2138), 120–126. doi:10.3141/2138-16
- Bella, F. (2014) Driver perception hypothesis: Driving simulator study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 24, 183–196. doi:10.1016/j.trf.2014.04.007
- Carvalho, M. R. de, Costa, R. T. da, e Nardi, A. E. (2011) Simulator Sickness Questionnaire: tradução e adaptação transcultural. *Jornal Brasileiro de Psiquiatria*, 60(4), 247–252. doi:10.1590/S0047-20852011000400003
- Di Rado, G. R., Devincenzi, G. H., e García, D. S. P. (2011) Aplicación Del Método De Integración Numérica De Ecuaciones Diferenciales Runge Y Kutta 4 (Rk4) a Un Modelo De Simulación Longitudinal De Dinámica. *Mecánica Computacional*, XXX, 2907–2927.
- Di Rado, G. R., García, D. S. P., e Devincenzi, G. H. (2014) Modelo de Simulación de Desaceleración de un Vehículo de Paseo Terrestre Utilizando Freno de Motor. *Mecánica Computacional*, XXXIII, 2287–2301.
- Di Rado, G. R., García, D. S. P., e Devincenzi, G. H. (2016) Modelo de Simulación de Desaceleración de un Vehículo de Paseo Terrestre Utilizando Freno por Fricción. *Mecánica Computacional*, XXXIV, 2755–2766.
- Di Rado, G. R., García, D. S. P., Devincenzi, G. H., e Silvero, F. (2017) Modelo de Simulación de Tránsito de un Vehículo de Paseo Terrestre en Trayectoria Curva. *Mecánica Computacional*, XXXV, 1111–1136.
- Figueira, A. C., e Larocca, A. P. C. (2018) Avaliação de Simulador de Direção a partir Questionário de Presença. *Anais 32º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes* (p. 3402–3413). Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, Gramado.
- Fontaine, G. (1992) The Experience of a Sense of Presence in Intercultural and International Encounters. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1(4), 482–490. doi:10.1162/pres.1992.1.4.482
- Grassini, S., Laumann, K., e Luzi, A. K. (2021) Association of Individual Factors with Simulator Sickness and Sense of Presence in Virtual Reality Mediated by Head-Mounted Displays (HMDs). *Multimodal Technologies and Interaction*, 5(7). doi:10.3390/mti5030007
- Hoffman, H. G., Prothero, J., Wells, M. J., e Groen, J. (1998) Virtual Chess: Meaning Enhances Users' Sense of Presence in Virtual Environments. *Plastics, Rubber and Composites Processing and Applications*, 10(3), 251–263. doi:10.1207/s15327590ijhc1003\_3
- Hussain, Q., Alhajyaseen, W. K. M., Pirdavani, A., Reinolsmann, N., Brijs, K., e Brijs, T. (2019) Speed perception and actual speed in a driving simulator and real-world: A validation study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 62, 637–650. doi:10.1016/j.trf.2019.02.019
- Ihemedu-Steinke, Q., Meixner, G., e Weber, M. (2018) Comparing VR Display with Conventional Displays for User Evaluation Experiences. *2018 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)* (p. 583–584). IEEE. doi:10.1109/VR.2018.8446076
- Jerome, C. J., e Witmer, B. (2002) Immersive Tendency, Feeling of Presence, and Simulator Sickness: Formulation of a Causal Model. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 46(26), 2197–2201. doi:10.1177/154193120204602620
- Kass, S. J., Cole, K. S., e Stanny, C. J. (2007) Effects of distraction and experience on situation awareness and simulated driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 10(4), 321–329. doi:10.1016/j.trf.2006.12.002
- Kawano, N., Iwamoto, K., Ebe, K., Aleksic, B., Noda, A., Umegaki, H., Kuzuya, M., Iidaka, T., e Ozaki, N. (2012) Slower adaptation to driving simulator and simulator sickness in older adults. *Aging - Clinical and Experimental Research*, 24(3), 285–289. doi:10.1007/BF03325260
- Keshavarz, B., Ramkhalawansingh, R., Haycock, B., Shahab, S., e Campos, J. L. (2018) Comparing simulator sickness in younger and older adults during simulated driving under different multisensory conditions. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 54, 47–62. doi:10.1016/j.trf.2018.01.007
- Kim, J., e Park, T. (2020) Investigation of factors influencing simulator sickness and the sense of presence in flight simulator. *ICIC Express Letters, Part B: Applications*, 11(5), 463–470. doi:10.24507/icicelb.11.05.463
- Larocca, A. P. C., Ribeiro, R. L., da Cruz Figueira, A., de Oliveira, P. T. M. e S., Lulio, L. C., e Rangel, M. A. C. (2018) Analysis of perception of vertical signaling of highways by drivers in a simulated driving environment. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 58, 471–487. doi:10.1016/j.trf.2018.06.034
- Larue, G. S., Wullems, C., Sheldrake, M., e Rakotonirainy, A. (2018) Validation of a Driving Simulator Study on

- Driver Behavior at Passive Rail Level Crossings. *Human Factors*, 60(6), 743–754. doi:10.1177/0018720818783507
- Lessiter, J., Freeman, J., Keogh, E., e Davidoff, J. (2001) A Cross-Media Presence Questionnaire: The ITC-Sense of Presence Inventory. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 10(3), 282–297. doi:10.1162/105474601300343612
- Lucas, F. R., Russo, L. E. A., Kawashima, R. S., Figueira, A. da C., Larocca, A. P. C., e Kabbach Jr., F. I. (2013) Uso de simuladores de direção aplicado ao projeto de segurança viária. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 19(2), 341–352. doi:10.1590/S1982-21702013000200010
- Maxwell, H., Weaver, B., Gagnon, S., Marshall, S., e Bédard, M. (2020) The Validity of Three New Driving Simulator Scenarios: Detecting Differences in Driving Performance by Difficulty and Driver Gender and Age. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*. doi:10.1177/0018720820937520
- McCreery, M. P., Schrader, P. G., Krach, S. K., e Boone, R. (2013) A sense of self: The role of presence in virtual environments. *Computers in Human Behavior*, 29(4), 1635–1640. doi:10.1016/j.chb.2013.02.002
- Nash, E. B., Edwards, G. W., Thompson, J. A., e Barfield, W. (2000) A Review of Presence and Performance in Virtual Environments. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 12(1), 1–41. doi:10.1207/S15327590IJHC1201\_1
- Nichols, S., Haldane, C., e Wilson, J. R. (2000) Measurement of presence and its consequences in virtual environments. *International Journal of Human-Computer Studies*, 52(3), 471–491. doi:10.1006/ijhc.1999.0343
- Nodari, C. T., Oliveira, M. C. de, Veronez, M. R., Bordin, F., Gonzaga Jr, L., Larocca, A. P. C., e Framarim, C. (2017) Avaliação do Realismo e da Sensação de Mal-Estar (Simulator Sickness) no Uso de Simulador Imersivo de Direção. *31º Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte da ANPET* (p. 3103–3115).
- Oliveira, M. C. de. (2019) *Efeitos da Luz do Ambiente e de Sinalização Horizontal na Segurança em Rodovias: Estudo em Simulador de Direção Imersivo*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Pala, P., Cavallo, V., Dang, N. T., Granić, M.-A., Schneider, S., Maruhn, P., e Bengler, K. (2021) Analysis of Street-Crossing Behavior: Comparing a CAVE Simulator and a Head-Mounted Display among Younger and Older Adults. *Accident Analysis & Prevention*, 152(February), 106004. doi:10.1016/j.aap.2021.106004
- Park, G. D., Allen, R. W., Fiorentino, D., Rosenthal, T. J., e Cook, M. L. (2006) Simulator Sickness Scores According to Symptom Susceptibility, Age, and Gender for an Older Driver Assessment Study. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 50(26), 2702–2706. doi:10.1177/154193120605002607
- Queiroz, J. B. da S. (2019) Sinalização de Faixas Reversíveis: Contribuições Advindas de um Simulador de Direção. *33º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes* (p. 3862–3872). Balneário Camboriú.
- Recarte, M. A., e Nunes, L. M. (1996) Perception of speed in an automobile: Estimation and production. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 2(4), 291–304. doi:10.1037/1076-898X.2.4.291
- Rigoli, M. M., Lobo, B. de O. M., Justo, A. R., Correia, L. L. M., Schneider, B. do N., Rieder, R., e Pinho, M. S. (2009) Desenvolvimento da versão brasileira do Questionário de Presença para uso no Tratamento Cognitivo-Comportamental com Realidade Virtual no Transtorno de Estresse Pós-Traumático. Salão de Iniciação Científica (21. : 2009 out. 19-23 : Porto Alegre, RS). Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS.
- Schubert, T., Friedmann, F., e Regenbrecht, H. (2001) The Experience of Presence: Factor Analytic Insights. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 10(3), 266–281. doi:10.1162/105474601300343603
- Schuemie, M. J., Abel, B., Van Der Mast, C. A. P. G., Krijn, M., e Emmelkamp, P. M. G. (2005) The effect of locomotion technique on presence, fear and usability in a virtual environment. *EUROMEDIA 2005 - 11th Annual Scientific Conference on Web Technology, New Media Communications and Telematics Theory Methods, Tools and Applications* (p. 129–135).
- Schweig, S., Liebherr, M., Schramm, D., Brand, M., e Maas, N. (2018) The impact of psychological and demographic parameters on simulator sickness. *SIMULTECH 2018 - Proceedings of 8th International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications*, (Simultech), 91–97. doi:10.5220/0006837300910097
- Schwind, V., Knierim, P., Haas, N., e Henze, N. (2019) Using Presence Questionnaires in Virtual Reality. *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (p. 1–12). ACM, New York, NY, USA. doi:10.1145/3290605.3300590
- Seay, A. F., Krum, D. M., Hodges, L., e Ribarsky, W. (2001) Simulator sickness and presence in a high FOV virtual environment. *Proceedings IEEE Virtual Reality 2001* (Vol. 65, p. 299–300). IEEE Comput. Soc. doi:10.1109/VR.2001.913806
- Senserrick, T. M., Brown, T., Quistberg, D. A., Marshall, D., e Winston, F. K. (2007) Validation of Simulated Assessment of Teen Driver Speed Management on Rural Roads. *Annual Proceedings - Association for the*

- Advancement of Automotive Medicine* (p. 525–536).
- Silva, G. R., Donat, J. C., Rigoli, M. M., de Oliveira, F. R., e Kristensen, C. H. (2016) A questionnaire for measuring presence in virtual environments: factor analysis of the presence questionnaire and adaptation into Brazilian Portuguese. *Virtual Reality*, 20(4), 237–242. doi:10.1007/s10055-016-0295-7
- Skarbez, R., Brooks, F. P., e Whitton, M. C. (2017) A survey of presence and related concepts. *ACM Computing Surveys*, 50(6). doi:10.1145/3134301
- Slater, M. (2004) A Note on Presence Terminology. *Presence Connect*, 3, 1–5.
- Slater, M., e Usoh, M. (1993) An Experimental Exploration of Presence in Virtual Environments. QMW University, Department of Computer Science, London.
- Törnros, J. (1998) Driving behaviour in a real and a simulated road tunnel—a validation study. *Accident Analysis & Prevention*, 30(4), 497–503. doi:10.1016/S0001-4575(97)00099-7
- United Nations Organization. (2011) Decade of Action for Road Safety 2011-2020. Obtido 2 de maio de 2021, de <https://www.who.int/groups/united-nations-road-safety-collaboration/decade-of-action-for-road-safety-2011-2020>
- United Nations Organization. (2020) Decade of Action for Road Safety 2021-2030. Obtido 2 de maio de 2021, de <https://www.who.int/groups/united-nations-road-safety-collaboration/decade-of-action-for-road-safety-2021-2030>
- Vasconcelos-Raposo, J., Melo, M., Barbosa, L., Teixeira, C., Cabral, L., e Bessa, M. (2020) Assessing presence in virtual environments: adaptation of the psychometric properties of the Presence Questionnaire to the Portuguese populations. *Behaviour & Information Technology*, 1–11. doi:10.1080/0144929X.2020.1754911
- Walch, M., Frommel, J., Rogers, K., Schüssel, F., Hock, P., Dobbelstein, D., e Weber, M. (2017) Evaluating VR Driving Simulation from a Player Experience Perspective. *Proceedings of the 2017 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (Vol. Part F1276, p. 2982–2989). ACM, New York, NY, USA. doi:10.1145/3027063.3053202
- Weech, S., Kenny, S., e Barnett-Cowan, M. (2019) Presence and cybersickness in virtual reality are negatively related: A review. *Frontiers in Psychology*, 10(FEB), 1–19. doi:10.3389/fpsyg.2019.00158
- Witmer, B. G., Jerome, C. J., e Singer, M. J. (2005) The Factor Structure of the Presence Questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 14(3), 298–312. doi:10.1162/105474605323384654
- Witmer, B. G., e Singer, M. J. (1994) *Measuring presence in virtual environments*. ARI Technical Report 1014.
- Witmer, B. G., e Singer, M. J. (1998) Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225–240. doi:10.1162/105474698565686
- World Health Organization. (2018) Global status report on road safety 2018. Obtido 2 de maio de 2021, de <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684>

## ANEXO A – ALGORITMO PARA TESTES DE COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

### Importação de bibliotecas

```
In [69]: import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import scipy.stats as stats
from scipy.stats import levene
```

### Importação dos arquivos base

```
In [70]: participantes=pd.read_excel("Participantes.xlsx")
questoes=pd.read_excel("Questões.xlsx")
```

### Organização dos dados

```
In [71]: Resultado=pd.DataFrame()
Resultado.at[0, 'Análise'] = 'Participantes'
Resultado.at[1, 'Análise'] = 'Questões'

participantes_g1 = participantes.drop(columns=['G2'])
participantes_g1 = participantes_g1.drop(columns=['M2'])

participantes_g2 = participantes.drop(11)
participantes_g2 = participantes_g2.drop(10)
participantes_g2 = participantes_g2.drop(columns=['G1'])
participantes_g2 = participantes_g2.drop(columns=['M1'])

questoes_g1 = questoes.drop(columns=['M2'])
questoes_g2 = questoes.drop(columns=['M1'])
```

### Testes de normalidade (teste de Shapiro-Wilk)

```
In [72]: s_pg1, p_pg1 = stats.shapiro(participantes_g1["M1"])
s_pg2, p_pg2 = stats.shapiro(participantes_g2["M2"])
Resultado.at[0, 'Normalidade G1 (p)'] = p_pg1
if p_pg1<0.05:
    Resultado.at[0, 'G1 Dist Normal?'] = "NÃO"
else:
    Resultado.at[0, 'G1 Dist Normal?'] = "SIM"
Resultado.at[0, 'Normalidade G2 (p)'] = p_pg2
if p_pg2<0.05:
    Resultado.at[0, 'G2 Dist Normal?'] = "NÃO"
else:
    Resultado.at[0, 'G2 Dist Normal?'] = "SIM"

s_qg1, p_qg1 = stats.shapiro(questoes_g1["M1"])
s_qg2, p_qg2 = stats.shapiro(questoes_g2["M2"])
Resultado.at[1, 'Normalidade G1 (p)'] = p_qg1
if p_qg1<0.05:
    Resultado.at[1, 'G1 Dist Normal?'] = "NÃO"
else:
    Resultado.at[1, 'G1 Dist Normal?'] = "SIM"
Resultado.at[1, 'Normalidade G2 (p)'] = p_qg2
if p_qg2<0.05:
```

```

Resultado.at[1, 'G2 Dist Normal?'] = "NÃO"
else:
Resultado.at[1, 'G2 Dist Normal?'] = "SIM"

```

## Teste de igualdade de variâncias (teste de Levene)

In [73]:

```

s_pg, p_pg = stats.levene(participantes_g1["M1"], participantes_g2["M2"])
s_qg, p_qg = stats.levene(questoes_g1["M1"], questoes_g2["M2"])
Resultado.at[0, 'Igua_Variancia (p)'] = p_pg
if p_pg<0.05:
Resultado.at[0, 'Var iguais?'] = "NÃO"
else:
Resultado.at[0, 'Var iguais?'] = "SIM"
Resultado.at[1, 'Igua_Variancia (p)'] = p_qg
if p_qg<0.05:
Resultado.at[1, 'Var iguais?'] = "NÃO"
else:
Resultado.at[1, 'Var iguais?'] = "SIM"

```

## Testes para comparação de médias

In [74]:

```

s_pg, p_pg = stats.ttest_ind(participantes_g1["M1"], participantes_g2["M2"])
p1_média = participantes_g1["M1"].mean()
p1_desvio = participantes_g1["M1"].std()
p2_média = participantes_g2["M2"].mean()
p2_desvio = participantes_g2["M2"].std()

s_qg, p_qg = stats.mstats.mannwhitneyu(questoes_g1["M1"], questoes_g2["M2"])
q1_média = questoes_g1["M1"].mean()
q1_desvio = questoes_g1["M1"].std()
q2_média = questoes_g2["M2"].mean()
q2_desvio = questoes_g2["M2"].std()

Resultado.at[0, 'Média_M1'] = p1_média
Resultado.at[1, 'Média_M1'] = q1_média
Resultado.at[0, 'Média_M2'] = p2_média
Resultado.at[1, 'Média_M2'] = q2_média
Resultado.at[0, 'Desvio_M1'] = p1_desvio
Resultado.at[1, 'Desvio_M1'] = q1_desvio
Resultado.at[0, 'Desvio_M2'] = p2_desvio
Resultado.at[1, 'Desvio_M2'] = q2_desvio

Resultado.at[0, 'p_teste'] = p_pg
Resultado.at[1, 'p_teste'] = p_qg
Resultado.at[0, 't_teste'] = s_pg
Resultado.at[1, 't_teste'] = s_qg
if p_pg<0.05:
Resultado.at[0, 'H0?'] = "Rejeitada"
else:
Resultado.at[0, 'H0?'] = "Não Rejeitada"
if p_qg<0.05:
Resultado.at[1, 'H0?'] = "Rejeitada"
else:
Resultado.at[1, 'H0?'] = "Não Rejeitada"

Resultado.to_excel("Resultados.xlsx", index=False, encoding='utf8')

```



## ANEXO B – QUESTIONÁRIOS

### QUESTIONÁRIO SOBRE DEMOGRAFIA E ANTECEDENTES DO MOTORISTA

1. Qual a sua idade? \_\_\_\_\_
2. Com que gênero você se identifica?
  - 1  Feminino
  - 2  Masculino
  - 3  Prefiro não responder
3. Há quanto anos você possui CNH? \_\_\_\_\_
4. Com que frequência você dirige?
  - 1  Diariamente
  - 2  de 3 a 6 vezes por semana
  - 3  de 1 a 2 vezes por semana
  - 4  de 1 a 3 vezes por mês
  - 5  Menos que uma vez por mês
5. Você já se envolveu em acidentes de trânsito?
  - 1  Nunca
  - 2  Uma vez
  - 3  Duas vezes
  - 4  Mais de duas vezes

## QUESTIONÁRIO DE PRÉ-AVALIAÇÃO DE *SIMULATOR SICKNESS*

Esse estudo vai requerer que você dirija em um simulador de direção. Em estudos envolvendo simuladores de direção, algumas pessoas podem se sentir desconfortáveis. Para ajudar a identificar as pessoas que podem ser suscetíveis a esse desconforto, gostaríamos de sua resposta para as seguintes perguntas:

1. Você tem ou teve um histórico de enxaqueca? 2  Sim 1  Não  
Se sim, por favor descreva: \_\_\_\_\_
2. Você tem ou teve um histórico de claustrofobia? 2  Sim 1  Não  
Se sim, por favor descreva: \_\_\_\_\_
3. Você tem ou teve um histórico de enjoo frequente ou severo? 2  Sim 1  Não  
Se sim, por favor descreva: \_\_\_\_\_
4. Você tem ou teve um histórico de algum problema de saúde que afete sua habilidade em dirigir (ex: convulsões, diabetes, problemas cardíacos, vertigem)? 2  Sim 1  Não  
  
Se sim, por favor descreva: \_\_\_\_\_
5. Se você é uma mulher, você está ou existe a possibilidade de você estar grávida? 2  Sim 1  Não

6. Você está sentindo algum dos seguintes sintomas:

Sintomas	Nada	Leve	Moderado	Severo
1 Mal-estar generalizado				
2 Cansaço				
3 Dor de cabeça				
4 Vista cansada				
5 Dificuldade de manter o foco				
6 Aumento de salivação				
7 Sudorese				
8 Náuseas				
9 Dificuldade de concentração				
10 "Cabeça pesada"				
11 Visão embaçada				
12 Tontura com olhos abertos				
13 Tontura com olhos fechados				
14 Vertigem				
15 Desconforto abdominal				
16 Arroto				

## QUESTIONÁRIO DE PÓS-AVALIAÇÃO DE *SIMULATOR SICKNESS*

1. Você está usando óculos de grau ou lente de contato?

- 1  Não  
2  Óculos  
3  Lente de contato

2. Qual sua experiência com simuladores de direção?

- 1  Primeira vez  
2  Segunda Vez  
3  Mais de duas vezes

3. Você está sentindo algum dos seguintes sintomas:

	<b>Sintomas</b>	<b>Nada</b>	<b>Leve</b>	<b>Moderado</b>	<b>Severo</b>
1	Mal-estar generalizado				
2	Cansaço				
3	Dor de cabeça				
4	Vista cansada				
5	Dificuldade de manter o foco				
6	Aumento de salivação				
7	Sudorese				
8	Náuseas				
9	Dificuldade de concentração				
10	"Cabeça pesada"				
11	Visão embaçada				
12	Tontura com olhos abertos				
13	Tontura com olhos fechados				
14	Vertigem				
15	Desconforto abdominal				
16	Arroto				

## QUESTIONÁRIO DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DA REALIDADE DO CENÁRIO

Esse questionário busca avaliar o nível de realismo que você percebeu em relação ao simulador.  
Marque o círculo que melhor represente a sua percepção no experimento.

1	Conseguiu controlar o simulador (volante, pedal, câmbio)?	Nunca <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Sempre
2	Qual o nível de realidade sentida para suas ações no Simulador?	Nenhum <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Máximo
3	Qual o nível de naturalidade com o qual você interagiu com o simulador?	Nenhum <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Máximo
4	Em que nível o aspecto visual do simulador conseguiu te envolver no ambiente?	Nenhum <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Máximo
5	Qual o nível de realismo que você daria para os objetos presentes na simulação?	Nenhum <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Máximo
6	Quão idêntico é o ambiente simulado comparado com uma experiência de direção real?	Nada idêntico <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Idêntico
7	O veículo no ambiente simulado respondeu aos seus comandos de forma realista (volante, pedal, câmbio)?	Nunca <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Sempre
8	Você conseguiu explorar visualmente o ambiente para tomar decisões baseadas no entorno?	Nunca <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Sempre
9	Você conseguiu identificar os detalhes dos objetos?	Nunca <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Sempre
10	Considerando um mesmo objeto a diferentes distâncias, você percebeu diferença no nível de detalhamento?	Nenhuma <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Completamente
11	Quão envolvido com o ambiente virtual você esteve?	Nada envolvido <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Completamente envolvido
12	Como classifica o tempo entre uma ação tomada e a resposta do simulador?	Demorado <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Imediato
13	O quanto se sentiu adaptado ao simulador?	Nada adaptado <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Completamente adaptado
14	No fim da simulação, como você classificaria seu nível de aptidão para dirigir no simulador?	Nenhuma <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Completa
15	A qualidade das imagens interferiu na realização de alguma tarefa?	Completamente <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Nunca
16	Você conseguiu se concentrar efetivamente na simulação, ao invés de desviar a atenção para os mecanismos de direção (volante, pedal, etc)?	Nunca <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Sempre
17	Em que nível o som ambiente do simulador auxiliou para que você se sentisse envolvido na simulação?	Nenhum <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Máximo
18	Quão bem você conseguiu identificar os sons?	Nada bem <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Completamente bem
19	Conseguiu identificar as origens dos sons no Cenário virtual (ex: carro, pavimento)?	Nunca <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Sempre
20	Em que nível os eventos ocorrendo fora do ambiente virtual causaram distração em relação a tarefa realizada no simulador?	Muita distração <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Nenhuma distração
21	Houve momentos durante a experiência no ambiente virtual durante os quais você se sentiu completamente concentrado na tarefa ou no ambiente?	Nunca <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Sempre