

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO

JERSON GERALDO NETO

**Explorando a Fronteira da Tomada de
Decisões: Realidade Virtual e Habilidades
Espaciais no Planejamento Estratégico**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da
Computação

Orientador: Prof^a. Dr^a. Luciana Porcher Nedel
Co-orientador: Prof. Dr. Anderson Maciel

Porto Alegre
2024

CIP — CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Neto, Jerson Geraldo

Explorando a Fronteira da Tomada de Decisões: Realidade Virtual e Habilidades Espaciais no Planejamento Estratégico / Jerson Geraldo Neto. – Porto Alegre: PPGC da UFRGS, 2024.

158 f.: il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Computação, Porto Alegre, BR–RS, 2024. Orientador: Luciana Porcher Nedel; Coorientador: Anderson Maciel.

1. Realidade Virtual. 2. Planejamento militar. 3. Interpretação de mapas. 4. Interação humano-computador. 5. Percepção espacial. I. Nedel, Luciana Porcher. II. Maciel, Anderson. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. Carlos André Bulhões

Vice-Reitora: Prof^ª. Patricia Pranke

Pró-Reitor de Pós-Graduação: Prof. Celso Giannetti Loureiro Chaves

Diretora do Instituto de Informática: Prof^ª. Carla Maria Dal Sasso Freitas

Coordenador do PPGC: Prof. Alberto Egon Schaeffer Filho

Bibliotecário-chefe do Instituto de Informática: Alexsander Borges Ribeiro

*“Now this is not the end. It is not even the beginning of the end. But it is,
perhaps, the end of the beginning.”*

— WINSTON CHURCHILL

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me orientar e conduzir durante o curso desta dissertação. À minha esposa, Suzi, por estar sempre ao meu lado e ter me incentivado a ir em busca deste sonho, me apoiando e dando forças para prosseguir, sem a qual este objetivo não seria atingido.

Aos meus orientadores, Anderson e Luciana, pela paciência, atenção e comprometimento ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, não poupando esforços para me guiar corretamente.

Aos meus companheiros da Seção de Simulação da Academia Militar das Agulhas Negras, por toda a solidariedade e sustentação, desde a liberação para a realização das disciplinas em Porto Alegre, bem como para a realização dos experimentos, sem os quais o andamento desta pesquisa estaria prejudicado. Especialmente ao Cap Reboredo, ao 1º Ten Samuel Pedro, ao 1º Ten Mariano e ao 2º Sgt Luiz Henrique.

Aos meus ex-chefes imediatos, o Maj Borges e Maj Ferraz, pelo apoio irrestrito, e ao Comando da AMAN, representado pelo Gen Felipe, pela confiança em meu trabalho.

Além disso, expressei minha gratidão aos professores e colegas que contribuíram de várias maneiras para o desenvolvimento deste trabalho. Suas insights, discussões e críticas construtivas foram inestimáveis para o aprimoramento deste estudo. Com destaque para o meu colega de mestrado, Otávio, que contribuiu significativamente para o desenvolvimento da aplicação utilizada neste estudo.

À minha família e amigos, pelo apoio emocional, compreensão e incentivo ao longo desta jornada acadêmica. Suas palavras de encorajamento foram fundamentais para superar os desafios e manter o foco nos objetivos estabelecidos.

Por fim, agradeço a todas as instituições e pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, seja por meio de colaborações diretas ou indiretas. Que este estudo possa contribuir de forma significativa para o avanço do uso da realidade virtual como instrumento de ensino, e para o bem da sociedade como um todo.

RESUMO

O uso de cartas topográficas para orientação não é uma tarefa fácil exigindo capacidades específicas associadas à correspondência com o mundo real influenciadas pelas habilidades espaciais. Usualmente, como solução recorre-se à representação 3D, que, no ramo militar resume-se ao caixão de areia. No entanto, devido à sua reprodução manual e à impossibilidade de representar com precisão os elementos do relevo e, principalmente, o campo de visão, para fins de planejamento, essas informações podem trazer resultados equivocados fruto da análise de dados. Desta maneira, o presente trabalho teve por finalidade investigar o potencial da realidade virtual (RV) visando o aprimoramento do planejamento militar frente aos métodos convencionais, buscando reduzir as barreiras impostas pelas habilidades individuais associadas indiretamente ao processo. Para isso, fora desenvolvido um protótipo que inclui um terreno virtual e modelos em miniatura, facilitando as interações baseadas no caixão de areia e aprimorando a visualização de dados. Com isso, procurou-se a partir dos experimentos realizados mensurar se as habilidades espaciais mais altas correlacionam-se com uma interpretação de cartas topográficas facilitada, influenciando diretamente no processo de planejamento, e se, de alguma maneira, a RV fornece condições ideais para a execução de tarefas. Os resultados revelam que a RV afeta a escolha de posições, melhora o desempenho e reduz disparidades nos resultados. Além disso, notavelmente, a RV demonstrou-se eficaz para usuários com habilidades espaciais mais baixas. Por fim, a solução apresentada propõe uma nova maneira de abordar a visualização e interpretação de dados topográficos para o planejamento militar com efeito substancial na redução dos impactos negativos oriundos dos diferentes níveis de habilidades espaciais.

Palavras-chave: Realidade Virtual. Planejamento militar. Interpretação de mapas. Interação humano-computador. Percepção espacial.

Navigating Decision-Making Frontiers: Virtual Reality and Spatial Skills in Strategic Planning

ABSTRACT

The use of topographic maps for orientation is not an easy task, requiring specific abilities associated with real-world correspondence influenced by spatial skills. Usually, as a solution, 3D representation is employed, which in the military field is summarized as the sandbox. However, due to its manual reproduction and the inability to accurately represent terrain features and, primarily, the field of view for planning purposes, this information can lead to erroneous results stemming from data analysis. Thus, the present work aimed to investigate the potential of virtual reality (VR) to enhance military planning compared to conventional methods, aiming to reduce barriers imposed by individual skills indirectly associated with the process. To this end, a prototype was developed including a virtual terrain and miniature models, facilitating interactions based on the sandbox and enhancing data visualization. Through experiments, the goal was to measure whether higher spatial skills correlate with facilitated interpretation of topographic maps, directly influencing the planning process, and if VR provides ideal conditions for task execution. The results reveal that VR affects position selection, improves performance, and reduces disparities in results. Additionally, notably, VR proved effective for users with lower spatial skills. Ultimately, the proposed solution offers a new approach to visualizing and interpreting topographic data for military planning, with a substantial effect on reducing negative impacts stemming from different levels of spatial skills.

Keywords: Virtual Reality. Military Planning. Maps reading. User Interaction. Spatial Perception.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AMAN	Academia Militar das Agulhas Negras
CPCM	Ciclo de Produção das Ciências Militares
CSV	Comma Separated Value
DEM	Digital Elevation Model
ISOMA	International Symposium on Virtual and Augmented Reality
PTSOT	Perspective Taking Spatial Orientation Test
RA	Realidade Aumentada
RV	Realidade Virtual
QGIS	Quantum Geographic Information System
SBSOD	Santa Barbara Sense-of-Direction Scale
SIMD	Single Instruction Multiple Data
SPMD	Single Program Multiple Data
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
SSQ	Simulator Sickness Questionnaire
SVR	Symposium on Virtual and Augmented Reality
USGS	United States Geological Survey
UTM	Universal Transverse Mercator
TIFF	Tagged Image File Format

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Exemplo de caixão de areia para emissão de ordens	15
Figura 3.1 Linha do tempo do desenvolvimento da aplicação contendo as decisões de projeto e as submissões realizadas	26
Figura 3.2 A aplicação "VR SandBox" desenvolvida para visualização da interação dos dados de alcance e do relevo em ambiente imersivo	29
Figura 3.3 A figura apresenta uma prateleira exibindo miniaturas 3D. Os modelos são identificados por nomes e organizados em duas cores diferentes. O usuário pode escolher e pegar os modelos da prateleira quantas vezes desejar.....	29
Figura 3.4 O terreno digital com seu relevo reproduzido em 3D, na figura superior com a textura da carta topográfica e na figura inferior com a textura da imagem de satélite.....	31
Figura 3.5 Exemplo dos modelos 3D utilizados na aplicação, exibidos na cena Unity como prefabs. Os modelos incluem veículos blindados e armas pesadas....	32
Figura 3.6 Representação dos dados de alcance por meio de um holofote em 3D na cena virtual.....	33
Figura 3.7 Representação do menu de navegação.....	34
Figura 3.8 Visualização da ferramenta de desenho implementada	35
Figura 3.9 As diferentes visualizações de perspectiva e escala implementadas no multiscale fixo: à esquerda <i>huge</i> , ao centro, a visão egocêntrica, e à direita, a perspectiva exocêntrica.	37
Figura 3.10 Menu atualizado com novas funções	39
Figura 3.11 Visualização do raio utilizado para guiar a direção do desenho sob a textura do relevo digital	40
Figura 3.12 Exemplo de mapa utilizado na avaliação de planejamentos	42
Figura 3.13 Organograma de análise estatística com os testes utilizados baseado nas decisões Y (Sim) e N (Não).....	44
Figura 4.1 O participante está envolvido no planejamento convencional, utilizando um mapa topográfico e uma caixa de areia para determinar as posições dos elementos.	50
Figura 4.2 Os participantes utilizando a aplicação de realidade virtual para sua atividade de planejamento durante a realização do experimento.....	51
Figura 4.3 As posições médias escolhidas pelos participantes são representadas em coordenadas retangulares para o método convencional (azul), o método de RV (vermelho) e as posições médias entre eles para cada ponto (marcadores pretos). 54	
Figura 5.1 Layout utilizado para realização do experimento	61
Figura 5.2 Posições escolhidas pelos usuários no processo Convencional (superior) e no processo RV (inferior) de acordo com os Grupos de Habilidades - Mapa A..	65
Figura 5.3 Posições escolhidas pelos usuários nos processo RV e Convencional - Mapa A.....	65
Figura 5.4 Posições escolhidas pelos usuários no processo Convencional (superior) e no processo RV (inferior) de acordo com os Grupos de Habilidades - Mapa B..	66
Figura 5.5 Posições escolhidas pelos usuários nos processo RV e Convencional - Mapa B.....	67
Figura 5.6 Histograma de distribuição das notas no modo convencional	68

Figura 5.7 Notas obtidas pelos participantes no modo convencional dentro dos grupos de habilidades	69
Figura 5.8 Histograma de distribuição das notas do modo RV	70
Figura 5.9 Notas obtidas pelos participantes no modo RV dentro dos grupos de habilidades	71
Figura 5.10 Gráficos mostrando a comparação entre o tempo gasto pelos usuários, em segundos, no zoom (a), na escala múltipla fixa (b), e a quantidade de movimentos feitos pelos usuários (c) e manipulação de objetos (d) por cada grupo de habilidades	74
Figura 5.11 Tempo de Uso em segundos do Zooming (coluna azul, direita) e do Multiscale (coluna vermelha, esquerda) realizado pelos usuários de maneira geral.....	75
Figura 5.12 Simulator Sickness Questionnaire aplicado nos participantes antes (gráfico superior) e após (gráfico inferior) a realização da atividade em RV. Ordem dos sintomas, da esquerda para a direita: mal-estar generalizado (a), cansaço (b), dor de cabeça (c), vista cansada (d), dificuldade de manter o foco (e), aumento de salivação (f), sudorese (g), náusea (h), dificuldade de concentração (i), vista embaçada (j), tontura com os olhos fechados (k) e abertos (l), vertigem (m).....	76
Figura 5.13 Exigência Mental	77
Figura 5.14 Exigência Física.....	78
Figura 5.15 Exigência Temporal	78
Figura 5.16 Nível de Realização	79
Figura 5.17 Nível de Esforço	79
Figura 5.18 Nível de frustração.....	80
Figura 5.19 Avaliação dos usuários sobre a influência da visualização do alcance em 3D na escolha de posições	81
Figura 5.20 Avaliação dos usuários sobre a usabilidade da aplicação em realidade virtual para planejamentos militares	81
Figura 5.21 Posições escolhidas nos processo RV e Convencional - Mapa A (esquerda) e Mapa B (direita).....	83
Figura 5.22 Distribuição das Notas obtidas pelos participantes de acordo com o modo de execução (RV ou Convencional)	84
Figura 5.23 Distribuição das Notas por Grupo de Habilidades e Modo de Execução, sendo (a) RV e (b) Convencional.....	85
Figura 6.1 Participante do Experimento II utilizando a aplicação imersiva para realizar a tarefa de planejamento	89
Figura 6.2 Realização da ambientação à aplicação realizada pelo usuário de forma assistida.....	90
Figura 6.3 Layout utilizado para realização do experimento	91
Figura 6.4 As esferas foram atribuídas aos objetos que tiveram sua escala reduzida como forma de facilitar a sua manipulação	92
Figura 6.5 Confecção da caixa de areia de forma manual pela participante do experimento	94
Figura D.1 Área de interesse para escolha de posição	152
Figura E.1 Mapa de controles do Quest 2	153
Figura E.2 Menu principal e manipulação de objetos.....	154
Figura E.3 Uso das diferentes formas de visualização.....	155

Figura E.4	Uso do menu de desenho e suas funcionalidades.....	155
Figura E.5	Modificação da textura do terreno digital, alternando entre carta topográfica e imagem de satélite.....	156
Figura F.1	Carta topográfica recortada e anonimizada para uso na execução da tarefa 1	157
Figura F.2	Carta topográfica recortada e anonimizada para uso na execução da tarefa 2	158

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 Extrato do conjunto de dados de veículos e armas, exibindo os componentes utilizados para construir o foco de luz que representa os dados de alcance da linha de visão.....	33
Tabela 3.2 Pontuação das questões do Topographic Mapping Assessment	43
Tabela 3.3 Tabela resumo das decisões realizadas ao longo do projeto.....	46
Tabela 4.1 Comparação de Dados de Posicionamento.....	55
Tabela 5.1 Ordenação e identificação dos participantes com base na interface e mapa utilizados no experimento	60
Tabela 5.2 Tabela resultados Mapa-A	64
Tabela 5.3 Tabela resultados Mapa-B	66
Tabela 5.4 Análise das notas convencionais por meio do Teste de Tukey dentro dos Grupos de habilidades	69
Tabela 5.5 Análise das notas RV por meio do Teste de Tukey dentro dos Grupos de habilidades	71
Tabela 5.6 Resultados do teste t pareado realizado com base na ordem de execução e seus efeitos dentro dos grupos de habilidades.....	72

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Questões de Pesquisa	17
1.2 Organização	19
2 REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 Visualização de Dados e Realidade Virtual	20
2.2 Interpretação de Mapas e Habilidades Espaciais	22
2.3 Percepção de distâncias e sua influência no processo de tomada de decisões	24
3 DECISÕES DE PROJETO	26
3.1 Interpretação e Leitura de Mapas	27
3.1.1 Terreno	30
3.1.2 Modelos e Conjunto de Dados.....	32
3.1.3 Interação.....	34
3.2 Percepção de Distâncias	36
3.2.1 Multiscales	36
3.2.2 Zooming	38
3.3 Atualizações da Interface	38
3.4 Variáveis	40
3.4.1 Simulator Sickness.....	40
3.4.2 Workload.....	40
3.4.3 Usabilidade	41
3.4.4 Posicionamento	41
3.4.5 Avaliações	41
3.4.6 Habilidades Espaciais	42
3.5 Análise Estatística	44
3.6 Resumo das Decisões de Projeto	45
4 EXPERIMENTO I - TESTE DO PROTÓTIPO	48
4.1 Hipóteses	48
4.2 Materiais e Métodos	49
4.2.1 Condições Experimentais e Aparelhagem	49
4.2.2 Participantes	50
4.2.3 Procedimentos.....	50
4.3 Resultados	52
4.3.1 Usabilidade	52
4.3.2 Análise de Dados	54
4.4 Discussões	56
5 EXPERIMENTO II - PLANEJAMENTO EM RV VS CONVENCIONAL	58
5.1 Hipóteses	58
5.2 Materiais e Métodos	59
5.2.1 Condições Experimentais e Aparelhagem	59
5.2.2 Procedimentos.....	60
5.2.3 Participantes	62
5.3 Resultados	63
5.3.1 Dados Brutos.....	63
5.3.1.1 Mapa A.....	63
5.3.1.2 Mapa B.....	66
5.3.2 Avaliações	67
5.3.2.1 Notas Convencionais.....	68
5.3.2.2 Notas Realidade Virtual	70

5.3.2.3	Ordem de Execução	71
5.3.3	Interações	72
5.3.3.1	Quantidade de Movimentos do Usuário	73
5.3.3.2	Quantidade de Movimentação dos Objetos	73
5.3.3.3	Uso das interfaces de Zooming / Multiscale	75
5.3.4	Impressões dos usuários	75
5.3.4.1	Simulator Sickness Questionnaire	76
5.3.4.2	NASA Task Load Index	76
5.3.4.3	Comentários e impressões dos usuários	80
5.4	Discussões.....	82
6	DIRETRIZES DE PROJETO.....	87
6.1	Concepção da aplicação em Realidade Virtual	88
6.2	Ambientação	89
6.3	Layout do Experimento	90
6.4	Principais Lições Aprendidas	92
6.5	Observações Gerais.....	93
7	CONCLUSÕES	95
7.1	Resumo das Descobertas	95
7.2	Contribuições.....	96
7.3	Trabalhos Futuros.....	97
	REFERÊNCIAS.....	99
	APÊNDICE A — TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	105
	APÊNDICE B — QUESTIONÁRIO PERFIL DO PARTICIPANTE	107
B.1	Identificação do Participante	108
B.2	Conhecimento prévio sobre Planejamento	108
B.3	Realidade Aumentada e Realidade Virtual.....	109
B.4	Simulator Sickness Questionnaire - Antes da Atividade	110
B.5	Simulator Sickness Questionnaire - Após da Atividade	111
B.6	NASA Task Load Index	111
B.7	Impressões sobre a atividade.....	112
	APÊNDICE C — CROSS-SECTION TEST E TOPOGRAPHIC MAPS AS-	
	SESSMENT TRADUZIDOS	114
C.1	Cross Section Test.....	115
C.2	Topographic Map Assessment	133
	APÊNDICE D — USE CASE EXPERIMENTO I.....	152
	APÊNDICE E — AMBIENTAÇÃO.....	153
	APÊNDICE F — EXPERIMENTO II.....	157
F.1	Tarefa 1	157
F.2	Tarefa 2	158

1 INTRODUÇÃO

Dentro do contexto das operações militares existem etapas primordiais que são consideradas fatores preponderantes para a obtenção do êxito. A principal delas é o planejamento, que representa a arte e ciência de compreender a situação, visualizar o futuro desejado e desenvolver caminhos para atingir as condições almejadas, sendo essencial comunicar aos subordinados a compreensão do comandante sobre a situação e a sua visualização da operação que será executada. (BRASIL, 2019)

Isso é realizado por meio do estudo dos fatores de decisão, que descrevem as características de uma área de operações e são concentrados na análise de como podem afetar o cumprimento da missão, quais sejam: Missão, Inimigo, Terreno e Condições Meteorológicas, Meios e apoios disponíveis, Tempo e Considerações civis. (BRASIL, 2020)

Para a correta avaliação desses fatores, o comandante realiza o reconhecimento, que pode ser definido como o estudo das informações disponíveis sobre o Ambiente Operacional e o contexto da missão. Ele pode ser realizado de duas maneiras, seja por meio da verificação *in loco* ou através do estudo da carta topográfica.

Este trabalho consiste, segundo o Manual de Ensino Trabalho de Comando (BRASIL, 2019), no levantamento das restrições ao movimento, observando as vias de acesso e corredores de mobilidade de possível utilização e avaliando-se cada uma delas em relação aos aspectos militares do terreno. Além disso, verificam-se os locais onde suas próprias armas podem ser instaladas para apoiarem o deslocamento dos pelotões e em que posição os elementos vizinhos ficarão inicialmente em relação à sua fração, concluindo se os seus flancos estarão protegidos ou expostos, por exemplo.

Há, dessa maneira, um fator preponderante aliado ao processo decisório nesse quesito: a interação entre o relevo, feito por meio da análise da carta topográfica, e o alcance, que seria a representação da linha de visada dos meios disponíveis.

Devido às características da operação, geralmente o trabalho de reconhecimento é realizado por meio da verificação dos dados disponíveis sobre o ambiente, com base na carta ou imagem aérea/satelital, e sobre o inimigo, com base nos calcos e imagens. A omissão do reconhecimento real, entretanto, oferece ao comandante informações pouco precisas, particularmente quanto à localização das forças inimigas e às características do terreno. Com isso, o planejamento pode se tornar impreciso, prejudicando, posteriormente, a sua execução, colocando em risco o êxito da atividade. (BRASIL, 2019)

Usar o mapa, ou carta topográfica por assim dizer, não é uma tarefa fácil, e exige a sua interpretação e correspondência com o mundo real (NEWCOMBE; HUTTENLOCHER, 2000). Desenvolver tais capacidades pode ser considerado uma tarefa difícil, pois as características individuais influenciam no processo de aprendizagem (ZHANG, 2008). A solução usual é a comparação entre o 2D (a carta topográfica) e o 3D (representação do relevo) devido à similaridade com o real (LIBEN; KASTENS; STEVENSON, 2002)).

No meio militar, o caixão de areia foi a solução encontrada para possibilitar a correspondência entre ambos, Figura 1.1. Ele consiste em uma representação em escala reduzida da área de operações por meio da elaboração manual do relevo, associado aos elementos de vegetação, hidrografia, construções, estradas, bem como miniaturas para simbolizar o posicionamento dos armamentos e viaturas no campo de batalha. (BRASIL, 2021)

Figura 1.1 – Exemplo de caixão de areia para emissão de ordens



Fonte: REVISTA OPERACIONAL, 2015

Entretanto, esta representação auxiliar é passível de erros, pois sua elaboração é feita de maneira manual e depende diretamente da habilidade do indivíduo de interpretar as curvas de nível em 2D e representá-las em 3D. Ou seja, a capacidade de ler e interpretar mapas está, ainda, diretamente associada à sua confecção.

O estudo de Ishikawa "*Why students have trouble with maps*" (ISHIKAWA; KASTENS, 2005), mostra uma associação entre este fator e a habilidade espacial, onde observou-se que estudantes com menor nível de habilidade espacial apresentaram maiores dificuldades na execução de tarefas com mapas e sua relação com o mundo real. Com isso, Ishikawa sugere que sejam estudadas maneiras de otimizar as abordagens instrucionais de forma a atender esse universo, pois as respostas para isso ainda são esparsas.

Dentro deste contexto, a realidade virtual (RV) tem se mostrado uma ferramenta válida e eficaz para executar tarefas, proporcionando uma melhor compreensão dos me-

canismos de navegação (COGNÉ et al., 2017; ATIT et al., 2016), permitindo, também, realizar variações na escala de maneira transitória (ZHANG, 2008) e visualizar dados sob novas perspectivas, gerando novas interpretações (MUNZNER, 2014; KRAUS et al., 2022). Ela possibilita a manipulação de dados e objetos, bem como interações em um ambiente imersivo que oferece novas perspectivas ao usuário, como observado por Domingo et al. em "*Education Student Perceptions of Virtual Reality as a Learning Tool*" (DOMINGO; BRADLEY, 2018). Além disso, a análise da topologia dos dados geográficos em RV pode levar a uma compreensão mais ampla e intuitiva do terreno, proporcionando informações valiosas para o sucesso das operações militares (MEDEIROS et al., 2022).

Assim, procurando prover uma nova perspectiva para a análise de dados topográficos como acessório ao processo de planejamento, optou-se pela elaboração de uma implementação em RV que fosse capaz de reproduzir os elementos do reconhecimento associados ao alcance em 3D. Para fins de desenvolvimento, houvesse por bem reproduzir aspectos semelhantes aos utilizados no uso do caixão de areia, como forma de buscar naturalidade. Com isso, foi desenvolvido o "VR SandBox", um instrumento em RV para execução de planejamentos militares com possibilidade de uso de terrenos digitais em escala reduzida associado a visualização de dados de alcance atrelados a miniaturas.

O propósito deste trabalho é investigar como a realidade virtual pode aprimorar o processo de reconhecimento e planejamento em operações militares, comparando-o com os métodos convencionais. Busca-se explorar o desenvolvimento de atividades de planejamento em ambiente de RV, com foco na interpretação do relevo, visualização de dados e transição de escalas. O objetivo é melhorar a leitura de mapas e o planejamento, avaliando se a RV pode ser uma ferramenta eficaz para indivíduos com baixa percepção espacial, e se a reprodução dessas atividades no mundo real pode levar a ganhos ou retenção de conhecimento.

A justificativa dessa pesquisa reside, portanto, no desenvolvimento de uma ferramenta capaz de proporcionar a execução de tarefas inerentes à necessidade de interpretação de mapas por usuários com diferentes níveis de habilidade espacial para fins de planejamento, visando proporcionar a retenção e generalização do aprendizado no processo de uso da realidade virtual.

1.1 Questões de Pesquisa

Dessa maneira, além da análise da execução das tarefas pelos participantes, pretende-se observar se há correlação entre a habilidade espacial e o desenvolvimento destas tarefas, com base no desempenho obtido, bem como se a RV pode influenciar na obtenção de conhecimento relacionado a leitura de mapas. Outros fatores que serão avaliados são atinentes ao uso de escalas variadas e visualização de dados durante a manipulação do terreno e interpretação de mapas.

As questões de pesquisa a serem exploradas, nesse contexto, são as seguintes:

- **A visualização do dados de alcance em 3D propicia melhores condições de planejamento?**

A representação de dados 2D em 3D, por meio do uso da tecnologia, de fato auxilia a sua interpretação, pelo menos no tocante a interpretação de cartas topográficas (PICK, 2012). No contexto do planejamento militar, não fica claro, contudo, como essa representação pode, de fato, influenciar o processo de tomada de decisão. Vê-se no trabalho *"The Potential of VR-based Tactical Resource Planning on Spatial Data"*, (MEDEIROS et al., 2022), uma abordagem do assunto, sem no entanto explorar as dimensões de seu uso em um cenário realista, restringindo-se a demonstrar como a realidade virtual pode auxiliar neste processo.

- **A interação entre o alcance e o terreno é desconsiderada durante o planejamento convencional?**

O planejamento convencional é realizado por meio da análise e interpretação de dados topográficos no reconhecimento, com isso o mesmo pode tornar-se impreciso, prejudicando, posteriormente, a sua execução, colocando em risco o êxito da atividade (BRASIL, 2019). Assim, sabe-se que pode haver erros no processo, resta saber se a ausência do conhecimento desta interação, entre a linha de visada e o relevo, é um fator preponderante.

- **A interpretação de mapas é melhorada por meio da RV?**

O uso de tecnologias como a Realidade Aumentada e a Realidade Virtual como forma de melhorar a leitura e interpretação de relevos tem sido constantemente utilizada, como se vê em estudos recentes (HALIK; KENT, 2021; BAUMANN; ARTHURS, 2023; LV; LI; LI, 2017). No entanto, estes trabalhos tem por foco o

uso para fins de análise do relevo no estudo de geografia e topologia, sem aplicações para fins de navegação real, como a realizada por militares, por exemplo. Assim, procurar-se-à explorar se essa capacidade de ler mapas e interpretar relevos, realizada no ambiente imersivo, pode ser transferida para o mundo real.

- **Usuários com capacidades espaciais distintas possuem desempenho semelhante na execução de tarefas em RV?**

Sabese que os diferentes níveis de habilidades espaciais interferem diretamente no desenvolvimento de determinadas tarefas, como vê-se nos trabalhos de "*Virtual Technologies to Develop Visual-Spatial Ability in Engineering Students*", (ROCA-GONZÁLEZ et al., 2017), e "*Virtual reality learning activities for multimedia students to enhance spatial ability*", (MOLINA-CARMONA et al., 2018). O objetivo deste estudo, entretanto, é mensurar, comparativamente, o desempenho dos indivíduos dentro dos diferentes níveis de habilidades no desenvolvimento de tarefas, tanto da forma convencional quanto por meio do uso de uma aplicação em realidade virtual. Com isso, pretende-se avaliar se a tecnologia pode amplificar, mesmo que momentaneamente, essas habilidades.

- **Como apresentar a visualização / interpretação de dados em escalas diferentes?**

Tratar com diferentes escalas em ambiente imersivo já é um objeto de estudo bastante conhecido. Trabalhos, como o de Interrante (INTERRANTE; RIES; ANDERSON, 2006), mostram que os usuários podem ter percepções distintas das escalas e isso pode impactar no desenvolvimento de tarefas, como a interpretação de dados (WAGNER; STUERZLINGER; NEDEL, 2021). Entretanto, no que tange a interpretação de mapas ainda há lacunas a serem preenchidas quanto a qual a melhor maneira de fazê-lo. *Maps Around Me: 3D Multiview Layouts in Immersive Spaces* (SATRIADI et al., 2020) é apenas um exemplo de como essa visualização pode ser feita, sem, no entanto, considerar a execução de tarefas atinentes a visualização de dados neste mesmo relevo digital e uma possível aplicação real. Desta forma, explorar diferentes formas de fazê-lo, utilizando conceitos já difundidos em outros experimentos, como o Multiscale e o Zooming, podem trazer resultados significativos que podem se estender para outras aplicações.

1.2 Organização

Com a finalidade de guiar o conteúdo desta dissertação, houvesse por bem adotar-se a seguinte organização dos capítulos:

- **Revisão de Literatura:** Apresenta uma pesquisa abrangente de investigações sobre o uso da realidade virtual na visualização de dados, a problemática da interpretação de mapas associada à habilidade espacial, como a percepção de distâncias pode impactar no processo de tomada de decisões, e os materiais e métodos previamente utilizados no desenvolvimento de pesquisas semelhantes (ver Capítulo 2).
- **Design Decisions:** Apresenta os elementos necessários para o desenvolvimento de uma aplicação em realidade imersiva para fins de análise de dados por meio do uso de relevos digitais, associada a uma interface amigável e com ferramentas interativas que facilitam seu uso (ver Capítulo 3).
- **Investigação sobre a aplicação da Realidade Virtual no Planejamento Militar:** Analisa o uso da Realidade Virtual em substituição aos processos convencionais na elaboração de planejamentos de operações militares (ver Capítulo 4).
- **Investigação sobre o Impacto das Habilidades Espaciais:** Analisa os diferentes níveis de habilidades espaciais dos indivíduos na execução de tarefas, comparando o desempenho destes na realização de atividades convencionais e por meio do uso da realidade imersiva (ver Capítulo 5).
- **Diretrizes de Design:** Apresenta um conjunto de diretrizes, lições aprendidas e observações realizadas ao longo do desenvolvimento da pesquisa, desde a elaboração da aplicação, bem como nos experimentos realizados (ver Capítulo 6).

2 REVISÃO DE LITERATURA

Com a finalidade de buscar subsídios para o desenvolvimento do trabalho, houve-se por bem iniciar a investigação por publicações relacionadas a diferentes conceitos, desde a visualização de dados, aplicações realizadas em outros segmentos com objetivos similares e na área militar, envolvendo planejamento de operações e sua influência no processo de tomada de decisão. Para tanto, optou-se por dividir esta seção dentro dos principais conceitos inerentes à pesquisa: a visualização de dados e realidade virtual; interpretação de mapas e navegação; e, percepção de distâncias e sua influência no processo de tomada de decisões.

2.1 Visualização de Dados e Realidade Virtual

A visualização de dados representa uma visão simplificada e abstrata do mundo real, em uma porção reduzida, que proporciona uma melhor capacidade de compreensão (YAU, 2013). Dessa forma, ela pode oferecer tanto análises a partir de um ponto de vista específico quanto explorações a partir de diferentes ângulos da mesma informação, gerando novas interpretações através de novas perspectivas.

Obviamente, para fazer interpretações, os dados em questão devem ser compreensíveis para o indivíduo que pretende manipulá-los, pois eles precisam saber o que desejam obter ou buscar. Portanto, a conexão entre os dados e a forma de visualizá-los é crucial para uma utilização ótima nessa atividade. Como forma de fornecer novas formas de representação de dados, vários mecanismos estão sendo introduzidos atualmente nesse contexto, como a visualização baseada em computador. Esses mecanismos são capazes de auxiliar as pessoas na visualização de dados de forma mais eficaz (MUNZNER, 2014).

A integração de novas tecnologias aplicadas à análise de informações caminha lado a lado com a constante necessidade de aprimorar as capacidades humanas por meio da visualização imersiva de dados e interação (KRAUS et al., 2022). Consequentemente, o uso de dispositivos de realidade virtual e aumentada tem sido incorporado nesse contexto, fornecendo uma nova perspectiva para análise e visualização de dados, gerando assim novos resultados e compreensões. Exemplos de com a tecnologia empregada pode ser utilizada neste contexto podem ser encontrados em diferentes áreas.

Na indústria da construção, por exemplo, existem aplicativos desenvolvidos para representar a visualização de projetos em realidade virtual (ALBAHBAH; KIVRAK;

ARSLAN, 2021; ALIZADEHSALEHI; HADAVI; HUANG, 2019; CHOU; HSU; YAO, 1997). Com esses aplicativos, é possível interagir com as informações, modificando a posição das janelas, a distribuição dos cômodos, tudo baseado em dimensões reais e dados relacionados à incidência de luz solar, direção do vento, inclinação do telhado e interação com a água, entre outros.

Na área da saúde, por outro lado, a tecnologia tem auxiliado no treinamento de procedimentos cirúrgicos, como na laparoscopia (YIANNAKOPOULOU et al., 2015) e em neurocirurgias (PELARGOS et al., 2017), assim como na visualização de exames sob uma nova perspectiva (VENSON et al., 2018). Além deles, o artigo "*Virtual Reality Training Improves Operating Room Performance*", (SEYMOUR et al., 2002), mostrou que a realização de tarefas por meio da realidade virtual melhorou significativamente o desempenho real na sala de cirurgia dos residentes durante o procedimento cirúrgico.

Além deste, a realidade virtual também está presente no ambiente militar, como vê-se no trabalho intitulado "*The Potential of VR-based Tactical Resource Planning on Spatial Data*" (MEDEIROS et al., 2022). Esta implementação, por sua vez, teve como finalidade o uso da RV como acessório ao processo de tomada de decisão dos comandantes durante períodos de crise. Dentre as funcionalidades apresentadas, destaca-se a visualização do campo de tiro e a representação em 3D dos elementos do relevo, edificações e vegetação.

A linha de visada é um exemplo de visualização que pode ser explorado dentro do contexto de planejamento militar, sendo um importante fator a ser analisado em outros segmentos, como no posicionamento de meios de comunicação (FLORIANI; MARZANO; PUPPO, 1994), através da interpretação da interferência do relevo nesse processo. Estudos recentes já vem sendo desenvolvidos no intuito de auxiliar na representação desses dados, até mesmo utilizando a RV, como é o caso do trabalho *A new GIS-compatible methodology for visibility analysis in digital surface models of earth sites* (RUZICKOVA; RUZICKA; BITTA, 2021).

Obviamente, existem outras aplicações da realidade virtual dentro do contexto militar, como os simuladores táticos, baseados em jogos sérios. Estes, por sua vez, são focados na execução de tarefas individuais ou coletivas com o uso do armamento em ambientes hostis, como a proposta desenvolvida na dissertação de mestrado "Realidade Virtual como ferramenta de apoio na tomada de decisão no Combate em Ambientes Confinados"(GONÇALVES; RAPOSO, 2022).

Nela foram exploradas as capacidades de moldar comportamentos e orientar ati-

tudes por meio da RV com o objetivo de preparar o militar no seu processo decisório e de maneira eficiente para uma situação de combate em ambiente confinado. Nesse trabalho, a análise resultante do uso dos mecanismo de simulação, atrelados à execução de tarefas complexas e consideradas de alto risco, mostrou-se muito proveitosa, com o desenvolvimento de habilidades e, principalmente, aprendizagem do usuário.

Cabe salientar que existem outras soluções no intuito de auxiliar no desenvolvimento de habilidades cognitivas em atividades militares. A aplicação apresentada por Laviola (LAVIOLA et al., 2015), por exemplo, utiliza a realidade aumentada. Além dele, o estudo de Mao (MAO; SUN; CHEN, 2017) também analisou experimentalmente o efeito de aprendizagem em ambientes de exercícios de treinamento do MDMP (*Military Decision Making Process*) em um sistema de RA (Realidade Aumentada). Nele, observou-se que devido a usabilidade e facilidade da RA houve um impacto relevante na execução dos treinamentos pelos usuários em relação ao método tradicional.

Dentro do contexto de análise de retenção e obtenção de conhecimento fruto do uso de implementações de realidade virtual e aumentada, alguns trabalhos se destacam, como o intitulado "*Comparing the effectiveness of fire extinguisher virtual reality and video training*", (LOVREGLIO et al., 2021), e a revisão apresentada por Checa (CHECA; BUSTILLO, 2020), que reúne diversos trabalhos sobre a aplicação de jogos sérios com realidade virtual neste cenário. Com isso, há diversas referências quanto a métodos e procedimentos aplicados ao assunto.

E com vistas a buscar naturalidade e avaliar a usabilidade, o livro "*Research methods in human-computer interaction*", de (LAZAR; FENG; HOCHHEISER, 2017), traz soluções e aponta procedimentos importantes que devem ser observados na elaboração da aplicação e na realização dos testes com usuários. Além desta publicação, o livro intitulado "*Virtual, augmented, and mixed realities in education*" de (LIU et al., 2017), reúne conteúdos pertinentes para a concepção do trabalho no que tange a aquisição e retenção de conhecimento fruto do uso de mecanismos de realidade virtual.

2.2 Interpretação de Mapas e Habilidades Espaciais

A associação entre a habilidade espacial e as habilidades individuais inerentes a leitura e interpretação de mapas, já é alvo de observações desde 1978, quando Potash (POTASH; FARRELL; JEFFREY, 1978) realizou um estudo sobre o assunto na Academia Militar dos Estados Unidos. Dentro deste contexto, diversos testes foram desenvolvidos

ao longo dos anos com o objetivo de avaliar a habilidade espacial do indivíduo, entre eles existem atualmente o PTSOT (Perspective Taking Spatial Orientation Test) (FRIEDMAN et al., 2020), SBSOD (Santa Barbara Sense-of-Direction Scale) (HEGARTY et al., 2002), e, mais recentemente, o Cross-Section Test (COHEN; HEGARTY, 2012).

Segundo Cohen, (COHEN; HEGARTY, 2012), estudos sugerem uma relação positiva entre as habilidades de pensamento espacial e os processos cognitivos envolvidos em vários domínios profissionais. A capacidade de manipular e interpretar mentalmente informações espaciais parece ser um fio comum que aprimora a proficiência de indivíduos envolvidos em tarefas que requerem a tradução de representações bidimensionais em conceptualizações tridimensionais, conforme observado em contextos tanto de engenharia quanto de geologia.

Salienta-se que a habilidade de percepção espacial dentro do contexto militar é de suma relevância, como apontado pelo estudo realizado por Pick (PICK, 2012) na *U.S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences*. O capítulo *Terrain Visualization and Map Reading*, desta obra, traz a problemática referente a leitura de mapas 2D e sua interpretação em 3D, descrevendo técnicas e procedimentos que buscam mitigar essa deficiência por meio de metodologias de ensino.

A leitura de mapas e sua interpretação estão associados às habilidades espaciais do indivíduo (ISHIKAWA; KASTENS, 2005). Dessa maneira, diversas referências foram encontradas, sempre em busca de soluções que fossem capazes de fornecer melhores maneiras de visualizar e manipular essas informações, principalmente, por meio do uso de representações em 3D (NEWCOMBE et al., 2015; ATIT et al., 2016).

Halik, por exemplo, comparou o uso de representações 2D e 3D de topografias urbanas em ambiente imersivo (HALIK; KENT, 2021). Já Baumann, 2023, utilizou a realidade aumentada como forma de ensinar as diferentes características do relevo (BAUMANN; ARTHURS, 2023). Ou seja, o uso da tecnologia como forma de buscar soluções para os problemas de interpretação de mapas por usuários com diferentes níveis de habilidade espacial é algo bastante explorado atualmente e de grande relevância.

O uso de aplicações de realidade virtual no intuito de auxiliar os usuários no processo de interpretação de relevos e estudos geográficos foi realizado também em *Virtual reality geographical interactive scene semantics research for immersive geography learning* (LV; LI; LI, 2017). Nesta aplicação, por meio do uso de um head mounted display (HMD), o usuário é capaz de visualizar de uma maneira imersiva dados geográficos, como a topologia. Entretanto, entre as deficiências apresentadas a mais relevante destacasse pela

qualidade dos dispositivos utilizados no estudo, que, a época, possuem qualidade e funcionalidades extremamente inferiores às atuais, o que pode ter prejudicado o uso adequado da ferramenta.

Neste contexto, diversos estudos vêm sendo desenvolvidos no intuito de buscar soluções para esta problemática, tais como: *Spatial Orientation, Wayfinding, and Representation* (DARKEN; PETERSON, 2014), *Simulated reference frame: A cost-effective solution to improve spatial orientation in vr* (NGUYEN-VO; RIECKE; STUERZLINGER, 2018), *Improving spatial orientation in virtual reality with leaning-based interfaces* (ADHIKARI, 2021). Além destes, Cogne, (COGNÉ et al., 2017), buscou, por meio do uso da RV, diagnosticar problemas de navegação espacial e avaliar sua contribuição para o diagnóstico de doenças que afetem essa capacidade.

2.3 Percepção de distâncias e sua influência no processo de tomada de decisões

Já é notável que a avaliação ou percepção de distâncias é modificada durante o uso de aplicações de realidade virtual, como visto no experimento realizado por Interrante (INTERRANTE; RIES; ANDERSON, 2006). Nele, buscou-se mensurar se há, de alguma maneira, compreensões diferentes de distância fruto do uso da realidade imersiva. Para tanto, reconstruiu-se um ambiente de forma fidedigna em RV e comparou-se o movimento dos usuários no deslocamento entre diferentes pontos, computando-se a quantidade de passos e a percepção de distância percorrida pelos mesmos, seja em RV seja no mundo real, porém de olhos vendados.

Apesar das limitações tecnológicas e potenciais interferências metodológicas nos resultados, Interrante sugere que o desafio da compressão de distância em ambientes virtuais imersivos pode não ser intrínseco à tecnologia, mas, em grande medida, resultar de questões cognitivas mais complexas na interpretação do estímulo visual. Ou seja, as características individuais podem ter influência significativa nesse processo.

Assim, partindo-se desse princípio, alguns estudos foram confeccionados buscando verificar se de fato as diferenças individuais impactam na forma como os usuários reagem no desempenho de tarefas semelhantes usando HMD (*Head Mounted Displays*). Gonzalez-Franco, por exemplo, observou que alguns indivíduos apresentaram resultados diferentes fruto de sua incorporação, ou seja, a qualidade de sentir que de fato o corpo virtual é o seu (GONZALEZ-FRANCO; ABTAHI; STEED, 2019). Como resultado, mostrou-se que quanto maior foi a sensação de imersão menores foram os erros obtidos

na aferição de distâncias obtidas.

Com relação às características individuais, diversos estudos já foram feitos buscando mensurar o impacto delas na execução de tarefas, como altura dos olhos (EH) (DIXON et al., 2000), a distância interpupilar (IPD) (KIM; INTERRANTE, 2017), uso ou não de um corpo virtual (LANGBEHN; BRUDER; STEINICKE, 2016), passando pelos diferentes HMD (JAMIY; MARSH, 2018), até chegarmos as formas de exploração dos dados (WAGNER; STUERZLINGER; NEDEL, 2021), ou uma simples modificação de textura (AZARBY; RICE, 2022).

Com relação as formas de exploração, Wagner nos mostra que de acordo com o mecanismo utilizado o resultado pode ser melhor para a realização de uma determinada tarefa. Por exemplo, usando o modo Exocêntrico obteve-se uma melhor precisão, superando significativamente os outros dois na execução de uma mesma tarefa (Huge e Egocêntrico). Entretanto o modo Egocêntrico reduziu a carga mental. Por fim, Wagner recomendou o uso simultâneo de ambas as perspectivas ego e exo, como uma maneira de facilitar a execução das tarefas.

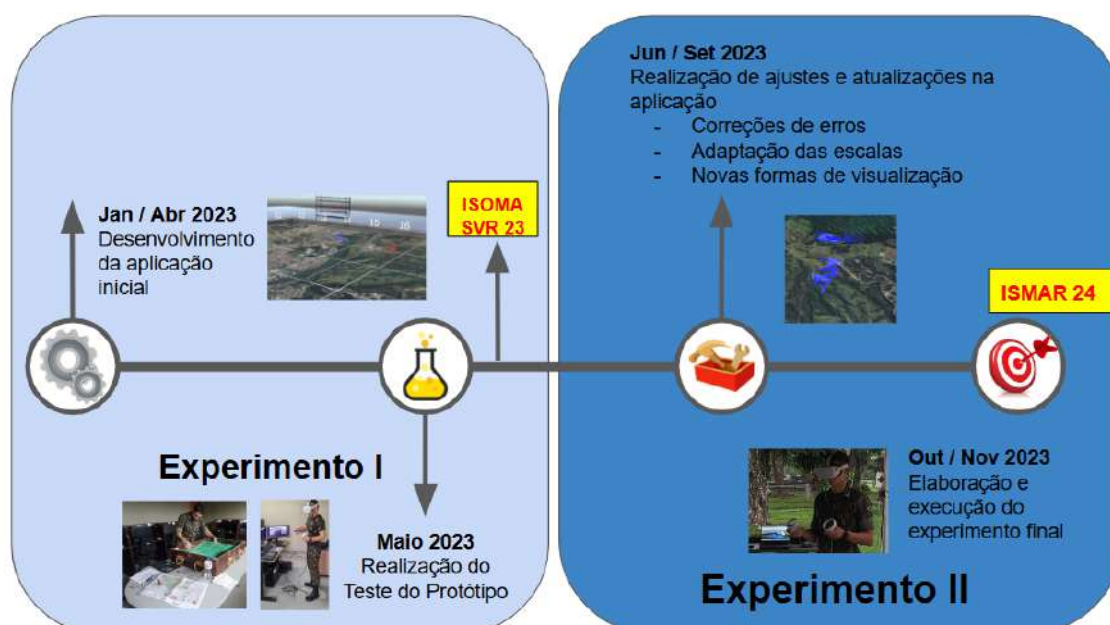
Ainda neste mesmo contexto, aproveitando as capacidades que a tecnologia pode proporcionar com visualizações e interações não naturais, há quem busque medir como a execução de diferentes tarefas podem auxiliar os usuários na obtenção de resultados. Assim, o pesquisador Yang buscou avaliar se o zoom ou a visualização detalhada seriam mais apropriadas e qual seria a preferências dos usuários (YANG et al., 2020).

Com relação ao uso de escalas variadas para análise de dados topográficos existem diversos estudos, como o *Maps Around Me: 3D Multiview Layouts in Immersive Spaces* (SATRIADI et al., 2020), que mostram que esse tipo de visualização auxilia na interpretação e execução de tarefas associadas a leitura de mapas. Nesse mesmo aspecto, Zhang mostra que a multiescala progressiva pode melhorar o desempenho na navegação quando a transição entre elas for feita de forma gradual. Entretanto, ainda não está claro como tais representações multiescalas podem beneficiar as atividades de navegação humana cognitivamente no mundo real (ZHANG, 2008).

3 DECISÕES DE PROJETO

O desenvolvimento da aplicação se deu, basicamente, em duas fases, de acordo com a linha do tempo a seguir (Figura 3.1). A finalidade inicial da ferramenta teve por foco a análise da interação entre o alcance e o relevo por meio da realidade virtual, comparado com o modo convencional de planejamento, dentro de um contexto de usabilidade, que culminou com um teste de protótipo ou experimento I.

Figura 3.1 – Linha do tempo do desenvolvimento da aplicação contendo as decisões de projeto e as submissões realizadas



Fonte: Autor

Para o experimento I, descrito no Capítulo 4, a aplicação teve por base os fundamentos do caixão de areia, método usualmente empregado para o planejamento militar a partir da construção de um relevo digital, modelos 3D e interação. Assim, inicialmente buscou-se verificar aspectos atinentes à usabilidade e aplicabilidade da ferramenta desenvolvida a fim de colher percepções para seu aprimoramento.

Em seguida, diversas observações foram feitas e houve por bem aprimorar as capacidades iniciais, bem como investigar fatores como percepção de distâncias e a correlação entre as habilidades espaciais e interpretação de mapas dos indivíduos durante a atividade, comparando o modo convencional com a realidade virtual. Além disso, outras atualizações foram feitas no intuito de facilitar o uso da aplicação e corrigir erros observados no teste do protótipo. Após essas novas implementações foi aplicado o experimento

II, constante do capítulo 5.

3.1 Interpretação e Leitura de Mapas

Usar o mapa, ou carta topográfica por assim dizer, não é uma tarefa fácil, e exige a sua interpretação e correspondência com o mundo real (NEWCOMBE; HUTTENLOCHER, 2000). Desenvolver tais capacidades pode ser considerado algo difícil, pois as características individuais influenciam no processo de aprendizagem (ZHANG, 2008). A solução usual é a comparação entre o 2D (a carta topográfica) e o 3D (representação do relevo) devido à similaridade com o real (LIBEN; KASTENS; STEVENSON, 2002).

A concepção do planejamento de atividades militares envolve a análise do terreno e a tomada de decisões com base em informações sobre os meios empregados (BRASIL, 2019). Tipicamente, essa fase é realizada reproduzindo manualmente o terreno em uma escala reduzida, com base no estudo de mapas topográficos e imagens aéreas, usando uma caixa de areia. As principais dificuldades associadas à este processo residem na capacidade de reproduzir de maneira fidedigna os elementos do relevo, principalmente as elevações e manter às proporções dimensionais do espaço real na reprodução feita.

Basicamente, procura-se reproduzir primeiramente às elevações por meio da interpretação das curvas de nível existentes na área de interesse por meio da análise da carta topográfica, além disso, busca-se associar a escala disponível com a escala do mapa, por exemplo, cada metro da caixa de areia corresponder a um quilômetro do mundo real. Após a elaboração do relevo, utilizam-se pigmentos para facilitar a identificação de elementos como hidrografia, vegetação e urbanização, podendo ser feito até mesmo por meio do uso de miniaturas.

Como forma de estudar as melhores posições a serem utilizadas no processo decisório, reproduções em 3D em escala reduzida dos principais meios (armamentos e viaturas blindadas) são posicionados sob a caixa de areia nos prováveis locais. No entanto, erros podem ocorrer devido à reprodução manual do terreno com base na interpretação humana de dados 2D em modelos 3D, o que pode impactar diretamente o processo de planejamento.

Como a habilidade espacial afeta a interpretação de mapas, como mostrado por Newcombe em seus estudos (NEWCOMBE et al., 2015; ATIT et al., 2016), a construção da representação manual do relevo pode ser passível de erros. Além disso, Ishikawa apontou que indivíduos com menores níveis de habilidades espaciais consequentemente

apresentaram maiores dificuldades na execução de tarefas com mapas (ISHIKAWA; KASTENS, 2005). Devido à interferência que fatores intrínsecos ao indivíduo podem acarretar no processo, principalmente devido às capacidades de leitura, interpretação de mapas e, por conseguinte, habilidades espaciais, optou-se pelo desenvolvimento de uma aplicação em realidade virtual.

Entre outras possibilidades, a RV permite a manipulação de dados e objetos por meio de interações em um ambiente imersivo, oferecendo novas perspectivas ao usuário, como observado em "*Education Student Perceptions of Virtual Reality as a Learning Tool*" (DOMINGO; BRADLEY, 2018). Consequentemente, torna-se possível combinar elementos de reconhecimento de mapas e fontes do mundo real dentro da mesma plataforma, acarretando em uma análise de dados mais precisa e confiável.

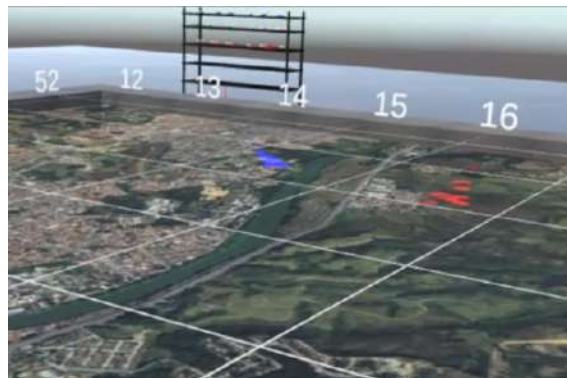
A solução desenvolvida integra, desta maneira, um modelo virtual de terreno em 3D com base em dados topográficos reais e ativos virtuais dentro do mesmo contexto. Isso envolveu a construção de um banco de dados para visualização de informações e a criação de uma plataforma capaz de simular as mesmas interações presentes na caixa de areia física dentro do mundo virtual. Como resultado, os dados podem ser visualizados em um ambiente imersivo, sendo que os usuários podem interagir com a aplicação, explorando as diversas combinações possíveis, auxiliando, assim, no planejamento de operações militares e no processo de tomada de decisões.

Decidiu-se, desta maneira, basear o desenvolvimento da aplicação imersiva nos elementos comuns da caixa de areia convencional. A metáfora da caixa de areia combina os mecanismos familiares usados no contexto de planejamento com as capacidades da realidade virtual. Isso oferece uma transição natural para que qualquer militar acostumado ao método convencional possa usá-lo. A Figura 3.2 ilustra a aplicação desenvolvida.

Para desenvolvê-la, utilizou-se a plataforma Unity, que oferece vários plugins e acessórios para a elaboração de softwares de realidade virtual. O HMD (Head Mounted Display) escolhido foi o Quest 2, produzido pela Meta, que combina várias capacidades, como rastreamento de mãos, rastreamento de cabeça e mãos "*inside-out*", com uma tela de alta qualidade, capacidade de armazenamento de até 256 GB e maior autonomia sem a necessidade de ser conectado a um computador externo para processamento gráfico, enquanto ainda renderiza gráficos interativos de alta qualidade.

Assim, a cena foi construída com uma grande caixa central no chão contendo o terreno digital sobreposto com uma imagem de satélite. Com isso os usuários podem ficar em pé sobre o terreno, similar ao que ocorre na caixa de areia. Linhas verticais e

Figura 3.2 – A aplicação "VR SandBox" desenvolvida para visualização da interação dos dados de alcance e do relevo em ambiente imersivo



Fonte: Autor

horizontais foram inseridas no mapa para identificar com precisão as coordenadas usadas no planejamento, semelhante ao uso de cordas no método convencional. Para facilitar a interação com os ativos, veículos e armas em miniatura em 3D em escala reduzida também foram colocados em uma prateleira (Figura 3.3), permitindo que os usuários os manipulem pegando e colocando objetos no terreno.

Figura 3.3 – A figura apresenta uma prateleira exibindo miniaturas 3D. Os modelos são identificados por nomes e organizados em duas cores diferentes. O usuário pode escolher e pegar os modelos da prateleira quantas vezes desejar.



Fonte: Autor

Além disso, incorporamos à cena virtual a opção de replicar a vegetação em 3D, geralmente representada por pequenas miniaturas, serragem ou pedaços de espuma colorida. Associamos essa funcionalidade a um menu, possibilitando a visualização de vegetação em 3D no terreno digital.

Como acessório, incluiu-se uma ferramenta de desenho representada por uma caneta; ao ser aplicada usando o gatilho do controlador, ela cria anotações na textura do

terreno. Com essa funcionalidade, incorporou-se os elementos de coordenação e controle realizados na caixa de areia física ou mapa topográfico na aplicação imersiva.

3.1.1 Terreno

Seguindo o mesmo princípio da caixa de areia convencional, projetou-se um relevo para criar o terreno digital para posicionar os elementos. O local escolhido para este terreno digital inicialmente foi a área do campo de treinamento militar da Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN), com base no mapa topográfico da área de interesse, em Resende-RJ.

Os dados necessários para a ferramenta de terreno, disponível na Unity, incluíam um modelo digital de elevação (DEM), imagens de satélite em tons de cinza obtidas do Earth Explorer (United States Geological Survey (USGS), accessed in 2023), usando o satélite SRTM (NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL), accessed in 2023), e imagens de satélite de alta resolução do Sentinel Hub (Sentinel Hub, accessed in 2023), ou Google Earth (Google, accessed in 2023), para uso como texturas.

Antes de integrar os dados ao Unity, eles foram pré-processados usando o QGIS (*Quantum Geographic Information System*) (QGIS Development Team, accessed in 2023), um software livre para edição e análise de dados georreferenciados. Esse processo foi necessário porque o DEM era maior que a área de interesse, cobrindo 100 quilômetros quadrados, e o mapa topográfico tinha uma área de apenas 13 quilômetros quadrados. Portanto, eles foram recortados dos arquivos adquiridos, pois cobriam regiões fora dos limites desejados. Após isso, eles foram exportados no formato TIFF para manter os detalhes da imagem de alta qualidade, com tamanho de 512x512 para serem usados pela ferramenta de terreno na Unity.

Foram utilizadas imagens de satélite como texturas no terreno gerado, a partir de uma imagem de alta resolução (8192x8192) da área obtida no Google Earth. Como o arquivo possuía um tamanho fixo, era impossível obter apenas a área necessária. Assim, inseriram-se marcações usando as coordenadas geográficas dos limites do mapa que posteriormente foram conectadas com linhas, formando um quadrado. Quando baixou-se o arquivo, esse quadrado indicava a área desejada. Para extraí-la, utilizou-se um aplicativo de visão computacional caseiro capaz de detectar as linhas e corrigir distorções usando as funções da biblioteca Open CV (OpenCV Contributors, accessed in 2023).

Isso permitiu distorcer e corrigir as imperfeições que poderiam advir na imagem

durante o processo, garantindo uma representação mais precisa da área desejada. Com isso, preservou-se a qualidade gráfica e as informações georreferenciadas, fornecendo dados mais precisos e realistas, e gerando um terreno digital confiável para fins de planejamento, como vê-se na Figura 3.4. Haja vista o caixão de areia, convencionalmente usado no planejamento, representar o terreno real de maneira reduzida, geralmente em uma proporção onde 1 metro corresponde a aproximadamente 1 km, optou-se por definir este mesmo parâmetro como padrão para a geração do relevo digital.

Figura 3.4 – O terreno digital com seu relevo reproduzido em 3D, na figura superior com a textura da carta topográfica e na figura inferior com a textura da imagem de satélite



Fonte: Autor

Em seguida, foi implementado um script que fosse capaz de representar a vegetação no ambiente de RV usando uma imagem segmentada da vegetação existente na localização. O processo de segmentação envolveu a separação da área de vegetação da imagem de satélite analisando as cores dos pixels no canal RGB.

Especificamente, uma área designada foi definida com base na semelhança de cor, e os pixels dentro dessa área foram identificados para processamento adicional. Um algoritmo de crescimento de região foi então empregado, começando a partir de pontos de semente dentro das áreas identificadas. O algoritmo expandiu as regiões considerando

pixels vizinhos com características semelhantes.

O mapa resultante representava as áreas segmentadas como uma zona em preto e branco, onde pixels brancos representavam áreas de vegetação. A imagem segmentada foi lida pixel por pixel com as mesmas dimensões do terreno. Desta maneira, o script determinava que para cada pixel branco uma árvore seria instanciada nas coordenadas correspondentes no relevo digital.

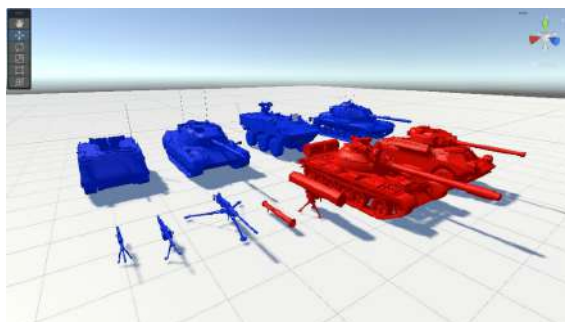
Para otimizar o desempenho, foi introduzido um parâmetro chamado "stride". Esse parâmetro controlava a densidade de instanciação de árvores em relação ao terreno original. Com um valor de ordem 1, por exemplo, uma árvore seria instanciada para cada pixel, resultando em uma árvore por metro quadrado de espaço do mundo real.

No entanto, para manter uma taxa de quadros suave foi necessário permitir aumentar esses parâmetros, instanciando em intervalos maiores, reduzindo o número total de árvores na área e melhorando o desempenho da aplicação. Ao implementar essa abordagem, o ambiente de RV poderia gerar dinamicamente vegetação com base na imagem segmentada, proporcionando uma representação realista enquanto garantia um desempenho eficiente da aplicação.

3.1.2 Modelos e Conjunto de Dados

Para tornar a reconstituição da caixa de areia mais fiel, foram introduzidos modelos 3D que se assemelham a veículos militares e armas, assim como o uso de miniaturas que ocorre tradicionalmente. São réplicas em escala real confeccionadas para softwares de simulação, como *Virtual Battlespace Simulator 3* e *Steel Beasts Professional*, sendo introduzidas na cena como *prefabs* (Figura 3.5).

Figura 3.5 – Exemplo dos modelos 3D utilizados na aplicação, exibidos na cena Unity como *prefabs*. Os modelos incluem veículos blindados e armas pesadas.



Fonte: Autor

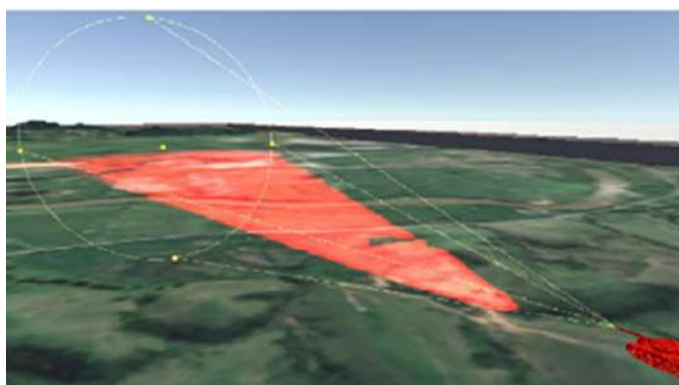
Além disso, foi necessário o desenvolvimento de um banco de dados contendo as informações de dimensões, alcance, arco de alcance e elevação para cada elemento. Esses dados foram coletados de manuais e outras documentações, sendo compilados em um arquivo de Valores Separados por Vírgula (CSV), onde cada linha contém informações sobre cada veículo ou arma, conforme mostrado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Extrato do conjunto de dados de veículos e armas, exibindo os componentes utilizados para construir o foco de luz que representa os dados de alcance da linha de visão.

Vehicle	Dimensions (Length x Width x Height)			Maximum Range	Useful Range	Maximum Elevation	Minimum Elevation	Field of View
Leopard	9.543	3.37	2.705	4000	2500	30°	-15°	100°
M60	8.25	3.62	3.28	4000	2500	20°	-10°	100°
M113	4.87	2.69	2.55	6900	600	45°	-15°	180°

Uma vez que os dados do terreno e os modelos foram montados, o próximo passo envolveu a geração de elementos de alcance para cada veículo ou armamento disponível. Assim, com base nos dados de alcance do conjunto de dados associado ao modelo *prefab*, construiu-se um holofote. Dessa forma, foi possível reproduzir o campo de alcance, possibilitando a visualização interativa. Áreas iluminadas representam a linha de visão de cada elemento, enquanto áreas não iluminadas indicam os pontos cegos, conforme representado na Figura 3.6.

Figura 3.6 – Representação dos dados de alcance por meio de um holofote em 3D na cena virtual



Fonte: Autor

Uma zona de geração foi configurada usando um colisor de caixa associado ao script responsável por gerar os objetos na cena, permitindo aos usuários manipular vários objetos do mesmo tipo. Portanto, quando uma miniatura sai da caixa, outra cópia é criada no mesmo local. Isso permite a criação de inúmeras réplicas com base nos requisitos de planejamento.

3.1.3 Interação

Recursos adicionais foram incorporados à aplicação para fornecer aos usuários elementos semelhantes aos encontrados em uma caixa de areia. Isso incluiu linhas horizontais representando coordenadas de latitude e longitude no terreno, geração de árvores em 3D para áreas de vegetação mais densa, e uma ferramenta de desenho capaz de renderizar elementos sobre a superfície do mapa. Essa ferramenta facilitou a criação de linhas de controle, localizações objetivas circulares, delimitação de áreas de interesse e outros desenhos relevantes para o planejamento de operações militares.

Para fornecer acesso a várias funções, um menu foi implementado. Quando os usuários desejam visualizar o menu, eles podem pressionar o botão de início no controle do Quest, conforme representado na Figura 3.7. Para aprimorar o auxílio ao usuário, foi utilizado o toolkit UI Helper. Quando o ponteiro do controle é direcionado para os botões do menu, um indicador visual exibe a seleção atual, como uma pequena esfera de coloração branca.

Figura 3.7 – Representação do menu de navegação

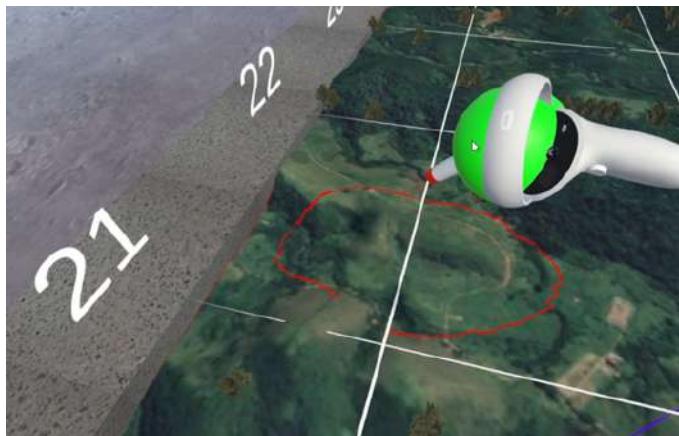


Fonte: Autor

Além disso, pressionar o botão de gatilho em um botão específico do menu faz com que sua cor mude, indicando um estado ativado. O menu oferece funções como exibir árvores, redefinir a cena, mostrar a grade (linhas de coordenadas) e apagar o desenho.

A ferramenta de desenho (Figura 3.8) foi projetada como uma caneta, permitindo que os usuários selecionem, segurem e iniciem o desenho ao pressionar o botão de gatilho no controle do Quest. A estrutura do objeto da caneta inclui uma função de script responsável por criar um renderizador de linha no mapa sempre que a ponta colide com o terreno.

Figura 3.8 – Visualização da ferramenta de desenho implementada



Fonte: Autor

A ponta da caneta está conectada a um objeto de jogo, mas não é visível quando a cena é ativada. Quando o colisor da ponta se intersecta com o colisor de malha do terreno e o botão de gatilho é ativado, um renderizador de linha é gerado no mapa, formando o desenho.

Os usuários podem interagir com a aplicação usando o headset de realidade virtual (RV). O plugin *Oculus Integration* foi utilizado para sincronizar ações do mundo real e virtual, incluindo locomoção, posicionamento de objetos, escalonamento, manipulação de terreno virtual e manipulação.

Para facilitar essas interações, foi utilizado o *Oculus Interaction Sample Rig*. Este pacote inclui elementos pré-configurados para interações baseadas em controle e movimento natural, permitindo que os usuários escolham seu método preferido. Ao usar os controladores do Quest, os usuários têm a capacidade de andar utilizando o botão analógico na mão esquerda e podem girar a câmera usando o joystick analógico na mão direita para olhar ao redor do ambiente virtual.

Assim, os usuários têm a flexibilidade de navegar no ambiente virtual utilizando tanto os controles do próprio Quest quanto o movimento natural, através da rotação do tronco e os movimentos da cabeça capturados pelo headset dentro da aplicação. Além disso, podem segurar e manipular os objetos usando a função de agarrar e participar de interações físicas, como o gesto de pegar e a aplicação de gravidade, para soltar e posicionar objetos no mapa. Essa funcionalidade foi alcançada incorporando uma função de agarrar nos prefabs, permitindo que os usuários interajam com eles baseado em física e utilizando corpos rígidos com gravidade habilitada.

A função de agarrar é acionada quando o botão de gatilho principal é pressionado, e a esfera do colisor interage com o colisor de caixa dos objetos na cena. Essa interação é indicada visualmente pela esfera dos controles virtuais modificando sua coloração: azul indica que o objeto pode ser segurado, e verde quando o objeto é pego com sucesso (gatilho da mão pressionado).

Além disso, houvesse por bem realizar a redução do terreno digital para uma escala de 1:1000, enquanto os modelos foram dimensionados para 1:250. Essa diferença de escala foi necessária porque, se ambos fossem do mesmo tamanho, o modelo 3D seria muito pequeno para ser visualizado e manipulado ou o terreno muito grande para navegar. Portanto, o tamanho dos modelos foi aumentado para permitir a manipulação, enquanto os dados de alcance permaneceram na escala do terreno.

3.2 Percepção de Distâncias

Verificou-se que a existência de escalas desproporcionais entre o objeto e o relevo provocaram interpretações de distâncias por vezes equivocadas, prejudicando o desenvolvimento da atividade de planejamento durante o experimento I. Por esse motivo, inseriram-se elementos capazes de propiciar a correta compreensão das dimensões, tanto do terreno quando dos objetos, a fim de sanar este problema.

Assim, o uso de escalas variadas para análise de dados topográficos podem ser uma solução para este problema, como o proposto em *Maps Around Me: 3D Multiview Layouts in Immersive Spaces* (SATRIADI et al., 2020), que mostram que esse tipo de visualização auxilia na interpretação e execução de tarefas associadas a leitura de mapas. Nesse aspecto, Zhang também mostra que a multiescala progressiva pode melhorar o desempenho na navegação quando a transição entre elas for feita de forma gradual. Entretanto, ainda não está claro como tais representações multiescalas podem beneficiar as atividades de navegação humana cognitivamente no mundo real (ZHANG, 2008).

3.2.1 Multiscales

Existem diversos estudos aplicados à interação do usuário com a percepção de distâncias em diferentes escalas, seja do usuário ou dos objetos na cena (ZHANG et al., 2020; PIUMSOMBOON et al., 2018; LANGBEHN; BRUDER; STEINICKE, 2016).

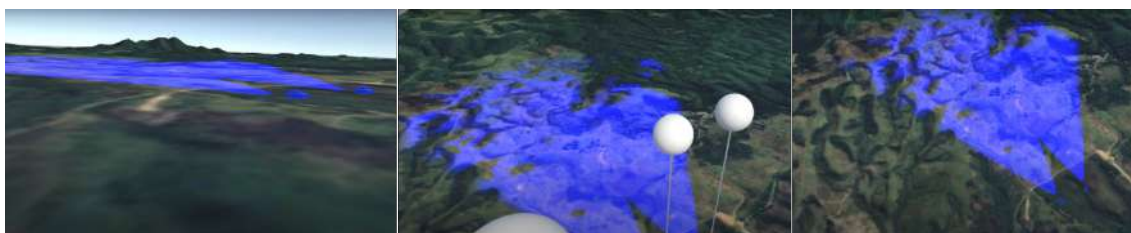
Além disso, observou-se que podem haver resultados diferentes na execução de tarefas em virtude disto, bem como com relação a algumas características dos indivíduos, tais quais idade, sexo, experiência, etc.

Desta maneira, como forma de trabalhar com as diferentes escalas na cena sem prejudicar a visualização e interpretação dos dados de alcance pelo usuário durante a execução das tarefas, optou-se pela implementação de uma função capaz de redimensionar os objetos, antes em escalas maiores que o relevo digital para fins de facilitar a manipulação, para a escala do terreno, por meio de um método que foi chamado de *resize*.

Este método é responsável por alterar as dimensões do objeto que se encontra sob o relevo digital, fazendo com que este seja reduzido a escala equivalente à do terreno, reduzindo-o. Neste momento, como alternativa para a manipulação deste, implementou-se uma esfera auxiliar, vinculada ao mesmo, que permanece sempre acima do objeto reduzido, como a cabeça de um alfinete. Com isso, é possível manipular o objeto por meio dela.

Para que a observação dos dados pudesse ser realizada com uma alternância entre diferentes escalas, equiparáveis ao desenvolvido por Wagner, (WAGNER; STUERZLINGER; NEDEL, 2021), foram definidos três pontos de vista principais, como vê-se na Figura 3.9: o egocêntrico, que seria referente ao modo natural de visualização, com os objetos e relevo em dimensões reduzidas e o usuário em escala real; Hüge, com o usuário reduzido a mesma dimensão do relevo e do objeto; e exocêntrico, com a escala do usuário ampliada.

Figura 3.9 – As diferentes visualizações de perspectiva e escala implementadas no multiscale fixo: à esquerda *huge*, ao centro, a visão egocêntrica, e à direita, a perspectiva exocêntrica.



Fonte: Autor

Assim, como os estudos demonstram que para cada característica individual há uma preferência para a forma de visualização bem como resultados diferentes na interpretação dos dados em virtude disto, houvesse por bem explorar qual seria a melhor forma de proporcionar ao usuário esses pontos de vista na cena. Para tanto, duas formas de fazê-lo foram desenvolvidas, uma focada na transição instantânea entre as escalas, seguindo

o princípio do *multiscale* fixo, e outra no conceito de *zooming*, onde essa transição seria realizada de maneira gradual e não fixada em valores.

3.2.2 Zooming

Além da modalidade de redimensionamento dos objetos, criou-se um mecanismo capaz de alterar, de forma gradual, o tamanho do próprio usuário na cena, alterando a sua escala e modificando, assim, sua percepção de distância. Pois, como observado por Yang para a interpretação de *scatterplots* buscando diferenças entre a visualização geral detalhada ou Zoom, tanto o Zoom quanto a visão geral oferecem benefícios, no entanto, qual variação é superior depende da tarefa. (YANG et al., 2020)

Para possibilitar essa transição gradual das escalas do usuário na cena, um multiplicador foi inserido no componente do *oculus sample rig*, que é o corpo virtual. Com base no movimento do botão analógico do controle direito do Quest 2, nos sentidos *Up* ou *Down*, a escala deste componente era afetada, sendo que, além disso, a velocidade com que tal transição ocorre é diretamente proporcional ao curso do botão. Ou seja, quanto mais próximo do limite de movimento do botão na direção desejada, mais rápida a transição ocorria, sendo que o sentido corresponde ao movimento desejado, para cima a escala aumenta e para baixo ela diminui.

Como a movimentação poderia causar a perda da noção real das dimensões em que o usuário se encontrava na cena, o valor correspondente a escala normal do mesmo era registrada logo no início. Para que o mesmo retornasse a esse valor, bastava clicar no mesmo botão utilizado para alterar suas dimensões para que o tamanho inicial fosse restaurado.

3.3 Atualizações da Interface

Em seguida ao experimento I, que tinha por finalidade a verificação da usabilidade da aplicação, outras modificações foram implementadas no intuito de tornar a interface mais atraente. Para facilitar a inserção dos objetos, por exemplo, ao invés de fazer com que o usuário tivesse de buscar os mesmos na estante, um atalho no menu com um *dropdown* contendo todos os armamentos e veículos foi inserido.

Assim, ao selecionar o objeto desejado na lista, este é materializado sempre à

frente do usuário, como vê-se na Figura 3.10, como um ponto de coleta, similar ao que acontecia na estante. Isso permite uma autonomia quanto a escolha do local de geração dos objetos que serão utilizados na tarefa. Ao terminar o processo, o usuário pode eliminar o local de coleta, utilizando a função *destroy* no mesmo menu.

Figura 3.10 – Menu atualizado com novas funções



Fonte: Autor

A ferramenta de desenho também sofreu modificações no mesmo sentido. A caneta passou a ser inserida na cena mediante uso do menu de desenho, bem como a mudança das cores. Além disso, a possibilidade de apagar os desenhos realizados foi desenvolvida.

Durante a realização do desenho pelo usuário, um raio direcionado para baixo indica o local onde o mesmo será feito sob o relevo digital, conforme Figura 3.11. Enquanto o desenho é criado, uma colider 2D é inserida. Com isso, ao acionar a função *erase* no menu, o raio é modificado para a cor branca, indicando que a função de apagar foi ativada. Quando o raio colide com a colider 2D do desenho o mesmo é então destruído, fazendo com que o desenho seja apagado.

Para modificar a textura sob o relevo digital foi criado um botão *Layer*. Este é responsável por realizar a alternância entre as camadas de textura que estão associadas ao terreno, alternando entre a imagem de satélite de alta resolução e a carta topográfica. Essa implementação facilita a transição das visualizações para o usuário durante a realização da tarefa.

Figura 3.11 – Visualização do raio utilizado para guiar a direção do desenho sob a textura do relevo digital



Fonte: Autor

3.4 Variáveis

3.4.1 Simulator Sickness

Para investigar a gravidade dos sintomas de *cybersickness* experimentados pelos participantes durante a execução das atividades por meio da aplicação imersiva, aplicou-se o *Simulator Sickness Questionnaire* (SSQ) (KENNEDY et al., 1993) (ver Apêndice B). Ele é composto por dezesseis sintomas classificados em uma escala de 4 itens (por exemplo, "não estou sentindo", "um pouco", "moderado", "severo"), e fornece pontuações para náusea, oculomotor, e desorientação.

3.4.2 Workload

Para medir a carga de trabalho aplicou-se o Índice de Carga de Trabalho da NASA (NASA Task Load Index - TLX) de Hart e Staveland (HART; STAVELAND, 1988), que é um procedimento de avaliação multidimensional que fornece uma pontuação geral de carga de trabalho com base em uma média ponderada de avaliações em seis subescalas: Demanda Mental, Demanda Física, Demanda Temporal, Desempenho Próprio, Esforço e Frustração.

3.4.3 Usabilidade

Em ambos os experimentos realizados, os participantes foram incentivados a responder um questionário de opinião, no qual deveriam concordar ou discordar utilizando uma escala Likert de 5 pontos. Dentre as perguntas realizadas, estão as seguintes:

- A visualização do dado de alcance na realidade imersiva influenciou a sua decisão para escolha de posição?
- Como você avalia o uso da realidade virtual para o planejamento de operações militares em comparação ao método convencional?

Além destas perguntas, o usuário pode tecer um feedback a respeito da ferramenta, com possibilidades de melhoria e observações sobre a atividade realizada.

3.4.4 Posicionamento

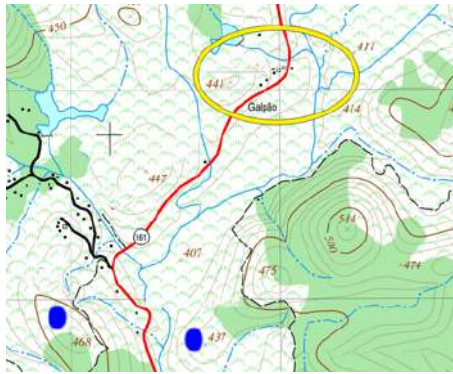
Nos Experimentos I e II, as posições escolhidas pelos participantes, tanto no processo convencional quanto em realidade virtual, foram registradas no sistema de coordenadas UTM. Desta maneira, utilizando as coordenadas dos eixos X e Y adequadas ao sistema UTM foi possível verificar e analisar as divergências entre as escolhas realizadas em ambos os processos.

3.4.5 Avaliações

Para avaliação dos planejamentos realizados no Experimento II, foram concebidos dois formulários Google de acordo com o mapa utilizado (A ou B), conforme vê-se no Apêndice F. Dentro de cada grupo todos os planos foram representados por uma imagem onde duas esferas de cor azul representavam as posições escolhidas e uma elipse de cor amarela representava o objetivo que deveria ser monitorado na atividade, como pode ser observado na Figura 3.12. Foram elencados os seguintes critérios de avaliação:

- **Localização:** avalie as posições escolhidas com base nos conceitos táticos, como distanciamento entre os blindados, apoio mútuo, possibilidade de cobertura e desenfiamiento, e utilização de terrenos dominantes;

Figura 3.12 – Exemplo de mapa utilizado na avaliação de planejamentos



Fonte: Autor

- **Amplitude de Observação:** avalie o raio de visão dos blindados na posição escolhida, se há ou não obstruções em relação ao relevo, bom campo de vista, largo e profundo. Verifique se o alcance dos blindados está sendo corretamente utilizado para atingir o objetivo proposto, com o monitoramento de toda a área selecionada e sobreposição de campos de visão, dentro do alcance de utilização (2500m);
- **Avaliação Global:** avalie de forma geral o planejamento realizado em uma nota de 1 a 10.

Os conceitos utilizados para avaliar as posições escolhidas pelos militares com experiência, voluntários, foi realizado conforme o que prevê o "Manual de Campanha: ajustagem do tiro de artilharia pelo combatente de qualquer arma", (BRASIL, 1984) no que tange aos requisitos para um bom posto de observação, assim como o "Manual de Campanha: técnica de observação do tiro de artilharia de campanha", (BRASIL, 1990), referente a localização. Além destes manuais, o Caderno de Instrução do Pelotão de Exploradores, (BRASIL, 2002), também foi consultado a fim de compor a elaboração do conceito referente a escolha de posições por meio de terrenos dominantes.

3.4.6 Habilidades Espaciais

Como forma de selecionar o público para compor o universo a ser empregado no Experimento II com base no nível de habilidades espaciais e de interpretação de mapas, foram realizados o Santa Barbara *Solids Test*, de (COHEN; HEGARTY, 2012), juntamente do *Topographic Mapping Assessment* (BAUMANN; ARTHURS, 2023).

Tabela 3.2 – Pontuação das questões do Topographic Mapping Assessment

Questão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Total
Pontuação	0.0	1.0	5.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	21

- **Santa Barbara Solids Test:** Composto por 16 perguntas projetadas para avaliar as habilidades de interpretação de mapas em várias tarefas. Exemplos incluem selecionar a correlação correta entre um ponto de vista representado em um mapa e uma representação 3D do terreno, bem como determinar o fluxo de água entre dois pontos analisando as linhas de contorno.
- **Topographic Mapping Assessment:** Consiste de um teste de múltipla escolha, composto por 30 itens, com a finalidade de avaliar as diferenças individuais na habilidade de identificar a seção transversal bidimensional de um sólido geométrico tridimensional.

Estes testes foram devidamente traduzidos e reunidos em um formulário do Google, como pode ser observado no Apêndice C. Desta maneira foi possível reunir de maneira conjunta tanto a avaliação inerente aos aspectos espaciais quanto aos de interpretação de mapas, facilitando a consolidação dos resultados individuais em um único arquivo.

O número de acertos obtidos pelos participantes em ambos os testes foram computados de forma conjunta, somando-se a quantidade de alternativas assinaladas corretamente. Para o Santa Barbara *Solids Test* apenas uma alternativa era correta para cada uma das 30 (trinta) questões componentes do teste. Já o *Topographic Mapping Assessment* possui 18 (dezoito) questões, que foram organizadas e pontuadas como se vê na Tabela 3.2.

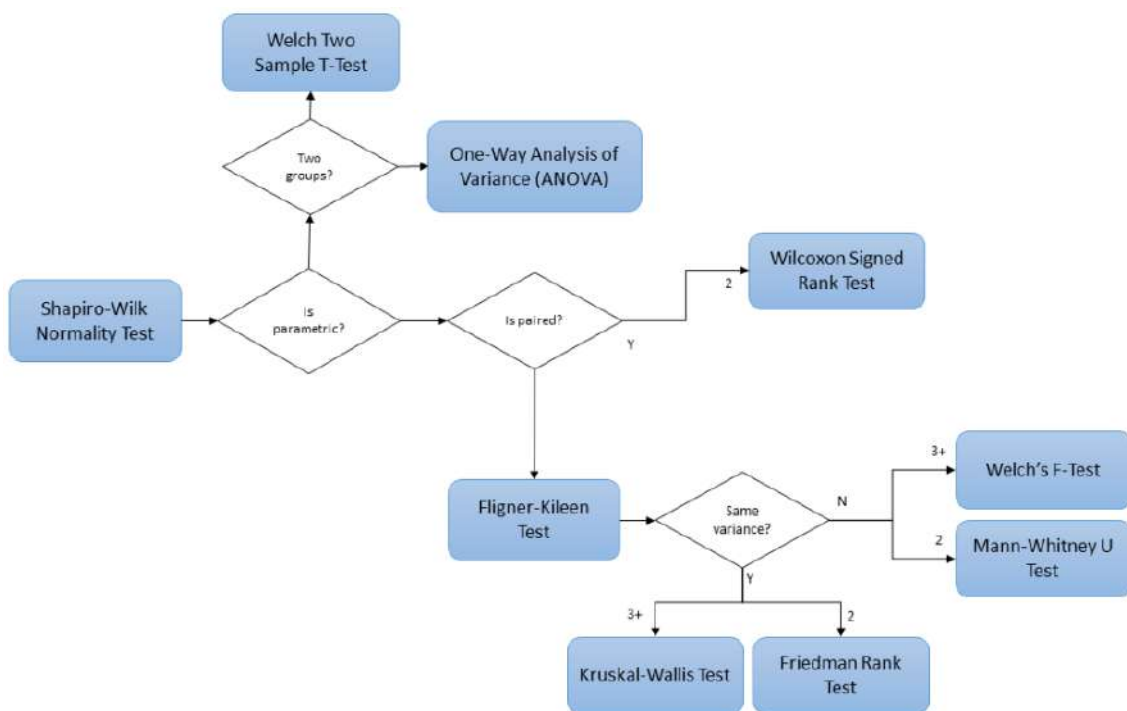
Cabe salientar que as questões que necessitavam da elaboração de desenhos para fins de facilitar a computação dos resultados, foram removidas da contabilização de acertos, sendo salvas e apenas verificadas em caso de necessidade.

Após a compilação dos resultados obtidos dentro do intervalo de até 51 (cinquenta e um) scores, os usuários foram divididos em quartis, compondo grupos distintos de habilidades, sendo A para os resultados mais altos, B para os próximos da mediana, e C para os mais baixos.

3.5 Análise Estatística

Para realizar a análise dos dados, o nível de significância foi estabelecido como $p\text{-valor} = 0,05$. A Figura 3.13 apresenta o processo utilizado na escolha do teste apropriado para realizar a análise estatística nos dados.

Figura 3.13 – Organograma de análise estatística com os testes utilizados baseado nas decisões Y (Sim) e N (Não)



Fonte: (MENIN, 2016)

Primeiramente, foi realizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk para a hipótese nula de que os dados provêm de uma distribuição normal. Para dados paramétricos, foi aplicada uma Análise de Variância de Um Fator (ANOVA) para três ou mais grupos não pareados, e um teste t de Welch para dois grupos independentes.

Para dados não paramétricos, foi realizado o teste de Fligner-Killeen para a hipótese nula de que as variâncias em cada um dos grupos são iguais. Em seguida, para três ou mais grupos e dados homogêneos, foi aplicado um Teste de Classificação de Friedman para grupos pareados, e um Teste de Kruskal-Wallis para grupos não pareados.

Nos casos em que os dados eram heterogêneos, foi realizado o Teste F de Welch para testar a igualdade de três ou mais grupos não pareados. Em comparações envolvendo dois grupos, foi aplicado um Teste U de Mann-Whitney para grupos independentes e um

Teste de Classificação de Wilcoxon para grupos pareados.

Os dados foram submetidos a um design misto, no qual as condições experimentais foram a variável *Within-Subjects*. Como os processos convencional e por meio do uso da aplicação desenvolvida em ambiente imersivo foram objeto de análise, optou-se por aplicar essa condição de maneira a identificar se há influência da condição (ordem) de execução.

Além disso, foi utilizado o teste de Tukey para comparação de médias para identificar diferenças significativas entre as médias dos grupos de habilidades, estabelecidos no Experimento II.

No experimento I, apenas uma ordem foi utilizada para a execução da tarefa, como forma de verificar o impacto da visualização do dados de alcance no processo de planejamento e utilizando-se, desta maneira, apenas um mapa. Já no experimento II, as ordens de execução pelos participantes foi alternada, e como forma de evitar a contaminação no resultado dos planejamentos, dois mapas diferentes foram empregados.

Os valores de p obtidos nos testes, quando apresentados junto aos gráficos, como forma de facilitar a identificação das diferenças significativas obtidas, foram categorizados da seguinte maneira: para valores de $p < 0.05$ (*); para $p < 0.01$ (**); e, para $p < 0.001$ (***)).

As variáveis analisadas foram as posições escolhidas em ambos os processos, o tempo de execução da tarefa, a ordem de realização, as notas obtidas, bem como a quantidade de movimentos realizados (pelo usuário e dos objetos) em ambiente imersivo.

A análise dos questionários e logs, juntamente com os gráficos, foi construída por meio da estatística R. Os scripts e dados usados para a análise estão disponíveis em <https://drive.google.com/drive/folders/1rowajS0xgLuQ8GyOdDnOHjYID6kT9iAq?usp=sharing>.

3.6 Resumo das Decisões de Projeto

De maneira geral, como forma de facilitar a visualização das decisões realizadas ao longo do desenvolvimento da aplicação, houvesse por bem reuni-las na Tabela 3.3 a seguir:

Tabela 3.3 – Tabela resumo das decisões realizadas ao longo do projeto

Decisões de Projeto	Descrição
Interpretação e leitura de mapas	Terreno: Desenvolvimento do relevo digital na Unity baseado em informações reais obtidas por meio de satélites e cartas topográficas.
	Modelos 3D e Banco de Dados: Uso de modelos 3D de veículos e armamentos utilizados no planejamento militar em escala reduzida associado à visualização dos dados de alcance em 3D por meio de uma <i>spotlight</i> elaborada através de um dataset relacionado a cada elemento.
	Interação: Utilização do HMD Quest 2 baseado nas possibilidades de interação, movimentos e controles buscando maior proximidade com a realidade do caixão de areia com o uso do terreno digital sob o solo, uma estante com as miniaturas 3D e possibilidade de inserção de linhas (coordenadas) e desenho.
Percepção de distâncias	Multiscale: Desenvolvimento de alternativas de visualização dos dados inspirado no estudo de Wagner () com 3 pontos de vistas fixos na cena, podendo ser alternados pelo usuário durante a execução da tarefa: Egocêntrico, Exocêntrico e Hüge. Além disso, houve a implementação de um mecanismo capaz de modificar a escala das miniaturas em relação à escala do relevo.
	Zooming: Desenvolvimento da visualização de dados com base no estudo de Zhang () com foco na modificação da escala do usuário na cena em busca de pontos de vista diferenciados.
Atualizações	Desenho: Atualização da ferramenta de desenho possibilitando a visualização do local onde o mesmo será realizado sob a textura do relevo por meio de um raio, além da inserção de uma função <i>erase</i> para apagar os desenhos feitos e possibilidade de modificar a cor.

Continua na próxima página

Tabela 3.3 – *Continuação da página anterior*

Decisões de Projeto	Descrição
	Menu: Aperfeiçoamento da interação do usuário, alterando a inserção dos objetos por meio de uma lista, atalhos para usuários experientes e funcionalidades como modificação de textura e redução dos objetos.
Variáveis	As variáveis utilizadas ao longo do estudo com a finalidade de investigar as questões de pesquisa e hipóteses levantadas nos experimentos, quais sejam: <i>simulator sickness</i> , <i>workload</i> , usabilidade, posicionamento, avaliações e habilidades espaciais.
Análise estatística	Os testes estatísticos realizados nos experimentos com a finalidade de elucidar as hipóteses levantadas e quais os critérios estabelecidos para optar entre um ou outro.

4 EXPERIMENTO I - TESTE DO PROTÓTIPO

Para verificar se a ferramenta desenvolvida poderia influenciar o planejamento realizado por pessoal militar, alguns instrutores foram convidados a participar de um evento de teste. Para esse fim, foi projetado um *use case* associado ao método de avaliação de usabilidade conhecido como *thinking-aloud* (pensando em voz alta). Assim, os usuários puderam interagir com o sistema e realizar uma tarefa de planejamento enquanto verbalizavam seus pensamentos, descrevendo suas ações, intenções e impressões sobre usabilidade, adaptação e problemas encontrados.

4.1 Hipóteses

Este experimento investiga o impacto da realidade imersiva e da visualização de dados no processo de tomada de decisões durante o planejamento militar. A hipótese geral é que a representação do alcance em 3D associada a manipulação dos objetos em RV auxilia os usuários neste processo. São duas hipóteses principais avaliadas neste experimento, quais sejam:

- **H1. O planejamento sofre alterações ao utilizar dados de visualização de alcance em 3D.** A representação dos dados de alcance em 3D e a visualização da interação deste com o relevo digital, na aplicação imersiva, impactará em uma modificação das posições escolhidas pelos participantes para um planejamento semelhante realizado de forma convencional. Com isso, comparando-se as posições escolhidas em ambos os processos, espera-se visualizar tal divergência.
- **H2. A aplicação de RV tem utilidade e aplicabilidade no planejamento militar.** Com base nas impressões colhidas durante o uso da aplicação pelos participantes do experimento, espera-se que os aspectos de interação e representação dos dados possam auxiliar o planejamento de operações militares.

4.2 Materiais e Métodos

4.2.1 Condições Experimentais e Aparelhagem

O cenário do *use cse* foi projetado para que o participante realizasse uma ação de planejamento dentro de um contexto tático, com o posicionamento de elementos no terreno, como vê-se no Apêndice D. O objetivo principal era observar a interação do usuário na execução de tarefas em comparação com o processo convencional geralmente utilizado.

Para isso, antes de realizar a atividade usando a realidade virtual, o planejamento foi primeiramente executado de maneira convencional, utilizando um mapa topográfico e uma caixa de areia. Em seguida a mesma ação foi executada na aplicação imersiva. O desenvolvimento dessa atividade foi baseado no artigo *Defining Embodied Provenance for Immersive Sensemaking* (ZHANG et al., 2023).

Durante a execução do cenário, para avaliar a usabilidade da ferramenta, os usuários foram solicitados a descrever suas ações em tempo real, as dificuldades e facilidades encontradas, bem como suas impressões sobre a aplicação. Assim, houve uma avaliação qualitativa da aplicação usando usuários mais experientes. A partir disso, foi possível coletar informações sobre os métodos de interação do usuário para realizar tarefas, coletando assim problemas de usabilidade experimentados e indicações quanto à origem desses problemas.

O método de *thinking-aloud* para obter informações sobre o funcionamento e a usabilidade foi inspirado no trabalho dos pesquisadores no artigo *Using the Think-Aloud Protocol in an Immersive Virtual Reality Evaluation of a Virtual Twin* (ZHANG; SIMEONE, 2022).

Além disso, como forma de mensurar o impacto da análise imersiva no planejamento, as posições escolhidas pelos participantes nos métodos convencional e virtual foram registradas, permitindo a comparação das diferenças dos resultados obtidos em ambos.

Essa configuração permitiu aos participantes comparar as duas abordagens, fornecendo *insights* sobre as melhorias potenciais e recursos exclusivos oferecidos pela RV no contexto do planejamento militar. Para determinar como a visualização de dados de alcance, que não está disponível no ambiente convencional, influenciou seu planejamento na RV, a ordem da atividade foi mantida para todos os participantes.

4.2.2 Participantes

Três militares com experiência no planejamento de operações militares foram convidados a realizar as tarefas, sendo que todos estavam atuando como instrutores na Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN).

Em relação aos resultados demográficos obtidos dos participantes, que foram convidados para o estudo, eles representavam diferentes hierarquias de graduação, incluindo um major, um capitão e um primeiro tenente. Todos eles se formaram na Academia Militar e tinham entre 28 e 34 anos. Nenhum deles tinha experiência anterior com dispositivos de realidade virtual ou aumentada, e não costumavam jogar videogames em 3D com frequência (menos de uma vez por ano). Apenas um participante relatou ter algum problema de visão (astigmatismo).

4.2.3 Procedimentos

Os participantes foram apresentados a um cenário que simulava uma operação militar, com uma tarefa específica: estabelecer uma posição defensiva, com o objetivo de proteger a área contra as forças inimigas e impedir seu avanço. Assim, eles tiveram que planejar o posicionamento de seus elementos, a fim de monitorar e defender efetivamente essa posição.

Figura 4.1 – O participante está envolvido no planejamento convencional, utilizando um mapa topográfico e uma caixa de areia para determinar as posições dos elementos.



Fonte: Autor

Inicialmente, os usuários foram solicitados a concluir o planejamento usando o método tradicional (Figura 4.1). Uma vez concluído, eles foram convidados a repetir a mesma atividade, mas desta vez usando a interface de realidade virtual (Figura 4.2). Durante a realização da tarefa, eles descreveram em voz alta seus pensamentos, ações e observações.

Figura 4.2 – Os participantes utilizando a aplicação de realidade virtual para sua atividade de planejamento durante a realização do experimento.



Fonte: Autor

Os usuários encontravam-se à beira de um terreno virtual que representava a região de interesse. Tinham acesso a uma prateleira com modelos em miniatura dos veículos e armamentos. O objetivo era posicionar essas réplicas 3D no terreno virtual conforme haviam planejado no mundo real. Assim, eles podiam pegar os modelos usando um controlador, movimentar-se pelo ambiente virtual para encontrar locais adequados e colocar os modelos no terreno para visualizar seu alcance efetivo. O controle permitia que eles movessem e girassem a câmera virtual, embora a aplicação também suportasse movimentos naturais.

Antes de iniciar a atividade, os participantes foram solicitados a preencher um formulário que explicava os procedimentos e estágios envolvidos na atividade. O mesmo também incluía perguntas sobre sua familiaridade com a realidade virtual, experiência em jogos e percepções sobre a importância do uso dessa ferramenta para operações futuras.

Além disso, os participantes foram solicitados a avaliar sua experiência. O *Simulator Sickness Questionnaire* (SSQ), (BOUCHARD et al., 2021), foi aplicado antes e depois da atividade para medir qualquer desconforto que os mesmos possam ter sentido, e o Índice de Carga de Trabalho da NASA (NASA-TLX) (HARRIS; WILSON; VINE, 2020) foi administrado para coletar a carga de trabalho. Esses formulários foram usa-

dos para medir os impactos da aplicação de realidade virtual nos aspectos de interação humano-computador.

Para garantir a confidencialidade dos participantes, foram atribuídas letras de identificação de A a C. As posições selecionadas, representadas em coordenadas retangulares, tanto nos planos convencionais quanto virtuais, foram registradas para facilitar uma análise comparativa.

4.3 Resultados

Com o objetivo de organizar os resultados obtidos de forma mais eficaz, dividiu-se esta seção em dois tópicos: usabilidade e análise de dados. O tópico de usabilidade foca em aspectos relacionados à interação humano-computador quando os participantes estavam usando a aplicação para a atividade de planejamento. Isso inclui avaliar a facilidade de uso, a satisfação do usuário e quaisquer dificuldades ou desafios encontrados durante o processo.

Por outro lado, o tópico de análise de dados centra-se principalmente na utilização e visualização de dados de alcance, enfatizando as possibilidades disponíveis para os usuários e a influência de tais dados em suas decisões de planejamento. Isso inclui avaliar a eficácia da apresentação de dados, a identificação de pontos cegos ou áreas críticas, e quaisquer *insights* obtidos da análise dos dados.

Ao organizar a seção dessa maneira, faz-se uma clara distinção entre a avaliação da usabilidade da aplicação e o exame dos aspectos de análise de dados, permitindo uma análise abrangente de ambos os aspectos da experiência imersiva de planejamento.

4.3.1 Usabilidade

Antes de iniciar a atividade na realidade virtual, os participantes receberam um tutorial fora da aplicação para se familiarizarem com os controles, incluindo a manipulação de itens, locomoção e movimento da cabeça. Esta etapa visava garantir que os participantes entendessem como usar os controles de forma eficaz.

A análise de usabilidade focou em métricas como desempenho da tarefa, eficiência, pensamentos e aspectos de design (KAMIŃSKA; ZWOLIŃSKI; LASKA-LEŚNIEWICZ, 2022). Durante a atividade de realidade virtual, os participantes foram incentivados a

compartilhar suas impressões, dificuldades e insights ao usar a aplicação imersiva para suas tarefas de planejamento.

Uma observação significativa foi a capacidade dos participantes de navegar facilmente e concluir tarefas sem a necessidade de intervenção do pesquisador. Isso foi especialmente notável considerando que os mesmos tinham experiência limitada anterior com realidade virtual e exposição esporádica a jogos em 3D (menos de uma vez por ano), conforme indicado no formulário.

A natureza intuitiva da aplicação, e a clareza das instruções fornecidas durante o tutorial, permitiram que os participantes entendessem rapidamente os controles e realizassem suas tarefas de maneira eficaz. Isso sugere que a aplicação imersiva foi amigável ao usuário e acessível a indivíduos com diferentes níveis de experiência em tecnologia de RV e jogos.

Durante a execução da tarefa, os participantes A e B enfrentaram problemas com certos modelos desaparecendo quando manipulados perto do terreno. O participante A experimentou uma frustração significativa, indicada no NASA-TLX, pois teve que repetir a ação várias vezes para pegar outro modelo em miniatura e continuar sua tarefa. Por outro lado, o participante B enfrentou o mesmo bug, porém em uma incidência menor, o que não afetou o desenvolvimento da tarefa.

Outro bug importante ocorreu quando os participantes B e C moveram os modelos muito perto do colisor do corpo virtual. Essa proximidade, por vezes, resulta na câmera sendo empurrada em uma direção não intencional, causando um movimento que parece como se o participante estivesse voando na cena.

O participante A encontrou alguma dificuldade ao tentar se mover sem virar a câmera na direção desejada (ou seja, andar de lado). A velocidade do movimento da câmera nessa ação é inadequada, pois parece pouco natural e indica uma seleção inadequada de parâmetros.

Vale ressaltar que, quando os participantes enfrentaram esses problemas durante suas ações, muitas vezes conseguiram identificar as causas por si mesmos. Além disso, tanto os questionários SSQ quanto NASA-TLX não revelaram indicações de desconforto decorrente do uso da ferramenta, e os níveis percebidos de demanda foram considerados adequados para a atividade específica. No entanto, vale a pena notar que os participantes utilizaram o Oculus Quest 2 por uma média de apenas 10 (dez) minutos durante a tarefa.

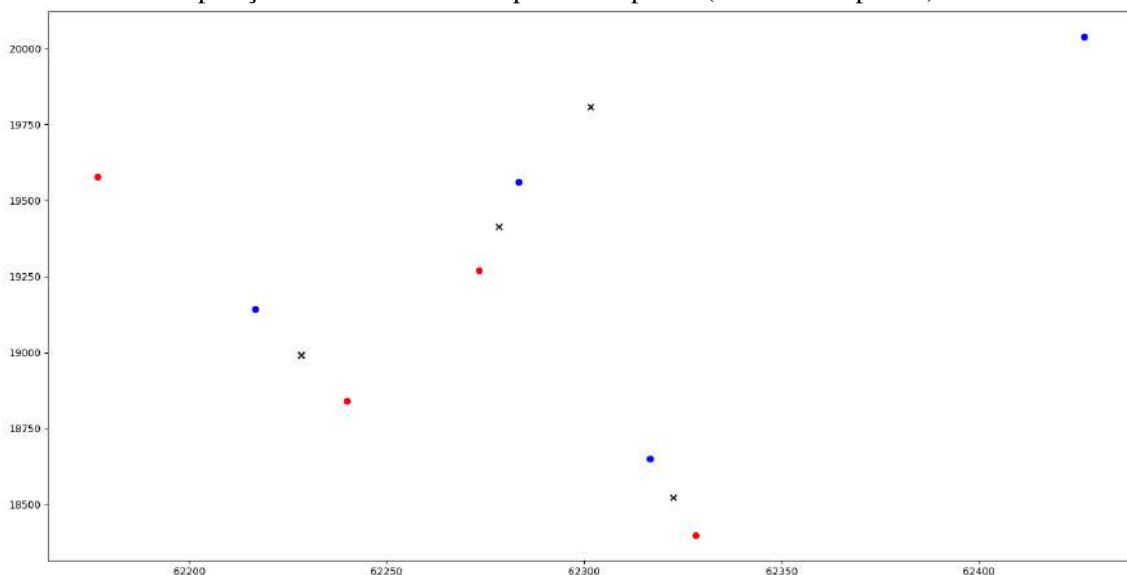
4.3.2 Análise de Dados

Para avaliar se a aplicação imersiva poderia efetivamente aproveitar as capacidades de percepção humana, trazendo modificações significativas na análise e interpretação dos dados (FONNET; PRIE, 2019), registramos as posições escolhidas nos métodos convencional e de RV durante a atividade de planejamento militar.

A Figura 4.3 fornece uma ilustração dos pontos escolhidos em um sistema de coordenadas planas, projeção UTM (Universal Transverse Mercator), para todos os participantes em ambos os métodos. O UTM é um sistema de coordenadas baseado em um plano cartesiano (eixos x, y) e usa metros como unidade para medir distâncias e determinar as posições dos objetos.

Os pontos azuis representam as escolhas feitas no método convencional, enquanto os pontos vermelhos representam as escolhas feitas no método de RV. Os marcadores pretos representam as posições médias escolhidas por cada participante em seu planejamento para cada ponto.

Figura 4.3 – As posições médias escolhidas pelos participantes são representadas em coordenadas retangulares para o método convencional (azul), o método de RV (vermelho) e as posições médias entre eles para cada ponto (marcadores pretos).



Fonte: Autor

Ao analisar o gráfico, torna-se evidente que a percepção espacial dos participantes foi alterada ao fazer a transição do método convencional para o planejamento imersivo em RV. O Participante A, por exemplo, inicialmente buscou replicar sua abordagem de planejamento do método convencional, onde selecionado as posições para os modelos com base nas curvas de elevação representadas no mapa topográfico. No entanto, à me-

dida que a visualização de dados de alcance foi exibida, o mesmo alterou as posições inicialmente escolhidas, buscando otimizar a utilização do campo de alcance e eliminar os pontos cegos.

Em comparação com o método convencional, o tempo que os participantes levaram para concluir suas tarefas na RV é outro fator de avaliação significativo. Todos os participantes experimentaram um aumento no tempo de conclusão de suas tarefas, com alguns levando alguns minutos extras (participantes A e B), enquanto outros levaram consideravelmente mais tempo (participante C). Isso pode ser atribuído ao fato de que os participantes fizeram múltiplos ajustes nas posições dos modelos para escolher posições ótimas. Esses ajustes e interações contribuíram para o aumento geral no tempo de conclusão da tarefa.

Com base nos dados calculados, pode-se observar na Tabela 4.1 que as médias das posições no método convencional (x: 62311, y: 19348) são ligeiramente superiores às médias das posições na realidade virtual (x: 62255, y: 19022). Isso indica que os usuários tendem a posicionar os elementos ligeiramente mais afastados e mais acima no método convencional em comparação com a realidade virtual.

Tabela 4.1 – Comparação de Dados de Posicionamento

Dados	Método Convencional	Método de RV
Média P1 (x)	62426 (\pm 196,02)	62176 (\pm 41,89)
Média P2 (x)	62283 (\pm 75,86)	62273 (\pm 44,96)
Média P3 (x)	62216 (\pm 94,63)	62240 (\pm 50,99)
Média P4 (x)	62316 (\pm 65,99)	62328 (\pm 111,53)
Média Total (x)	62311 (\pm 141,92)	62255 (\pm 87,88)
Média P1 (y)	20038 (\pm 185,03)	19576 (\pm 536,30)
Média P2 (y)	19560 (\pm 259,23)	19270 (\pm 489,15)
Média P3 (y)	19143 (\pm 392,97)	18840 (\pm 551,18)
Média P4 (y)	18650 (\pm 640,62)	18400 (\pm 725,72)
Média Total (y)	19348 (\pm 655,14)	19022 (\pm 732,55)

Fonte: Autor

Em relação ao desvio padrão, observa-se que para o eixo x ele é menor na realidade virtual (87,88) em comparação com o método convencional (141,92). No entanto, para o eixo y ele é maior na realidade virtual (732,55) em comparação com o método convencional (655,14). Essas diferenças sugerem que, embora as médias indiquem uma leve preferência pelo método convencional, a variabilidade dos dados é mais pronunciada na realidade virtual, indicando uma maior diversidade nas escolhas dos usuários nesse ambiente.

Em resumo, todos os participantes confirmaram que a visualização de dados na

realidade imersiva influenciou a escolha de posições durante o processo de planejamento em RV. Isso explica a divergência entre os pontos vermelhos e azuis na Figura 4.3, indicando o impacto da RV na tomada de decisões e na formulação do planejamento.

4.4 Discussões

Vários insights e limitações foram descobertos durante o experimento. De acordo com o estudo de usabilidade, os participantes conseguiram se movimentar e realizar tarefas no ambiente de realidade virtual sem necessidade de assistência. Os mesmos foram introduzidos com sucesso nos controles de RV por meio das instruções oferecidas fora da aplicação, garantindo uma experiência de usuário contínua. No entanto, houve alguns problemas, como modelos desaparecendo perto do terreno e colisões da câmera resultando em movimentos indesejados.

A percepção espacial e a tomada de decisões dos participantes foram claramente afetadas pela transição do planejamento tradicional para o planejamento em RV. Ao interagir com a visualização de dados de alcance, as decisões de posição podiam ser alteradas, o ambiente podia ser utilizado de forma mais eficaz e pontos cegos podiam ser identificados. Isso demonstrou como a RV pode ser usada para melhorar a tomada de decisões, trazendo benefícios estratégicos.

É crucial observar que o uso da RV levou mais tempo para concluir as tarefas do que o método tradicional, desconsiderando-se o tempo necessário para a elaboração manual do caixão de areia (para o experimento o mesmo já estava pronto). Os tempos de conclusão mais longos foram resultado das iterações e das diversas alterações realizadas para escolher as melhores posições. Apesar do comprometimento de tempo, os participantes elogiaram o valor da experiência imersiva e as vantagens que ela proporcionou ao processo de planejamento.

Resultados esclarecedores foram obtidos ao contrastar os dados de posição obtidos pelos métodos tradicional e de RV. Os participantes no método convencional tendiam a posicionar os itens mais afastados e mais acima, como evidenciado pelo fato de as médias das posições no método convencional serem um pouco mais altas do que as na RV. Além disso, o desvio padrão do eixo x na RV foi menor, indicando escolhas de posição mais consistentes, mas o desvio padrão do eixo y foi maior, indicando uma variedade mais ampla de opções feitas pelos participantes.

O experimento também enfatizou o impacto da realidade virtual no julgamento.

Os participantes afirmaram que suas decisões sobre posição e formulação de plano foram significativamente impactadas pelos dados mostrados no ambiente imersivo. Isso foi demonstrado pela divergência entre os pontos vermelhos e azuis no gráfico, destacando o potencial das tecnologias imersivas para otimizar o planejamento estratégico e oferecer novas perspectivas.

Apesar de o experimento fornecer informações úteis, é importante reconhecer suas limitações. Problemas como o desaparecimento de modelos e movimentos não intencionais precisam ser corrigidos para uma experiência do usuário mais fluida. O planejamento para aplicações do mundo real também deve levar em consideração o aumento do tempo de conclusão das tarefas. No entanto, os resultados sugerem áreas de melhoria e futuras pesquisas, ilustrando os benefícios potenciais da adoção da RV no planejamento de atividades.

O tamanho da amostra reduzido e a estratégia única de execução (começando com o método tradicional) podem ter impacto na validade das conclusões do experimento, especialmente no que diz respeito à confirmação da precisão e eficácia da implementação da RV. É importante lembrar que o objetivo deste experimento inicial foi realizar uma revisão formativa, gerando informações suficientes para orientar a criação de um novo protocolo com um grupo maior para avaliação somativa.

5 EXPERIMENTO II - PLANEJAMENTO EM RV VS CONVENCIONAL

Este experimento teve a finalidade verificar como a interface em realidade imersiva pode impactar no desempenho dos usuários durante a execução de planejamentos com base nos diferentes níveis de habilidades espaciais e de leitura e interpretação de mapas dos indivíduos.

Para isto, o capítulo foi organizado da seguinte maneira: a Seção 5.1 apresenta as hipóteses que orientaram este experimento; a Seção 5.2 mostra os materiais e métodos empregados. Isso inclui os sujeitos que participaram do teste, a forma como foram divididos para a execução do experimento, bem como os procedimentos utilizados durante a atividade e para avaliar os planejamentos; a Seção 5.3 apresenta os resultados obtidos; e, finalmente, na Seção 5.4, os resultados são discutidos.

5.1 Hipóteses

Este experimento buscou investigar se usuários com diferentes níveis de habilidades espaciais possuem desempenhos distintos na execução de atividades de planejamento. Além disso, procurou-se verificar se a realidade imersiva pode auxiliar neste processo, desenvolvendo capacidades e auxiliando aqueles que possuem dificuldades. A hipótese geral é que a realidade virtual propicia melhores condições para a execução das tarefas independentemente da habilidade do indivíduo. As hipóteses avaliadas neste experimento foram as seguintes:

- **H1. A capacidade espacial do indivíduo acarreta em melhor compreensão na interpretação de cartas topográficas.** Espera-se que aqueles que obtiverem uma quantidade maior de acertos no *Cross Section Test* irão, também, obter as melhores médias nas notas dos planejamentos realizados, principalmente no processo convencional.
- **H2. O uso de realidade virtual garante o desempenho mínimo adequado.** A partir da análise das avaliações realizadas em ambos os processos, espera-se que a média obtida pelos participantes na aplicação imersiva seja superior a do processo convencional para todos os grupos de habilidades, reduzindo ou, até mesmo, eliminando resultados com nota inferior a 5.
- **H3. O imersivo aproxima o resultado das posições escolhidas pelos usuários,**

independentemente do nível de percepção espacial do indivíduo. Com a visualização dos dados de alcance representados em 3D na aplicação imersiva e sua interação com o relevo digital, indivíduos que possuem dificuldades em representar tais dados mentalmente poderão se valer desta "habilidade" propiciada pela realidade imersiva. Com isso, espera-se um reflexo nas notas obtidas pelos participantes, onde, em relação as obtidas no processo convencional, elas estarão mais próximas entre si, indicando essa aproximação, independentemente do grupo de habilidades.

- **H4. Há correlação entre a habilidade espacial do usuário e o resultado do planejamento.** Se de fato há correlação entre as habilidades espaciais na interpretação e leitura de mapas, haverá um reflexo disto nas notas obtidas pelos participantes durante a realização da atividade, destacando tais diferenças entre os grupos.
- **H5. Há retenção e generalização do aprendizado no processo de uso da realidade virtual.** Com base na ordem de execução do experimento, um indivíduo que teve seu início pelo processo em RV, por hora, pode vir a obter uma melhora nas capacidades de leitura de mapas a partir da visualização do alcance e sua interação com o relevo na aplicação imersiva, provocando uma análise destes fatores no processo convencional feito posteriormente.

5.2 Materiais e Métodos

5.2.1 Condições Experimentais e Aparelhagem

Primeiramente, foi necessário selecionar o público que poderia compor o universo a ser empregado no experimento, com base no nível de habilidades espaciais e de interpretação de mapas. Para tanto, o Santa Barbara *Solids Test*, de (COHEN; HEGARTY, 2012), juntamente do *Topographic Mapping Assessment* (BAUMANN; ARTHURS, 2023) foram devidamente traduzidos e colocados como um formulário do Google, como pode ser observado no Apêndice C.

Em seguida, com base nos resultados obtidos, três segmentos foram identificados: A para os maiores resultados; B para o próximos da mediana; e, C para os mais baixos. Com isso, os participantes voluntários foram categorizados, recebendo uma identificação individual para a realização do experimento utilizando a metodologia *Within-Subjects*, onde todos realizam todas as condições. Entretanto, para que não houvessem influências

Tabela 5.1 – Ordenação e identificação dos participantes com base na interface e mapa utilizados no experimento

A	id1	id2	id3	id4	id5	id6	id7	id8	id9	id10	id11	id12
B	id13	id14	id15	id16	id17	id18	id19	id20	id21	id22	id23	id24
C	id25	id26	id27	id28	id29	id30	id31	id32	id33	id34	id35	id36
Map 1	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Map 2	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A
Interface 1	VR		Conv		VR		Conv		VR		Conv	
Interface 2	Conv		VR		Conv		VR		Conv		VR	

Fonte: Autor

nos planejamentos, foram selecionados dois mapas distintos (A e B), sendo que apenas um deles seria utilizado para cada interface, como observasse na Tabela 5.1.

Assim, após a identificação dos participantes, inicialmente com base no teste de habilidades e, posteriormente, de acordo com a Tabela 5.1, o experimento foi desencadeado, sendo que o conteúdo das tarefas exigidas estão descritos no Apêndice F.

5.2.2 Procedimentos

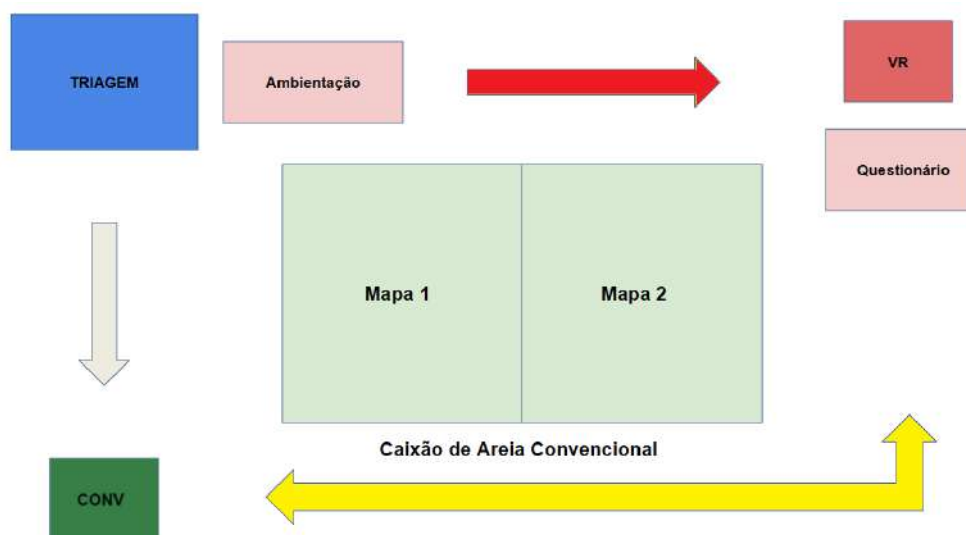
Tendo em vista o tempo médio para a realização do experimento ser de aproximadamente 30 (trinta) minutos por indivíduo, optou-se pela segmentação do mesmo, de forma a propiciar a realização de maneira simultânea de mais de uma etapa. Assim, o ambiente foi configurado da seguinte maneira:

- **Triagem:** primeiramente os indivíduos deveriam receber suas identificações, baseadas no quadro de distribuição (referência ao quadro), e, em seguida, eram direcionados para a realização da etapa correspondente, seja ela VR ou Convencional.
- **Convencional:** o participante recebe o mapa correspondente ao da sua id de acordo com o quadro de distribuição, a tarefa é apresentada, e ele realiza o planejamento utilizando os métodos convencionais (carta topográfica, imagem de satélite, caixa de areia).
- **Ambientação:** um vídeo contendo as principais funcionalidades era mostrado, sendo que, em seguida, o participante interagiu com a aplicação em modo *standalone*, guiada pelo monitor por meio de um tablet, para que ele pudesse se adaptar a ferramenta e aprender a utilizá-la.
- **Questionário:** antes e após a realização do planejamento em RV o participante deveria preencher o questionário de perfil do participante, o SSQ e o NASA-TLX.

- RV: o participante inicia a cena com o mapa correspondente ao da sua id de acordo com o quadro de distribuição, a tarefa é apresentada, e ele realiza o planejamento utilizando a ferramenta em RV.

Então, como vê-se na Figura 5.1, inicialmente o indivíduo voluntário se dirigia à triagem, onde lhe era designado um número de identificação (Id) baseado no seu desempenho nos testes iniciais. De acordo com o protocolo de testes pré-estabelecido, cada Id realizaria o experimento em uma determinada ordem. Com isso, aqueles que iniciassem pelo método convencional (Conv) eram conduzidos ao local onde esta etapa seria realizada (seta cinza) e, em seguida, após o término da mesma, seguiam para a outra etapa onde realizariam o experimento por meio do método RV (seta amarela).

Figura 5.1 – Layout utilizado para realização do experimento



Fonte: Autor

Por outro lado, a Id poderia designar o início da atividade pela RV. Assim, antes de dirigir-se ao experimento propriamente dito, o usuário realizaria a ambientação, no intuito de aprender os principais comandos e controles necessários para a execução da tarefa. Ao finalizar esta etapa, seguia-se para o questionário inicial (seta vermelha), aplicado com a finalidade de investigar a evolução de sintomas relacionados ao *cybersickness* antes e após o uso da ferramenta, bem como aos níveis de exigência. Após a execução do experimento em RV e a realização dos questionários, o indivíduo era designado para o local do modo convencional (seta amarela).

5.2.3 Participantes

Primeiramente foi disponibilizado o teste de habilidades espaciais e de leitura e interpretação de mapas dentro do âmbito dos cadetes e instrutores da Academia Militar das Agulhas Negras. Cerca de 106 (cento e seis) militares realizaram o teste, sendo 60 (sessenta) cadetes do primeiro ano, 12 (doze) do terceiro ano, 9 (nove) do segundo e 9 (nove) instrutores. O teste possuía ao todo 51 (cinquenta e um) escores, sendo que a distribuição dos resultados se deu entre 9 (nove) e 42 (quarenta e dois) acertos, com a mediana sendo, aproximadamente, 29 (vinte e nove) acertos.

Dentro da distribuição de frequência dos resultados obtidos, o universo foi dividido em três segmentos igualmente distribuídos, sendo os de maiores resultados - A (entre 34 a 42 acertos), os próximos da mediana - B (entre 25 e 33 acertos), e os piores resultados - C (entre 9 a 24 acertos).

O experimento envolveu ao todo 38 (trinta e oito) voluntários, sendo que apenas 36 (trinta e seis) foram utilizados na análise. Estes, por sua vez, foram categorizados dentro dos resultados obtidos no teste de habilidades espaciais e interpretação de mapas em três diferentes grupos, um para cada condição experimental (A, B e C). Todos eram cadetes da AMAN, com idade variando entre 19 e 25 anos.

Todos foram devidamente informados e realizaram a aceitação do termo de consentimento livre e esclarecido / confidencialidade (Apêndice A), antes do estudo. A maior parte dos participantes estavam no primeiro ano da AMAN (55,3%), e os demais se distribuem pelo segundo (23,7%) e terceiro ano (21,1%).

No questionário inicial, grande parte dos indivíduos não havia experimentado o uso de equipamentos de realidade virtual (60,5%) ou aumentada (57,9%). Além disso, menos da metade utilizava jogos 3D com frequência superior a uma vez por mês (47,4%) e apenas um terço possui frequência superior a uma vez por semana (29%).

Com relação ao conhecimentos prévios, grande parte deles já havia utilizado o caixão de areia para planejamentos mais de 5 vezes (78,9%), bem como alegou conhecer o manual de Patrulhas e Emissão de Ordens (BRASIL, 2021) (81,6%).

Metade dos indivíduos possuíam alguma deficiência visual, como miopia (28,9%), astigmatismo (18,4%), ou ambos (2,6%), porém não foi possível mensurar nenhum desconforto que possa ter advindo dessas características durante o uso da aplicação ou alguma influência destes sobre os resultados obtidos.

Para realizar a avaliação dos planejamento executados, foi convidado um oficial

instrutor da Academia Militar das Agulhas Negras, no posto de 1º Tenente, com experiência no assunto.

5.3 Resultados

Como forma de melhor organizar esta seção, houvesse por bem dividi-la da seguinte maneira: os dados brutos, onde serão apresentadas as análises estatísticas direcionadas às posições escolhidas pelos usuários nos diferentes métodos e meios utilizados durante o experimento; as avaliações, composta pela análise subjetiva dos planejamentos realizados face a critérios pré-estabelecidos capazes de mensurar o desempenho obtido pelos indivíduos; as interações, onde os dados coletados durante o desenvolvimento da atividade por meio do uso da aplicação em realidade virtual serão analisados; e, por fim, as impressões dos usuários, apresentando as principais observações dos participantes durante o uso da aplicação.

5.3.1 Dados Brutos

Primeiramente, as posições escolhidas pelos participantes em ambos os mapas (A e B) durante o experimento foram tratadas como dados brutos, sem levar-se em consideração os parâmetros qualitativos inerentes a elas.

Para fazer com que as posições escolhidas nos dois processos pudessem ser tratadas de maneira normalizada, foi necessário realizar a equiparação dos dados de forma que as coordenadas retangulares, padrão UTM, correspondentes às extremidades do mapa convencional fossem transformadas na mesma escala que a utilizada em RV. Ou seja, o canto inferior esquerdo deveria corresponder a 0, 0 e o canto superior direito a 4, 4. Após esse processo de normalização, as posições puderam ser comparadas na mesma proporção.

5.3.1.1 Mapa A

Para facilitar a interpretação e análise dos resultados obtidos, eles foram reunidos na Tabela 5.2, discriminados com relação à métrica e aos métodos utilizados, seja RV ou Convencional. Foram analisadas as diferenças entre as posições escolhidas considerando-se os eixos X e Y já normalizados. Os dados foram divididos dentro dos grupos de

habilidades, distribuídos por cores, sendo A - azul, B - vermelho, e C - verde, de acordo com os resultados obtidos no teste inicial.

Tabela 5.2 – Tabela resultados Mapa-A

Métrica	RV	Convencional
Amplitude Azul	[2.25 1.53]	[1.37 1.69]
Amplitude Vermelho	[2.16 1.89]	[1.32 1.26]
Amplitude Verde	[2.16 1.23]	[2.11 1.58]
Intervalo Confiança Azul	[0.44 0.30]	[0.22 0.32]
Intervalo Confiança Vermelho	[0.38 0.37]	[0.28 0.21]
Intervalo Confiança Verde	[0.43 0.25]	[0.42 0.30]
P-valor Teste Normalidade Azul	[0.94 0.34]	[0.11 0.57]
P-valor Teste Normalidade Vermelho	[0.06 0.89]	[0.28 0.29]
P-valor Teste Normalidade Verde	[0.02 0.27]	[0.68 0.30]
P-valor Kruskal-Wallis	[0.84 0.36]	[0.51 0.87]

Fonte: Autor

Os resultados revelam que, em termos de amplitude, os valores da RV demonstram uma variação mais significativa, em comparação com o método convencional, em todos os grupos analisados. Embora os intervalos de confiança variem entre os dois métodos, a RV apresenta intervalos mais amplos, especialmente no Grupo Azul.

Os testes de normalidade (Shapiro-Wilk) indicam que, em ambos os métodos, as posições escolhidas pelos grupos podem ser assumidas como seguindo uma distribuição normal. Em suma, os resultados para o mapa A sugerem uma maior variação e possivelmente uma menor normalidade dos dados na RV em comparação com os métodos convencionais.

A Figura 5.2 ilustra as diferentes escolhas feitas pelos participantes no processo convencional e em realidade virtual dentro dos diferentes grupos de habilidades, A, B e C, representados pelas cores, azul, vermelho e verde, respectivamente. É possível verificar *in loco* que há uma maior dispersão entre os pontos selecionados no que tange a RV, indicada pela maior amplitude dos dados em relação ao convencional.

Ao comparar-se ambos os métodos, sem levar em consideração os diferentes grupos de habilidades, como visto na Figura 5.3, fica evidente como a distribuição das escolhas varia entre eles. Indicando uma possível tendência de modificação do planejamento fruto do uso da aplicação imersiva.

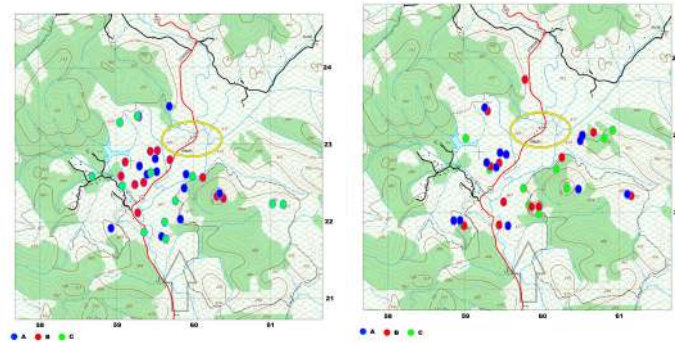
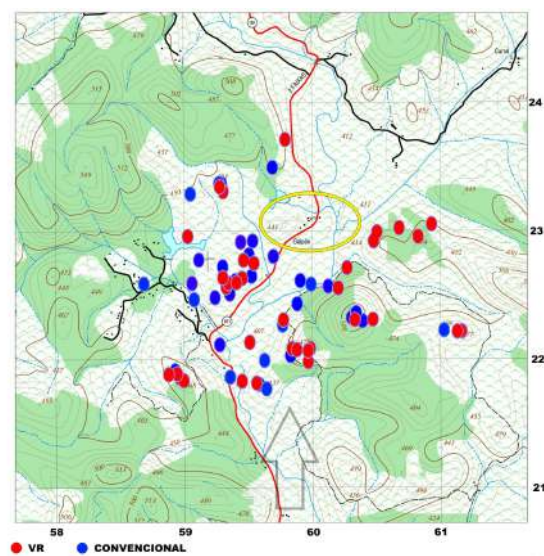


Figura 5.2 – Posições escolhidas pelos usuários no processo Convencional (superior) e no processo RV (inferior) de acordo com os Grupos de Habilidades - Mapa A

Figura 5.3 – Posições escolhidas pelos usuários nos processo RV e Convencional - Mapa A



Fonte: Autor

5.3.1.2 Mapa B

A Tabela 5.3 reúne as métricas utilizadas na análise dos dados obtidos pelas posições escolhidas pelos participantes no mapa B, tanto no método convencional quanto em realidade virtual.

Tabela 5.3 – Tabela resultados Mapa-B

Métrica	RV	Convencional
Amplitude Azul	[1.65 1.80]	[2.75 1.59]
Amplitude Vermelho	[2.27 1.02]	[2.44 1.03]
Amplitude Verde	[1.45 1.60]	[2.61 1.83]
Intervalo Confiança Azul	[0.31 0.31]	[0.49 0.29]
Intervalo Confiança Vermelho	[0.35 0.19]	[0.39 0.23]
Intervalo Confiança Verde	[0.31 0.28]	[0.46 0.36]
P-valor Teste Normalidade Azul	[0.52 0.20]	[0.70 0.20]
P-valor Teste Normalidade Vermelho	[0.22 0.04]	[0.44 0.66]
P-valor Teste Normalidade Verde	[0.99 0.03]	[0.28 0.26]
P-valor Kruskal-Wallis	[0.49 0.18]	[0.74 0.37]

Fonte: Autor

Ao verificar-se os resultados presentes na Tabela 5.3, vê-se que a amplitude, que indica a variação total dos dados, evidencia-se no método convencional, onde a variação parece ser maior em comparação com a RV. Já com relação aos intervalos de confiança, na RV eles parecem mais estreitos, indicando possivelmente uma maior precisão nas médias dos grupos. Entretanto, os p-valores do Kruskal-Wallis não mostram diferenças significativas entre os dois métodos.

A Figura 5.4, referente ao processo convencional, mostra como há uma dispersão considerável entre as posições escolhidas pelos participantes do experimento, principalmente para os integrantes do grupo C. Isso justifica a amplitude existente nos dados da Tabela 5.3 para este método de planejamento no mapa B.

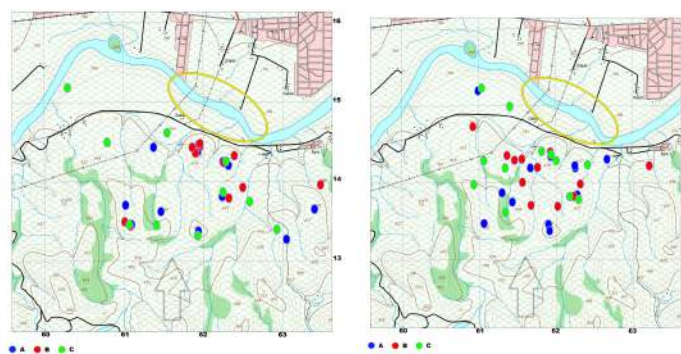
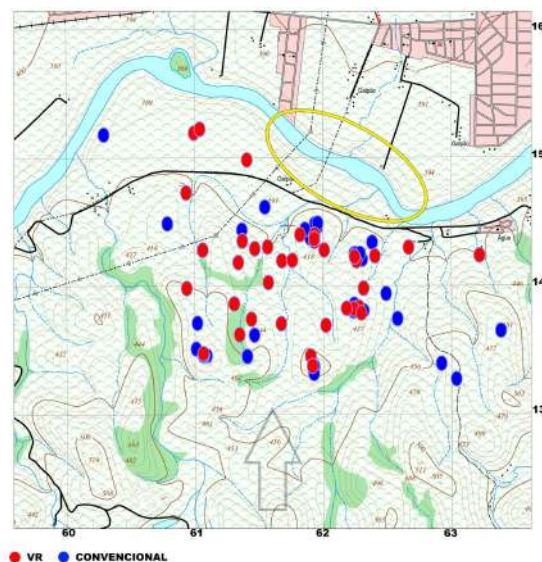


Figura 5.4 – Posições escolhidas pelos usuários no processo Convencional (superior) e no processo RV (inferior) de acordo com os Grupos de Habilidades - Mapa B

Por meio da Figura 5.4 é possível verificar que há uma aproximação das escolhas feitas através da realidade virtual, seja dentro dos diferentes grupos de habilidades, e até mesmo entre eles. Fica, desta maneira, evidente o estreitamento dos intervalos de confiança neste processo sem, no entanto, considerar os grupos de habilidades.

Figura 5.5 – Posições escolhidas pelos usuários nos processo RV e Convencional - Mapa B



Fonte: Autor

5.3.2 Avaliações

A finalidade desta avaliação individual dos planejamentos foi realizar uma análise subjetiva das posições escolhidas pelos participantes, face a critérios pré-estabelecidos, fornecendo uma graduação de notas capaz de quantificar os mesmos.

Antes de proceder com os testes que visam avaliar os diferentes aspectos estatísticos dos dados, no caso as notas, foi realizada uma verificação de normalidade, tanto as obtidas pela avaliação das posições realizadas em RV como as convencionais. Os resultados dos testes realizados indicaram a presença de dados com distribuição normal para as notas obtidas no processo convencional, observados por meio da aplicação do teste Shapiro-Wilk que obteve um p-valor superior a 0,05 ($p = 0,128$), provocando o uso de métricas paramétricas como mais apropriadas para o seu tratamento.

Entretanto, nas notas RV observou-se por meio do resultado do teste Shapiro-Wilk com p-valor inferior a 0,05 ($p = 0,018$), não havendo evidências estatísticas para rejeitar a

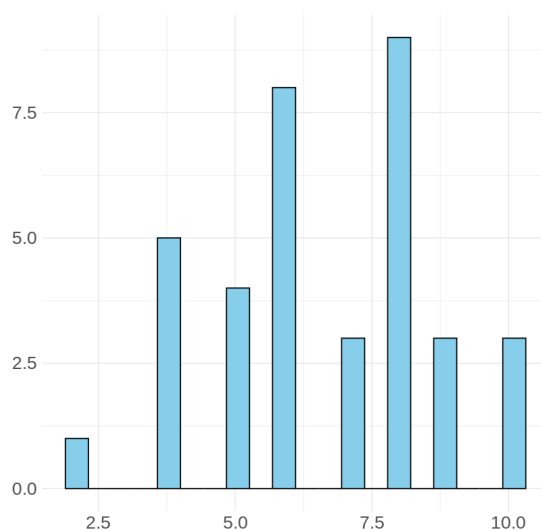
hipótese nula de que os dados seguem uma distribuição normal. Desta maneira, as notas RV foram analisadas com uso de métricas não paramétricas.

Para facilitar a compreensão e interpretação dos resultados dos planejamentos, essa seção foi dividida da seguinte maneira: notas convencionais, explorando a avaliação dos planejamentos realizados no processo convencional; notas realidade virtual, com foco na avaliação dos planos realizados utilizando a aplicação imersiva; e, por fim, a ordem de execução, analisando a influência da ordem de início dos participantes no experimento nos resultados obtidos.

5.3.2.1 Notas Convencionais

Durante a análise dos resultados apresentados para a variável das notas obtidas no modo convencional, de maneira geral, observou-se que a mediana foi de 6.5, e a média de aproximadamente 6.67. O *boxplot* exibido por meio da Figura 5.6 visualiza essas estatísticas, proporcionando uma representação gráfica da distribuição das notas convencionais, mostrando que a maioria das notas se concentra entre 5 e 8.

Figura 5.6 – Histograma de distribuição das notas no modo convencional



Fonte: Autor

Por outro lado, observando os resultados considerando os diferentes grupos de habilidades dos indivíduos que participaram do experimento, expressos na Tabela 5.4, em relação às notas convencionais, verificou-se que há diferenças significativas entre os grupos B e A, bem como entre os grupos C e A. No entanto, não há evidências de uma

diferença significativa entre os grupos C e B. Isso foi corroborado pelo resultado do teste de Kruskal-Wallis, que indicou o p-value 0.003826, mostrando que há pelo menos uma diferença significativa entre os grupos em relação às notas convencionais.

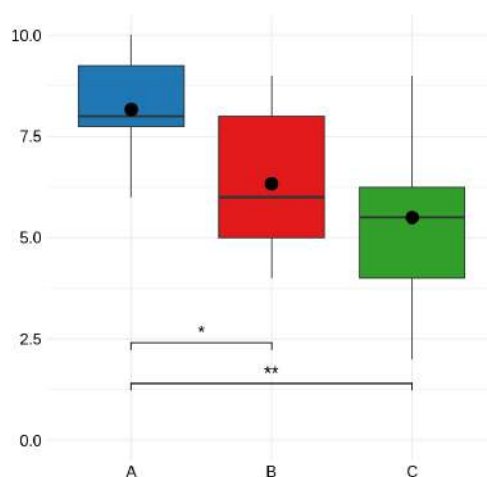
Tabela 5.4 – Análise das notas convencionais por meio do Teste de Tukey dentro dos Grupos de habilidades

	diff	lwr	upr	p adj
B-A	-1,83	-3,52	-0,15	0,031
C-A	-2,67	-4,35	-0,98	0,001
C-B	-0,83	-2,52	0,85	0,454

Fonte: Autor

Por meio da Figura 5.7, que representa a distribuição das notas obtidas pela avaliação dos planejamentos feitos de maneira convencional, executados pelos participantes divididos dentro dos grupos de habilidades (A, B e C), é possível visualizar a distribuição das notas obtidas pelos mesmos. Observa-se que há uma diferença muito significativa entre os grupos A e C ($p = 0,001$) bem como significativa entre A e B ($p < 0,05$), reforçando o resultado do teste de Kruskal-Wallis (com $p = 0.004$).

Figura 5.7 – Notas obtidas pelos participantes no modo convencional dentro dos grupos de habilidades



Fonte: Autor

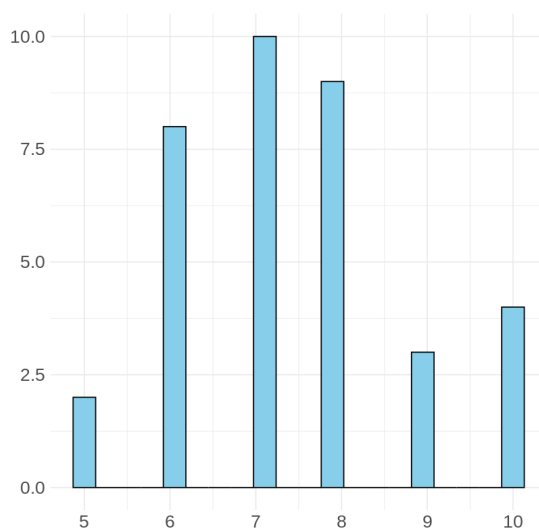
Além disso, as médias das notas obtidas por A são mais próximas entre si, representadas pelo achatamento da coluna, enquanto que nos demais há uma variação maior. Para C, apesar da média ser inferior aos demais, a haste da coluna indica uma variação grande nos resultados, com notas, até mesmo, passíveis de integrarem os demais grupos

(A e B).

5.3.2.2 Notas Realidade Virtual

Para os resultados apresentados para a variável composta pelas notas obtidas usando a aplicação imersiva, as estatísticas indicam que elas variaram de 5 a 10, sendo que a mediana foi 7, e a média aproximadamente 7.42. Por meio da *boxplot*, exibida pela Figura 5.8, verificasse que o intervalo entre o valor mínimo e máximo foi de 5 a 10, com a maioria das notas se concentrando entre 6 e 8. Observa-se, também, a ocorrência de *outliers* nos grupos B e C, com notas bem acima da média (10 e 9), indicando uma influência positiva da RV no planejamento.

Figura 5.8 – Histograma de distribuição das notas do modo RV



Fonte: Autor

Com base nas comparações constantes na Tabela 5.5, parece haver uma diferença significativa nas notas RV entre os grupos C e A ($p < 0,05$), enquanto que nas demais comparações isso não ocorre. Além disso, o resultado do teste de Kruskal-Wallis resultou em $p = 0.019$, com as comparações múltiplas entre os grupos indicando o mesmo que o teste anterior. A Figura 5.9 ajuda na interpretação e visualização destes dados, corroborando tais informações.

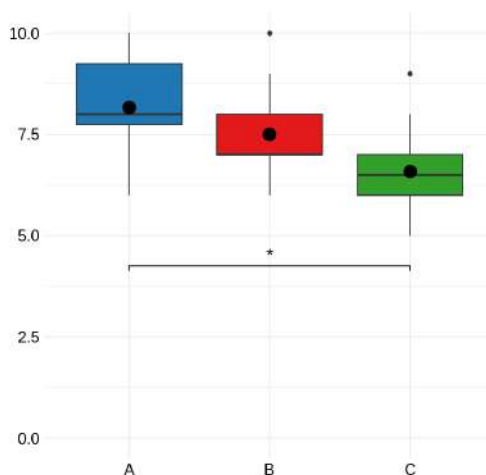
A Figura 5.9 representa a distribuição das notas obtidas pela avaliação dos planejamentos realizados usando a aplicação imersiva, executados pelos participantes divididos dentro dos grupos de habilidades (A, B e C). Nela é possível verificar-se que há uma

Tabela 5.5 – Análise das notas RV por meio do Teste de Tukey dentro dos Grupos de habilidades

	diff	lwr	upr	p adj
B-A	-0,67	-1,92	0,59	0,402
C-A	-1,58	-2,84	-0,33	0,011
C-B	-0,92	-2,17	0,34	0,187

distinção entre os grupos com base no desempenho obtido, tal qual ocorre no teste de habilidades espaciais, indicando uma tendência e uma correlação entre eles. Observa-se que houve resultados fora dos padrões de normalidade para B e C, com notas superiores ao restante da média.

Figura 5.9 – Notas obtidas pelos participantes no modo RV dentro dos grupos de habilidades



Fonte: Autor

5.3.2.3 Ordem de Execução

Conforme a ordem estabelecida na Tabela 5.1, os participantes experimentaram diferentes ordens de início para a atividade de planejamento. Desta maneira, foi conveniente realizar uma análise das notas obtidas pelos mesmos com base nessa variável.

A análise conduzida nas notas obtidas tanto nos modos de Realidade Virtual quanto no Convencional proporcionou *insights* interessantes. Um teste t pareado foi utilizado para discernir quaisquer diferenças significativas no desempenho entre os participantes que iniciaram o experimento em qualquer um dos modos. Os resultados foram distintos para os dois modos.

Para as Notas de VR, o valor p de 0,5234 sugere que não há evidências suficientes

para rejeitar a hipótese nula, indicando nenhuma diferença significativa nas médias entre os diferentes modos de início. Por outro lado, as Notas Convencionais apresentam um cenário contrastante, com um valor p de 0,02666, indicando uma diferença estatisticamente significativa. Isso implica que os indivíduos que começaram o experimento de forma convencional tiveram desempenho diferente em comparação com aqueles que começaram no modo VR. A diferença média de -1,444 destaca essa distinção, apoiada pelo intervalo de confiança de 95% (-2,700, -0,188).

Como forma de verificar se houve impacto no desempenho dos usuários considerando-se as peculiaridades inerentes aos níveis de habilidades espaciais, foi realizado um teste-t procurando verificar as diferenças entre os resultados obtidos pelos mesmos dentro dos grupos com base na ordem de execução do experimento, como vê-se na Tabela 5.6. É possível observar que a ordem afetou de maneira significativa os indivíduos pertencentes ao grupo C ($p = 0,0014$) quando iniciaram pela RV, implicando em uma melhora na média obtida nas notas do processo convencional (de 4 para 7).

Tabela 5.6 – Resultados do teste t pareado realizado com base na ordem de execução e seus efeitos dentro dos grupos de habilidades

Notas	Grupo	P-valor	Início Conv	Início RV
Conv	A	0.437	7.83	8.50
	B	0.516	6.00	6.67
	C	0.001	4.00	7.00
RV	A	0.239	8.67	7.67
	B	0.158	7.00	8.00
	C	0.232	7.00	6.17

Fonte: Autor

Outros aspectos interessantes que podem ser fruto de análise na Tabela 5.6 residem no aumento de desempenho para todos os indivíduos nas médias obtidas no processo convencional em comparação à RV, independentemente do grupo de habilidades ao qual pertence.

5.3.3 Interações

Como forma de analisar as interações realizadas pelos usuários durante a realização dos experimentos utilizando a aplicação em RV, houvesse por bem a captura de algumas informações, consideradas pertinentes, na execução da tarefa. Quais sejam:

- **Quantidade de Movimentos do Usuário:**

Os movimentos realizados pelo usuário ao longo da cena, durante a execução da tarefa, foram compilados em um arquivo CSV, que continha as posições do mesmo nos eixos X e Z e sua atualização ao longo do tempo.

- **Quantidade de Movimentação dos Objetos:**

Conforme o participante inseria objetos na cena e os manipulava, as informações referentes a posição dos mesmos era registrada em um arquivo CSV, com as atualizações feitas para cada objeto de forma individual.

- **Uso das interfaces de Zooming / Multiscale:**

Como forma de verificar a preferência dos usuários quando disponíveis ambos os métodos de visualização dos dados de maneira simultânea, seja o Zooming ou o Multiscale, o uso destes mecanismos foi registrado em um arquivo CSV, que armazenava o tempo de utilização das teclas correspondentes a cada um deles.

5.3.3.1 Quantidade de Movimentos do Usuário

A quantidade de movimentos dos participantes durante a realização das tarefas, por meio da aplicação em realidade virtual, seguiu um padrão entre os grupos de habilidades, como pode ser visto na Figura 5.10. Verifica-se uma pequena diferença entre a quantidade média de movimento entre eles, indicando que indivíduos que possuem menor nível de habilidades espaciais (grupo C, representado pela cor verde) tendem a executar mais movimentos para executar a tarefa em relação àqueles que possuem maior nível (grupo A, representado pela cor azul).

5.3.3.2 Quantidade de Movimentação dos Objetos

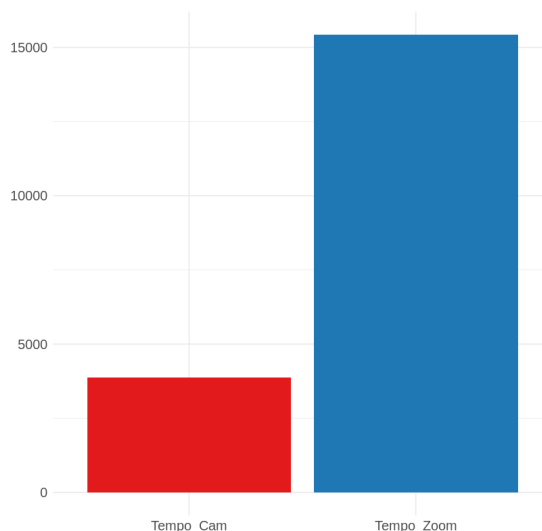
Da mesma maneira do que foi visto com relação à movimentação dos usuários na execução da tarefa, observou-se que também existe a tendência dos indivíduos com menor nível de habilidades executarem um número maior de deslocamento dos objetos, como vê-se na Figura 5.10. Aqui, entretanto, a diferença foi mais perceptível. Curiosamente, o grupo B, que é composto pelos indivíduos considerados como tendo habilidades espaciais medianas, apresenta uma média inferior aos demais neste quesito.

5.3.3.3 Uso das interfaces de Zooming / Multiscale

De maneira geral, a preferência dos usuários para a observação dos dados durante a execução da tarefa e tomada de decisões de posicionamento dos objetos foi pelo uso do Zooming em relação ao Multiscale, como observa-se na Figura 5.11.

Com relação aos diferentes grupos de habilidades, entretanto, houve comportamentos distintos quanto ao uso destes mecanismos. Enquanto o Zooming foi mais empregado pelos grupo A e B, como vê-se na Figura 5.10, o comportamento foi contrário no uso do multiscale, onde o grupo C foi onde este método foi mais utilizado.

Figura 5.11 – Tempo de Uso em segundos do Zooming (coluna azul, direita) e do Multiscale (coluna vermelha, esquerda) realizado pelos usuários de maneira geral



Fonte: Autor

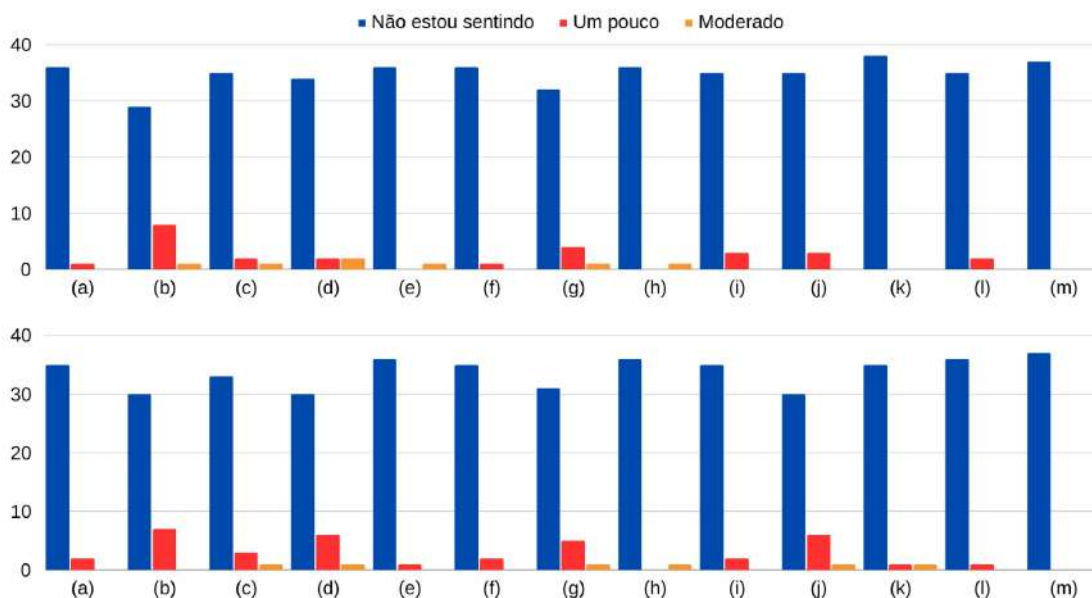
5.3.4 Impressões dos usuários

Além da coleta de dados por meio dos testes aplicados (Cross Section Test e Maps Assessment), avaliação dos planejamentos e capturas diversas, os participantes responderam os questionários (SSQ e NASA-TLX) e também puderam tecer comentários sobre as impressões que tiveram durante o uso da aplicação em RV para a execução das tarefas. Isso foi feito por meio do preenchimento do Questionário de Perfil do Participante, disponível no Apêndice B.

5.3.4.1 Simulator Sickness Questionnaire

Analisando-se os resultados obtidos no SSQ antes e após a execução da atividade pelos usuários por meio do uso da aplicação imersiva, conforme Figura 5.12, observa-se que não houve evolução de sintomas que pudessem impactar de maneira significativa os participantes. Dentre os sintomas que apresentaram evolução após a atividade estão os relacionados à visão embaçada, vista cansada e tontura com os olhos fechados.

Figura 5.12 – Simulator Sickness Questionnaire aplicado nos participantes antes (gráfico superior) e após (gráfico inferior) a realização da atividade em RV. Ordem dos sintomas, da esquerda para a direita: mal-estar generalizado (a), cansaço (b), dor de cabeça (c), vista cansada (d), dificuldade de manter o foco (e), aumento de salivação (f), sudorese (g), náusea (h), dificuldade de concentração (i), vista embaçada (j), tontura com os olhos fechados (k) e abertos (l), vertigem (m)



Fonte: Autor

5.3.4.2 NASA Task Load Index

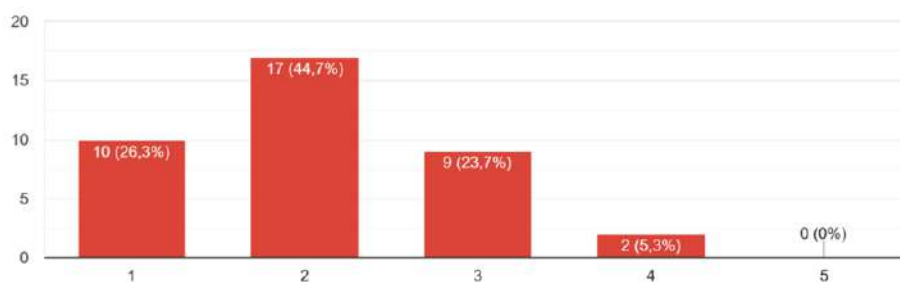
Os aspectos relacionados ao questionário NASA-TLX foram medidos em uma escala Likert, onde o número 1 representa o limite baixo e o número 5 representa o limite alto. Os participantes avaliaram o desenvolvimento da atividade de acordo com os seguintes conceitos:

- **Exigência Mental:**

Quanto de atividade mental, de concentração e de atenção foram para a execução da tarefa (ex: pensando, decidindo, calculando, lembrando, pesquisando)? A tarefa foi fácil, simples; você alcançou sem dificuldade o objetivo exato? (Indique LIMITE BAIXO na escala). Ou foi difícil, complexa, exigiu muito esforço mental para tentar alcançar o objetivo? (Indique LIMITE ALTO na escala).

Com base na Figura 5.13 a atividade mental, de concentração e de atenção foram para a execução da tarefa foi considerada fácil (limites entre 1 e 2 na escala) para 71% dos usuários, e apenas 5,3% consideraram difícil ou complexa (limite 4 na escala).

Figura 5.13 – Exigência Mental



Fonte: Autor

- **Exigência Física:**

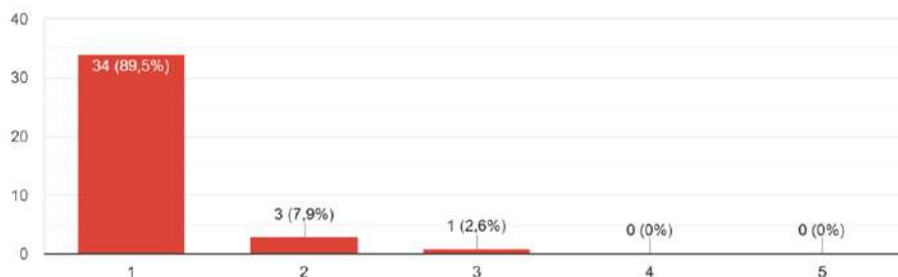
Quanto de atividade física a tarefa exigiu (ex.: empurrando, puxando, virando, controlando, mexendo)? A tarefa foi leve, lenta, facilmente realizada e tranquila? (Indique LIMITE BAIXO na escala). Ou foi pesada, rápida, vigorosa e agitada? (Indique LIMITE ALTO na escala).

Para os participantes, de maneira geral, a tarefa foi considerada leve e facilmente realizável, com um total de 97,4% elencando os limites entre 1 e 2 para a exigência física, conforme Figura 5.14

- **Exigência Temporal:**

Quanto de pressão relativa ao tempo de execução você sofreu com relação ao tamanho da tarefa pelo tempo que tinha para executá-la? Quanta pressão você sentiu com relação ao ritmo cobrado para a execução dessa tarefa? (Por exemplo, qual a proporção entre a duração do trabalho e o tamanho ou complexidade da tarefa) O

Figura 5.14 – Exigência Física

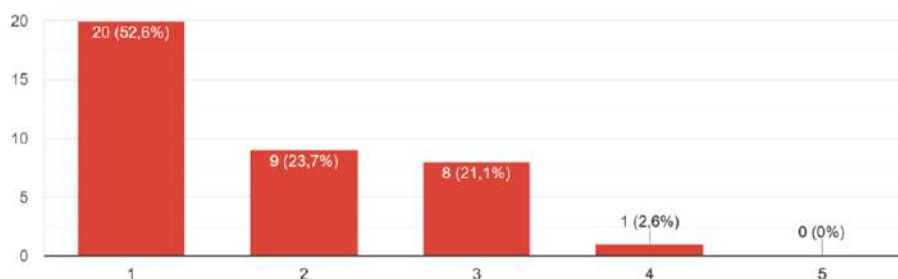


Fonte: Autor

ritmo de trabalho é lento e tranquilo? (Indique LIMITE BAIXO na escala); Ou é frenético? (Indique LIMITE ALTO na escala)

Em relação à exigência temporal, Figura 5.15 para execução da atividade os usuários classificaram como tranquilo, para 76,3% (limites entre 1 e 2) e apenas 2,6% como frenético. Além disso, os demais, 21,1%, não observaram essa exigência, considerando-a como neutra (limite 3).

Figura 5.15 – Exigência Temporal



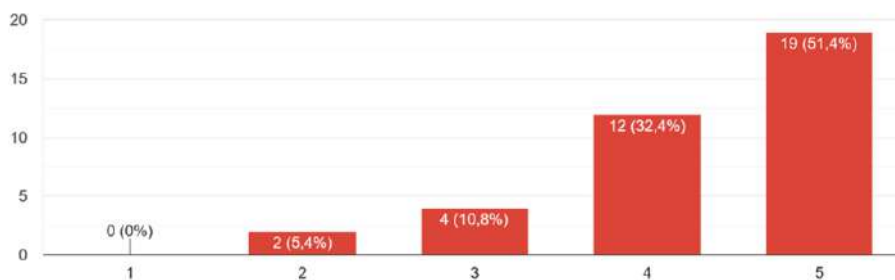
Fonte: Autor

• **Nível de Realização:**

Com quanto sucesso você acha que realizou as metas da tarefa? (ex.: satisfação, reconhecimento) Você fica muito satisfeito quando você alcança as metas? (Indique LIMITE ALTO na escala). Ou você fica pouco satisfeito com o seu trabalho? (Indique LIMITE BAIXO na escala)

O nível de realização com os resultados obtidos foram altos para a maioria dos indivíduos, como vê-se na Figura 5.16, concentrando as avaliações entre os limites e 5 e 4, com 83,8%. Apenas 5,4% indicaram um nível baixo (limite 2 na escala).

Figura 5.16 – Nível de Realização



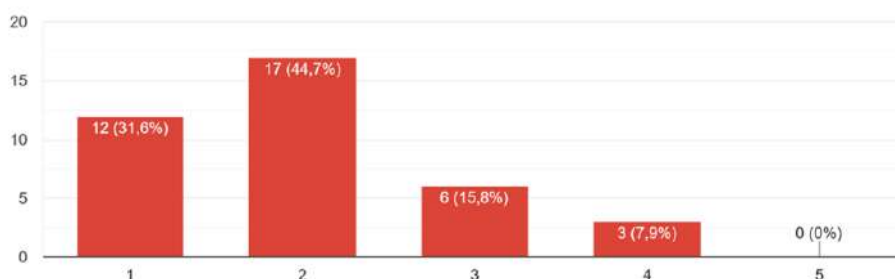
Fonte: Autor

• Nível de Esforço:

Que quantidade de esforço total (mental+físico) você precisou aplicar para realizar tarefa? (ex.: concentração, força muscular, raciocínio, destreza). Para que a tarefa seja desempenhada com sucesso foi necessária concentração superficial, força muscular leve, raciocínio simples, pouca destreza? (Indique LIMITE BAIXO na escala). Ou foi necessária concentração profunda, força muscular intensa, raciocínio complexo e muita destreza? (Indique LIMITE ALTO).

O esforço realizado pelos participantes, conforme Figura 5.17, foi considerado baixo, limites entre 1 e 2, para 76,3%. Uma pequena parcela, 7,9%, indicou a necessidade de um nível de concentração maior para executar a tarefa, enquanto que 15,8% assinalaram o limite 3, demonstrando uma indecisão sobre o fato.

Figura 5.17 – Nível de Esforço



Fonte: Autor

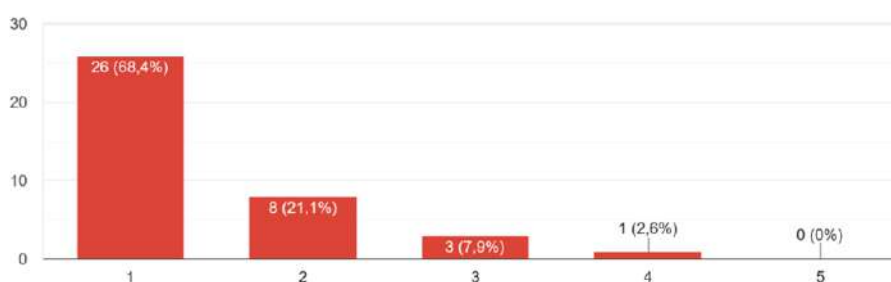
• Nível de Frustração:

Quanto sofrimento você acha que teve que suportar para atingir os objetivos da tarefa? (ex.: insegurança, desencorajamento, irritação, desconforto e estresse). Você se sente seguro, contente e tranquilo quando realiza a tarefa? (Indica LIMITE

BAIXO na escala); Ou pelo contrário, sente-se inseguro, desencorajado, irritado, incomodado e estressado? (Indica LIMITE ALTO na escala)

Quanto ao nível de frustração, como mostra a Figura 5.18, a maior parte dos usuários considerou-se seguro e contente durante a realização das tarefas, com 89,5% assinalando os limites entre 1 e 2. Dos demais, apenas 2,6% consideraram-se de certa maneira incomodados com os resultados (limite 4 na escala), e 7,9% indiferentes (limite 3).

Figura 5.18 – Nível de frustração



Fonte: Autor

5.3.4.3 Comentários e impressões dos usuários

Após a realização da atividade por meio da aplicação imersiva, houve a coleta de informações pertinentes aos aspectos de usabilidade, sendo os resultados para as perguntas realizadas como se segue:

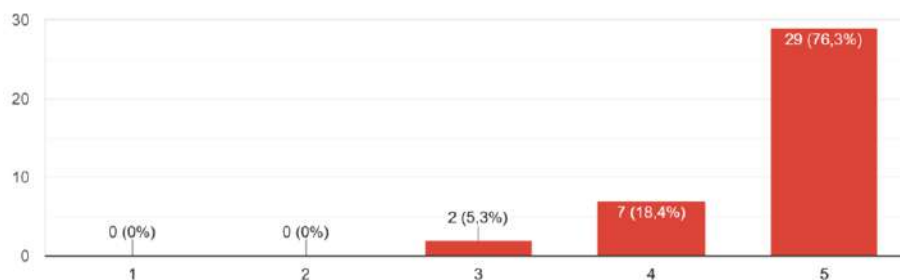
- **A visualização do dado de alcance na realidade imersiva influenciou a sua decisão para escolha de posição?**

Observa-se, na Figura 5.19, que 76,3% dos participantes avaliaram que houve uma influência significativa da visualização do dado de alcance durante a escolha de posição na realidade virtual. Enquanto que apenas 5,3% indicaram não haver influência deste quesito para sua escolha.

- **Como você avalia o uso da realidade virtual para o planejamento de operações militares em comparação ao método convencional?**

Quanto a avaliação a respeito do uso da realidade virtual para o planejamento militar, como vê-se na Figura 5.20, a opinião foi fortemente favorável, com 84,2% de

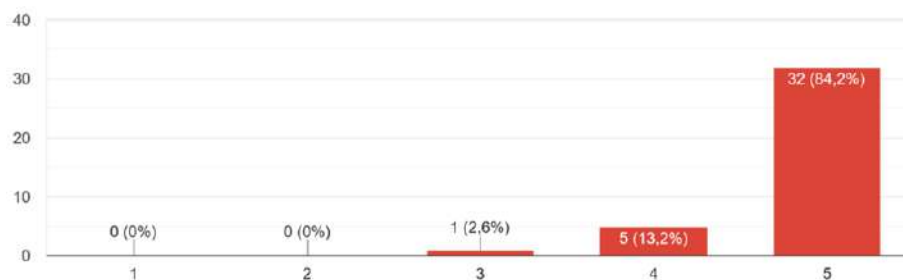
Figura 5.19 – Avaliação dos usuários sobre a influência da visualização do alcance em 3D na escolha de posições



Fonte: Autor

aprovação em comparação ao processo convencional. Apenas 2,6% mostraram-se indiferentes sobre o assunto.

Figura 5.20 – Avaliação dos usuários sobre a usabilidade da aplicação em realidade virtual para planejamentos militares



Fonte: Autor

Além das perguntas acima, os participantes expressaram diversas opiniões relevantes, contribuindo significativamente para a avaliação da ferramenta. Dentre as observações destacadas, ressalta-se a percepção, quase unânime, de que a aplicação é altamente útil e de fácil utilização, proporcionando uma visualização aprimorada da operação no terreno e influenciando as decisões no processo de planejamento.

Uma consideração importante, levantada pelos mesmos, foi a necessidade de utilizá-la com maior frequência, considerando a economia de capacidade mental e tempo em relação aos métodos convencionais, como o uso do "caixão de areia". Desta forma, seria proporcionado um tempo maior dedicado ao planejamento efetivo, permitindo uma observação mais precisa a partir da perspectiva do terreno.

Ao comparar a análise inicial baseada apenas na carta topográfica com a análise utilizando a realidade virtual, os participantes destacaram uma mudança significativa na

linha de ação planejada. A ferramenta proporcionou uma riqueza de detalhes e características, muitas vezes ausentes em cartas convencionais, resultando em um planejamento mais refinado e seguro.

Quanto às sugestões de melhoria, os participantes apontaram a necessidade de permitir que o usuário escolha o campo de visão desejado, especialmente quando os campos de visão de diferentes objetos se cruzam, evitando a perda da noção sobre qual veículo está visualizando determinado ponto. Além disso, houve a observação de que a realidade virtual é mais eficaz quando aplicada situacionalmente, especialmente para avaliações de campo de visão, do que como uma ferramenta completa de planejamento.

Outras sugestões práticas incluíram a busca por um aumento na precisão ou calibragem dos controles, visando aprimorar a experiência do usuário, e a melhoria do controle ao girar objetos. Essas observações forneceram insights valiosos para aprimorar a eficácia e a usabilidade da aplicação de realidade virtual no contexto do planejamento operacional.

5.4 Discussões

Analisando as posições escolhidas pelos participantes, as notas obtidas, bem como as interações e impressões dos usuário durante a execução do experimento, obtêm-se algumas considerações importantes:

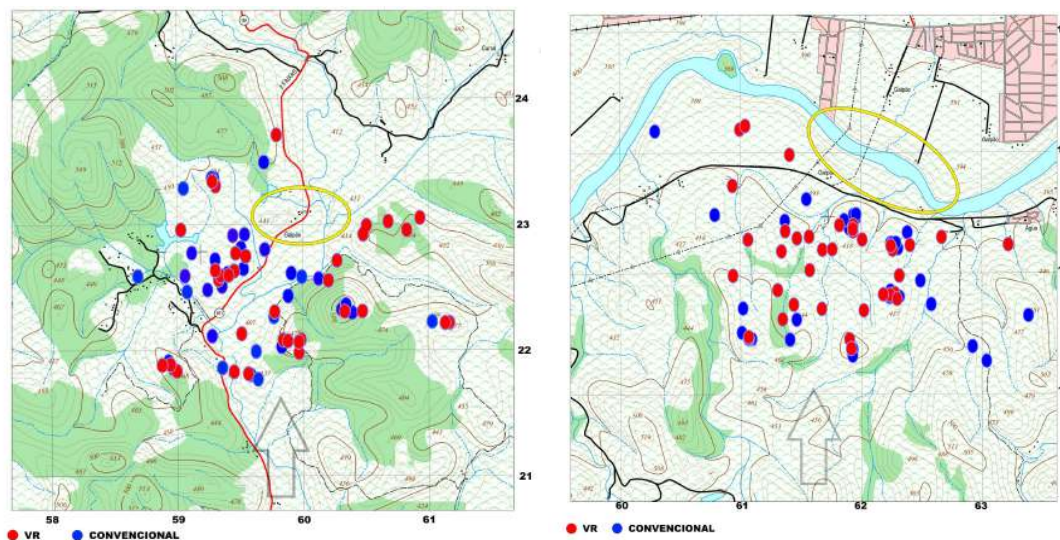
- **A Realidade Virtual influencia nas posições escolhidas**

A RV pode ter impacto na consistência das escolhas dos usuários, resultando em menor variação e dispersão nos dados em comparação com o método convencional no que tange às posições, apenas referente a sua localização no espaço. Com isso, assume-se que isso ocorre em virtude da interface proporcionar aos usuários capacidades semelhantes para o desenvolvimento da atividade, como vê-se na Figura 5.21 por meio da dispersão dos pontos vermelhos (RV) e azuis (convencional).

- **Não há influência da habilidade espacial nas posições escolhidas**

As análises dos resultados, em ambos os mapas, não indicam diferenças significativas entre os grupos de diferentes níveis de habilidades espaciais. Em geral, os resultados sugerem que os métodos Convencional e RV podem influenciar o comportamento dos usuários em termos de variação e dispersão das escolhas, mas não há diferenças estatisticamente significativas nas médias dos grupos.

Figura 5.21 – Posições escolhidas nos processo RV e Convencional - Mapa A (esquerda) e Mapa B (direita)



Fonte: Autor

- **A ordem de execução interfere nos resultados**

Dependendo da ordem de execução do experimento, seja pelo início em RV ou pelo processo convencional, foi observada uma diferença significativa nas notas obtidas pelos participantes no resultado do planejamento convencional, enquanto que no planejamento em RV isso não ocorreu. Isso indica que houve, de certa forma, aquisição de conhecimento fruto do uso da aplicação, que refletiu na melhora do desempenho quando o início foi pela RV.

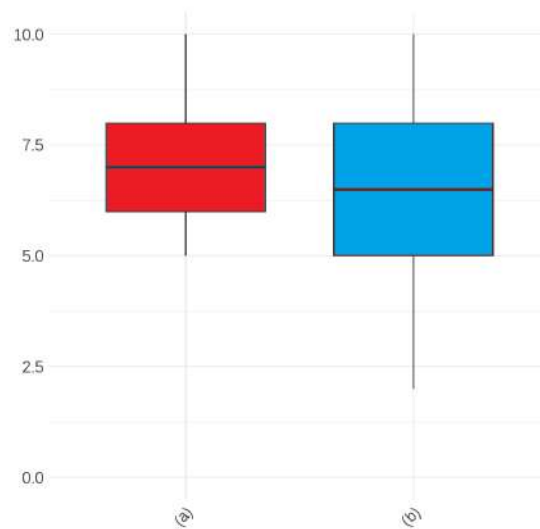
- **A RV aproxima os resultados dos planejamentos**

De maneira geral, as notas obtidas pelos participantes melhorou ao ser utilizada a aplicação imersiva em relação ao processo convencional, como pode ser observado na Figura 5.22, onde a RV, representada pela cor vermelha, tem resultados mais afunilados em relação ao convencional, representado pela cor azul.

- **O nível de habilidade espacial afeta o planejamento**

As notas refletem diretamente o nível de habilidades espaciais dos grupos, onde as mais altas correspondem ao grupo A, composto pelos elementos que obtiveram os melhores resultados no teste inicial, as medianas ao grupo B, referente aqueles que foram próximos à mediana no teste, e as mais baixas ao grupo C, composto por indivíduos que obtiveram os resultados mais baixos no teste. O Gráfico 5.23 agrupa

Figura 5.22 – Distribuição das Notas obtidas pelos participantes de acordo com o modo de execução (RV ou Convencional)



Fonte: Autor

a distribuição das notas com base nos grupos de habilidades considerando o modo, seja RV ou convencional, contextualizando tal afirmação.

- **A RV proporciona melhores capacidades para níveis inferiores de habilidade**

Os grupos B e C, de maneira geral, obtiveram melhores resultados ao utilizar a aplicação em realidade imersiva durante a execução dos seus planejamentos, principalmente o grupo C no mapa B. No Gráfico 5.23 é possível observar o aumento no desempenho dos diferentes grupos, principalmente para os indivíduos do grupo C, com as notas sendo superiores as obtidas no convencional.

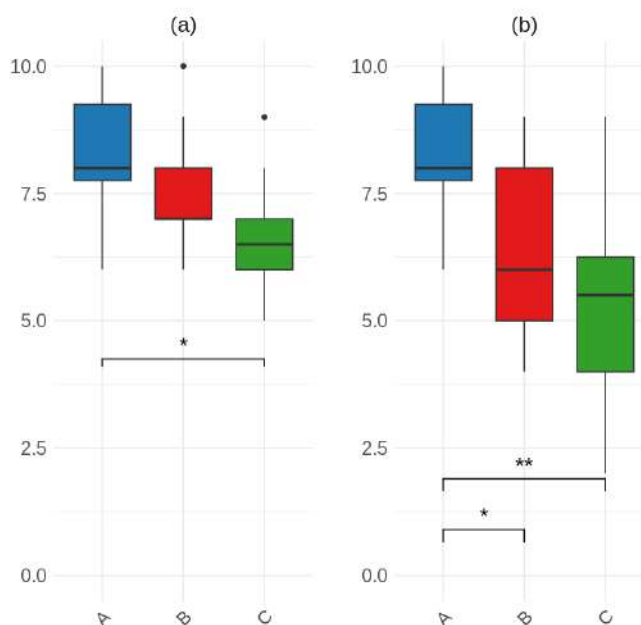
- **A RV não afeta os indivíduos com melhores habilidades espaciais**

Enquanto a RV auxilia aqueles que possuem dificuldades na realização dos planejamentos, ela acabou não afetando o desempenho dos indivíduos do grupo A, como observado no Gráfico 5.23, com as médias das notas obtidas nos dois métodos sendo praticamente semelhantes.

- **Eficiência e facilidade de uso da aplicação**

Os participantes destacaram a aplicação como altamente útil e de fácil utilização. A aplicação proporcionou uma visualização aprimorada da operação no terreno, influenciando positivamente as decisões no planejamento. A percepção geral é de que

Figura 5.23 – Distribuição das Notas por Grupo de Habilidades e Modo de Execução, sendo (a) RV e (b) Convencional



Fonte: Autor

a ferramenta otimiza o tempo despendido na atividade, economizando capacidade mental em comparação com métodos tradicionais.

- **Feedback positivo dos usuários com a aplicação em Realidade Virtual**

A avaliação do SSQ indicou ausência de evolução significativa nos sintomas antes e após a execução da atividade com a aplicação imersiva, com apenas sintomas específicos, como visão embaçada, vista cansada e tontura com os olhos fechados, apresentando alguma evolução após a atividade. Já os resultados do NASA-TLX demonstraram uma experiência positiva, com 71% dos participantes considerando a atividade mental, de concentração e de atenção como fácil. Além disso, a maioria percebeu a exigência física como leve (97,4%), a exigência temporal como tranquila (76,3%), e relatou alto nível de realização (83,8%) com baixo esforço (76,3%). A grande maioria (89,5%) experimentou sentimentos de segurança e contentamento durante a execução das tarefas propostas. Esses resultados refletem uma experiência global positiva dos usuários em relação à interação com a aplicação de realidade virtual.

- **Necessidade de validar os resultados das avaliações realizadas**

Os planejamentos realizados pelos participantes do experimento II foram avaliados por apenas um instrutor, o que dificulta a validação dos resultados obtidos. Com isso, futuras investigações devem levar em consideração este aspecto e procurar um número maior de especialistas no intuito de corroborar as descobertas do presente estudo.

6 DIRETRIZES DE PROJETO

Esta dissertação teve por finalidade explorar o uso da realidade virtual no planejamento militar, além de buscar formas de dirimir as deficiências decorrentes dos diferentes níveis de habilidades espaciais neste processo. Além disso, procurou-se propor uma nova maneira de realizar a interação com escalas diferentes, sem, no entanto, tratá-la como uma variável fixa, deixando-a livre para o uso e exploração dos usuário de acordo com sua preferência.

Neste contexto, algumas observações importantes, que podem ser utilizadas em outros estudos semelhantes, foram reunidas neste capítulo, tais quais pontos sobre a concepção da aplicação, experimentos realizados, lições aprendidas e outras considerações julgadas pertinentes. Assim, decidiu-se por organizar o presente capítulo da seguinte maneira:

- **Concepção de aplicação em Realidade Virtual**

Pretende-se nesta seção abordar os principais aspectos utilizados durante a concepção da aplicação, trazendo *insights* importantes sobre sua elaboração, podendo subsidiar trabalhos futuros no mesmo contexto.

- **Ambientação**

A forma como a ambientação, no caso, o primeiro contato dos participantes do experimento com a aplicação em RV, foi realizada trouxe reflexos no desempenho dos mesmos. Desta maneira, pretende-se mostrar como foi organizada e estruturada esta etapa, como forma de apoiar estudos que necessitem do uso desta.

- **Layout do Experimento**

O método e a organização utilizada para a execução do Experimento II foi capaz de proporcionar a economicidade e eficiência, diminuindo os tempos totais despendidos nesta atividade. Explorar como foi concebido este layout traz ensinamentos preciosos para a execução de práticas semelhantes que demandem uma quantidade grande de participantes.

- **Principais Lições Aprendidas**

Nesta seção pretende-se reunir as principais lições aprendidas ao longo da elaboração deste estudo, desde a concepção inicial da ferramenta, passando pelos experimentos realizados e finalizando com a análise dos resultados. Assim, de maneira

resumida e sucinta, buscar-se-á elucidar os desafios e ensinamentos colhidos durante o trabalho.

- **Observações Gerais**

O objetivo desta seção final é trazer observações pertinentes de comportamentos dos participantes durante os experimentos, com foco na execução das tarefas que envolviam o uso da RV mas que não foram alvo de análise estatística. Desta maneira, essas constatações podem ser pertinentes para futuras investigações.

6.1 Concepção da aplicação em Realidade Virtual

Um dos principais desafios no tocante ao desenvolvimento de uma aplicação em RV passa pela ideia inicial, basicamente, o que pretende-se trazer para essa nova visualização que pode impactar ou modificar a forma usual? Neste contexto, uma representação de dados costumamente manipulados em 2D para o 3D já traz implicações consideráveis.

Para o presente estudo, desenvolveu-se uma ferramenta de planejamento, utilizando dados reais como topologia, relevo, imagens de satélite, e, principalmente, a possibilidade de representar o raio de alcance de maneira visível. Aliado a isso, buscou-se reproduzir a maneira tradicional de fazê-lo na RV.

O uso de interações próximas das usualmente empregadas pelos participantes, no ambiente imersivo, implicou em uma rápida adaptação, propiciando aos mesmos facilidade na exploração das novas capacidades implementadas, como vê-se na Figura 6.1. A reprodução do raio de visão em 3D auxiliou os mesmos durante o processo de tomada de decisão, trazendo reflexos na forma convencional de fazê-lo.

O tratamento anterior dos dados geográficos, necessários para o terreno digital, também foi crucial para a correta aplicação da ferramenta. O QGIS traz funcionalidades que facilitam a manipulação destes arquivos, bem como possibilita o seu redimensionamento, sempre mantendo a acúrcia dos mesmos, mantendo o georreferenciamento.

A Unity, *engine* escolhida para o desenvolvimento da aplicação imersiva, proporciona o uso de diversos plugins que auxiliaram a construção. A integração com a empresa Meta, desenvolvedora do Oculus Quest 2, bem como a facilidade para elaboração de novas implementações, por meio do uso da linguagem C#, são pontos positivos a serem observados neste aspecto.

Por fim, a escolha do HMD a ser empregado foi primordial para o sucesso da

Figura 6.1 – Participante do Experimento II utilizando a aplicação imersiva para realizar a tarefa de planejamento



Fonte: Autor

aplicação. O Quest 2 destaca-se pela tecnologia e funcionalidades disponibilizadas frente aos demais concorrentes no mercado, possibilitando o rastreamento das mãos, movimento de cabeça, uso sem necessidade de cabos (*air link*), entre outros.

6.2 Ambientação

A ambientação, descrita no Apêndice E, foi fundamental para a dinâmica da atividade desenvolvida, possibilitando aos usuários a exploração do uso dos controles e das capacidades da ferramenta antes da execução das tarefas. Esta etapa foi desenvolvida em três fases: primeiramente, foi mostrado um vídeo que continha a explicação narrada dos controles, capacidades e funcionalidades da aplicação (<https://youtu.be/mbo5COQtQWM>); em seguida, o usuário realizava uma adaptação assistida, onde um monitor auxiliava o mesmo utilizando um tablet e indicando como realizar a navegação; por fim, o participante poderia utilizar livremente a aplicação e explorar seu uso, sem no entanto possuir uma tarefa específica.

A fase com assessoramento, conforme Figura 6.2, foi crucial para que o usuário se sentisse confortável e confiante durante a atividade principal. Com o conhecimento e experiência adquiridos nesta etapa, não houve necessidade de interromper a tarefa para sanar eventuais dúvidas.

Outro ponto importante desta etapa foi a opção de utilizar um terreno diferente

Figura 6.2 – Realização da ambientação à aplicação realizada pelo usuário de forma assistida



Fonte: Autor

do que seria empregado nas tarefas, como forma de não influenciar os mesmos durante a execução do experimento propriamente dito. Assim, não houve necessidade de estipular um tempo máximo para o uso pelos participantes, podendo deixá-los livres para, de fato, aprenderem a empregar os controles e funcionalidades da aplicação.

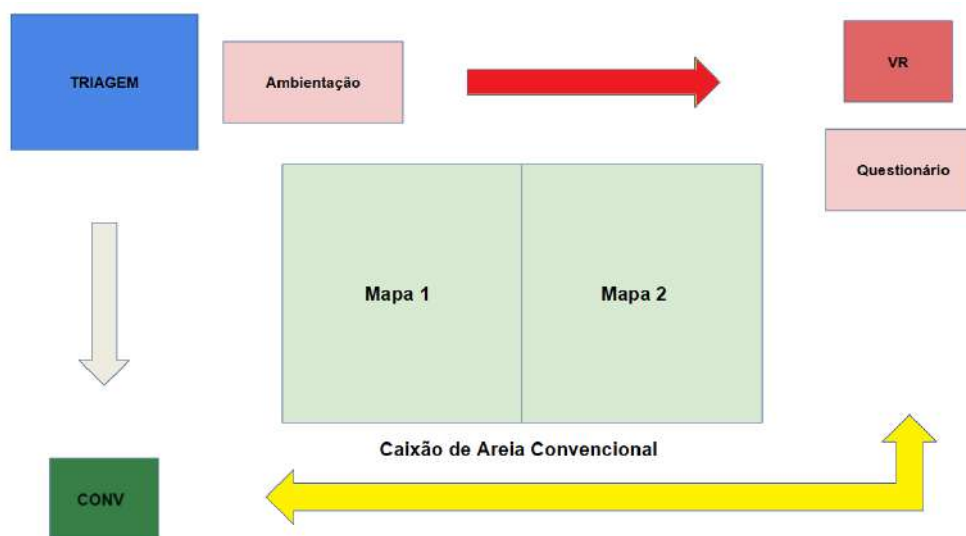
6.3 Layout do Experimento

Devido ao método utilizado para o Experimento II ser o *Within-Subjects*, com a variação dos processos juntamente do mapa empregado nos planejamentos executados, foram necessários ao menos 36 (trinta e seis) participantes para satisfazer essas condições. A organização do mesmo foi composta pelas seguintes etapas, como ilustrado na Figura 6.3:

- **Triagem:** primeiramente os indivíduos deveriam receber suas identificações, baseadas no quadro de distribuição (referência ao quadro), e, em seguida, eram direcionados para a realização da etapa correspondente, seja ela VR ou Convencional.
- **Convencional:** o participante recebe o mapa correspondente ao da sua id de acordo com o quadro de distribuição, a tarefa é apresentada, e ele realiza o planejamento utilizando os métodos convencionais (carta topográfica, imagem de satélite, caixão de areia).

- Ambientação: um video contendo as principais funcionalidades era mostrado, sendo que, em seguida, o participante interagia com a aplicação em modo *standalone*, guiada pelo monitor por meio de um tablet, para que ele pudesse se adaptar a ferramenta e aprender a utilizá-la (Apêndice E).
- Questionário: antes e após a realização do planejamento em RV o participante deveria preencher o questionário de perfil do participante (Apêndice B), o SSQ e o NASA-TLX.
- VR: o participante inicia a cena com o mapa correspondente ao da sua identificação (id) de acordo com o quadro de distribuição, a tarefa é apresentada, e ele realiza o planejamento utilizando a ferramenta em VR.

Figura 6.3 – Layout utilizado para realização do experimento



Fonte: Autor

O tempo médio despendido por cada participante para a realização de todas as atividades componentes do experimento acima discriminadas foi da ordem de 30 (trinta) a 40 (quarenta) minutos. Desta maneira, caso cada usuário executasse o experimento de maneira individual o tempo total necessário seria de, ao menos, 24 (vinte e quatro) horas.

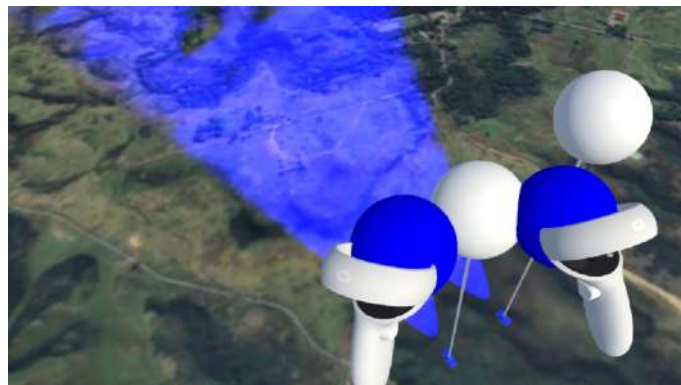
Com o uso do layout proposto, foi possível realizar as atividades de forma simultânea, sem, no entanto, prejudicar o desempenho dos indivíduos. Assim, o tempo empregado para a realização dos experimento por todos os participantes reduziu-se a 12 (doze) horas.

6.4 Principais Lições Aprendidas

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, uma série de lições foram aprendidas e podem servir de suporte para outros pesquisadores, desde a elaboração da aplicação, passando pelos experimentos e, por fim, na análise dos resultados. Como forma de facilitar a sua organização, esta seção está listada em tópicos título contendo apenas com as principais lições aprendidas.

A experiência na atividade facilita o desenvolvimento. O conhecimento prévio no estudo e planejamento de operações, bem como a experiência na área de navegação e orientação, facilitaram sobremaneira o desenvolvimento da aplicação. Saber como o usuário final está acostumado a realizar as tarefas, as ferramentas usualmente empregadas e a forma de fazê-lo, trouxe um ganho considerável de tempo e, conseqüentemente, reduziu a adaptação necessária para seu uso. Ou seja, sempre que possível buscar desenvolver algo cujo conhecimento prévio seja válido ou com apoio do usuário final, pois isso faz toda a diferença no sucesso do projeto.

Figura 6.4 – As esferas foram atribuídas aos objetos que tiveram sua escala reduzida como forma de facilitar a sua manipulação



Fonte: Autor

Optar pela simplicidade é sempre a melhor opção. Por diversas vezes, durante o desenvolvimento da aplicação, houve obstáculos que dificultaram a implementação de algumas abordagens. Entre os maiores desafios encontrados destaca-se a alteração nas escalas (tanto dos objetos quanto do usuário). A intenção inicial residia na aplicação de um script sobre o objeto, reunindo todos os atributos em um único código. Ou seja, esse script era responsável por reduzir o objeto, criar uma esfera, uni-la ao mesmo, redefinir a sua hierarquia inicial e incluir os componentes necessários para realizar a sua manipulação em RV. Entretanto, essa complexidade ocasionava diversos erros. Quando optou-se por

distribuir as funções em diversos códigos, descentralizando-os, o problema foi resolvido, como vê-se na Figura 6.4.

Testar a aplicação com o público-alvo traz bons resultados. Os feedbacks, oriundos dos participantes do Experimento I, foram cruciais para a continuação e aprimoramento da aplicação em RV. Desde a identificação de problemas na parte de interação, até a observação de um possível erro com relação à visualização e interpretação dos dados durante o processo de escolha de posição. Ou seja, o teste do protótipo contribuiu positivamente no estudo, sendo uma etapa importante que não pode ser ignorada.

Focar na organização do experimento é muito válido. A concepção do experimento, desde os ajustes necessários para realizar as capturas que serão fruto de análise, até a determinação do método empregado, sequência das ações, fases, local, entre outros aspectos, pode levar bastante tempo. Entretanto, o tempo despendido na organização inicial ajuda a dirimir possíveis problemas que possam advir durante a execução. Isso foi observado através da definição do layout utilizado para o Experimento II, que reduziu significativamente o tempo necessário para a realização do mesmo.

Reunir os dados em um único arquivo leva tempo, porém facilita a interpretação. As capturas foram divididas em arquivos CSV separados pelo objeto de análise, como por exemplo as interações dos usuários com os objetos, o movimento dos mesmos pela cena, modificação das texturas, e uso do zoom ou multiscale fixo. Além destas, cada participante preencheu um teste inicial (*Cross-Section Test* e *Topographic Maps Assessment*, conforme Apêndice) e um questionário (Apêndice B). Com isso, seriam muitas informações para serem analisadas, e trabalha-las de maneira individual demandaria um tempo considerável. Desta maneira, buscou-se reunir estas informações em um único arquivo CSV, o que facilitou a análise dos dados bem como suas correlações.

6.5 Observações Gerais

Durante a execução do Experimento II optou-se por não utilizar as capacidades de zooming e multiscale fixo como variáveis, deixando-as de livre uso pelos participantes. Assim, o objeto de análise foi a preferência dos usuário por uma ou outra modalidade para a execução das tarefas.

Observou-se, de maneira geral, uma preferência pelo uso do zooming durante a execução das atividades, principalmente para manipular os objetos e visualizar a interação dos dados sob diferentes perspectivas. Apesar de parecer algo mais desconfortável, haja

vista essa funcionalidade implicar na alteração da escala do participante na cena virtual, não houve aumento de nenhum sintoma relacionado à *cybersickness* que tenha refletido no SSQ.

Figura 6.5 – Confeccção da caixa de areia de forma manual pela participante do experimento



Fonte: Autor

Além disso, como forma de medir o tempo de execução das tarefas pelos participantes no método convencional, houvesse por bem a elaboração do caixão de areia correspondente às áreas de interesse, de forma manual, como vê-se na Figura 6.5. Em média, os participantes levaram 1h (uma hora) para confeccionar o terreno manualmente.

Ou seja, considerando-se o tempo despendido pelos participantes do Experimento II no planejamento por meio da aplicação em RV estimasse uma economia que gira em torno de 50 min (cinquenta minutos).

7 CONCLUSÕES

A presente pesquisa teve como foco explorar a influência da Realidade Virtual (RV) no processo de planejamento, abordando as diferenças individuais no tocante às habilidades espaciais dos indivíduos durante este processo. Buscou-se demonstrar como a habilidade espacial está relacionada à capacidade de interpretação de mapas, interferindo diretamente no resultado dos planejamentos realizados.

Além disso, explorou-se uma forma de utilizar a tecnologia, por meio da aplicação desenvolvida em realidade imersiva, para solucionar os problemas encontrados no processo convencional. O capítulo anterior traz ensinamentos preciosos quanto à elaboração da ferramenta utilizada, incluindo considerações sobre os aspectos de interação, uso de escalas diferentes simultaneamente, e demais observações realizadas durante os experimentos com usuários.

7.1 Resumo das Descobertas

A pesquisa proporcionou contribuições significativas para o entendimento da influência da Realidade Virtual (RV) no processo de planejamento, especialmente considerando as diferenças individuais nas habilidades espaciais dos participantes. As principais contribuições deste trabalho, em consonância com as questões de estudo pré-estabelecidas incluem:

- **A visualização do dados de alcance em 3D propicia melhores condições de planejamento?** A constatação de que a RV teve um impacto positivo na percepção espacial e na tomada de decisões estratégicas, fornece uma base sólida para a consideração e expansão do uso dessa tecnologia em contextos similares. O reconhecimento da RV como uma ferramenta que melhora a eficiência e a qualidade das decisões é uma contribuição essencial para áreas que dependem fortemente de planejamento espacial.
- **A interação entre o alcance e o terreno é desconsiderada durante o planejamento convencional?** Devido à modificação dos planejamentos em relação ao processo convencional, observados tanto no experimento I quanto no II, pode-se afirmar que, por vezes, tal interação é de fato desconsiderada durante o mesmo.
- **A interpretação de mapas é melhorada por meio da RV?** Constada por meio

das impressões colhidas pelos participantes dos experimentos e corroborada pelos resultados das avaliações dos planejamentos realizados, observou-se que houve ganho de habilidades nos indivíduos que iniciaram seu planejamento pela RV em detrimento daqueles que o fizeram pelo modo convencional. Com isso, demonstrou-se que a RV possui a capacidade de melhorar a capacidade de interpretação de mapas dos usuários.

- **Usuários com capacidades espaciais distintas possuem desempenho semelhante na execução de tarefas em RV?** Observou-se que os usuários com diferentes níveis de habilidades espaciais obtiveram resultados distintos quando utilizaram tanto o processo convencional quanto o da realidade virtual para a elaboração dos seus planejamentos. Contudo, apesar dos resultados obtidos pelo uso da RV terem sido superiores não houve uma semelhança entre eles, apenas a redução das diferenças significativas bem como com a aproximação das notas.
- **Como apresentar a visualização / interpretação dos dados em escalas diferentes?** A possibilidade de alternar entre diferentes pontos de vista, seja por meio do método do *multiscale* ou do *zooming* beneficiaram o processo de escolha de posições dos usuários durante a realização das tarefas. Destaca-se neste quesito a implementação do *resize* que eliminou as divergências existentes entre as escalas dos objetos e do terreno que geralmente ocorrem no planejamento.

7.2 Contribuições

Durante o desenvolvimento da pesquisa, o estudo foi apresentado em diversos eventos acadêmicos, nacionais e internacionais, integrando dois grupos de pesquisa distintos. No grupo "Estudos Interdisciplinares em Sistemas de Simulação Digital para Emprego no Ensino Militar e no Preparo da Força Terrestre", vinculado à Seção de Simulação da Academia Militar das Agulhas Negras, destacam-se participações no Ciclo de Produção das Ciências Militares (CPCM) e no *International Symposium of Military Academies* (ISOMA).

No CPCM, promovido pela Seção de Pesquisa Acadêmica da AMAN para apresentação de trabalhos em desenvolvimento pelos docentes da Academia Militar, foi apresentado o trabalho "Simulação aplicada à pesquisa: produções acadêmicas com uso de simuladores virtuais". No ISOMA, realizado em Doha, Catar, em outubro de 2023, a pes-

quisa foi apresentada com o título "*How Can the Technology Influence the Military Teaching: The Implications of Using Virtual Reality in the Decision-Making Process*" (NETO et al., 2023).

Essas apresentações evidenciaram a relevância da pesquisa no âmbito militar, utilizando tecnologias emergentes, como a Realidade Virtual, para aprimorar o planejamento de operações militares, com destaque para a projeção internacional alcançada no ISOMA 2023.

No âmbito do grupo de pesquisa "Computação Gráfica, Processamento de Imagens e Interação", na linha de pesquisa "Interação Humano-Computador, Realidade Virtual e Aumentada", vinculado ao Instituto de Informática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, foi elaborado o artigo "*Immersive Data Analysis for Planning Military Operations: Design and Think-Aloud Study*" para o *Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR 2023)* (NETO et al., 2024). Durante o evento, a aplicação desenvolvida, "VR SandBox," também foi objeto de demonstrações por meio da *XR Experience*, recebendo elogios e chamando a atenção do público presente.

Assim, a pesquisa abordada nesta dissertação atinge tanto o público acadêmico da computação quanto o das ciências militares de maneira simultânea, promovendo o uso da realidade virtual como instrumento para o ensino e visualização de dados. Cabe salientar que os resultados deste estudo, principalmente os do Experimento II, foram submetidos ao *23rd IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, explorando a relação das habilidades espaciais dos indivíduos no desenvolvimento de tarefas e os impactos da realidade virtual neste processo.

Além disso, houve também uma submissão ao *Interservice/Industry Training, Simulation and Education Conference 2024 (IITSEC)*, com foco no desenvolvimento de aplicações voltadas ao ensino e aprimoramento de habilidades por meio da realidade virtual, apresentando os resultados obtidos sob o ponto de vista da ótica militar associada ao emprego da simulação.

7.3 Trabalhos Futuros

Apesar dos resultados promissores, é crucial abordar limitações, como o tamanho reduzido da amostra utilizada para os métodos empregados, impossibilitando a generalização dos resultados obtidos, além disso, o uso de apenas um especialista para avaliar os planejamentos prejudica essa generalização. Por isso, sugere-se a realização de futuras

pesquisas com grupos mais representativos para validá-los.

A continuação deste trabalho inclui a consideração de aspectos práticos, como o aumento do tempo de conclusão das tarefas em aplicações do mundo real. A concepção desta aplicação pode ser amplamente difundida no âmbito do Exército Brasileiro como uma alternativa ao caixão de areia convencional no processo de planejamento. Além disso, buscar soluções que visem a integração de novos elementos e, até mesmo, modalidades cooperativas pode trazer ainda mais recursos e capacidades ao planejamento.

Outra alternativa seria o acompanhamento da utilização desta tecnologia como instrumento de ensino, com avaliações constantes e periódicas, subsidiando os resultados encontrados e trazendo outras descobertas. Com isso, ela poderia gradualmente ser empregada em substituição ao processo convencional, possibilitando, também, sua avaliação face à situações reais.

Por fim, a exploração da influência das diferentes escalas e das abordagens inseridas para solucioná-la, propostas no presente estudo, como o multiscale fixo e o zooming, podem trazer considerações interessantes sobre o impacto destes mecanismos nos resultados. Além disso, explorar este conceito em consonância com os diferentes níveis de habilidades espaciais, como observado no Experimento II, traz considerações importantes sobre as possíveis preferências individuais com base nesta característica específica.

REFERÊNCIAS

- ADHIKARI, A. Improving spatial orientation in virtual reality with leaning-based interfaces. Simon Fraser University, 2021.
- ALBAHBAH, M.; KIVRAK, S.; ARSLAN, G. Application areas of augmented reality and virtual reality in construction project management: A scoping review. **J. Constr. Eng. Manag. Innov.**, v. 4, p. 151–172, 2021.
- ALIZADEHSALEHI, S.; HADAVI, A.; HUANG, J. C. Virtual reality for design and construction education environment. **AEI 2019: Integrated Building Solutions—The National Agenda**, American Society of Civil Engineers Reston, VA, p. 193–203, 2019.
- ATIT, K. et al. Learning to interpret topographic maps: Understanding layered spatial information. **Cognitive Research: Principles and Implications**, Springer, v. 1, p. 1–18, 2016.
- AZARBY, S.; RICE, A. Scale estimation for design decisions in virtual environments: Understanding the impact of user characteristics on spatial perception in immersive virtual reality systems. **Buildings**, MDPI, v. 12, n. 9, p. 1461, 2022.
- BAUMANN, S.; ARTHURS, L. A. Augmented reality technology used for developing topographic map-reading skills in an earth science course and its potential implications in broader learning venues. **Journal of Science Education and Technology**, Springer, v. 32, n. 2, p. 284–293, 2023.
- BOUCHARD, S. et al. Arguing in favor of revising the simulator sickness questionnaire factor structure when assessing side effects induced by immersions in virtual reality. **Frontiers in psychiatry**, Frontiers Media SA, v. 12, p. 739742, 2021.
- BRASIL, M. **CI 6-135: Manual de Campanha Ajustagem do Tiro de Artilharia pelo Combatente de Qualquer Arma**. 4. ed. Brasília, 1984.
- BRASIL, M. **C 6-130: Manual de Campanha Técnica de Observação do Tiro de Artilharia de Campanha**. 1. ed. Brasília, 1990.
- BRASIL, M. **CI 17-1/1: Caderno de Instrução Pelotão de Exploradores**. 1. ed. Brasília, 2002.
- BRASIL, M. **EB60-ME-13.301: Manual de Ensino Trabalho de Comando**. 2ª Edição. Brasília: EGGCF, 2019.
- BRASIL, M. **PROCESSO DE PLANEJAMENTO E CONDUÇÃO DAS OPERAÇÕES TERRESTRES (PPCOT)**. 2ª. ed. Brasília: EGGCF, 2020.
- BRASIL, M. **EB70-CI-11.450: Caderno de Instrução Patrulhas**. 1ª Edição. Brasília: EGGCF, 2021.
- CHECA, D.; BUSTILLO, A. A review of immersive virtual reality serious games to enhance learning and training. **Multimedia Tools and Applications**, Springer, v. 79, p. 5501–5527, 2020.

CHOU, C.; HSU, H.-L.; YAO, Y.-S. Construction of a virtual reality learning environment for teaching structural analysis. **Computer Applications in Engineering Education**, Wiley Online Library, v. 5, n. 4, p. 223–230, 1997.

COGNÉ, M. et al. The contribution of virtual reality to the diagnosis of spatial navigation disorders and to the study of the role of navigational aids: A systematic literature review. **Annals of physical and rehabilitation medicine**, Elsevier, v. 60, n. 3, p. 164–176, 2017.

COHEN, C. A.; HEGARTY, M. Inferring cross sections of 3d objects: A new spatial thinking test. **Learning and Individual Differences**, Elsevier, v. 22, n. 6, p. 868–874, 2012.

DARKEN, R. P.; PETERSON, B. **Spatial orientation, wayfinding, and representation**. 2014.

DIXON, M. W. et al. Eye height scaling of absolute size in immersive and nonimmersive displays. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, American Psychological Association, v. 26, n. 2, p. 582, 2000.

DOMINGO, J. R.; BRADLEY, E. G. Education student perceptions of virtual reality as a learning tool. **Journal of Educational Technology Systems**, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 46, n. 3, p. 329–342, 2018.

FLORIANI, L. D.; MARZANO, P.; PUPPO, E. Line-of-sight communication on terrain models. **International journal of geographical information systems**, Taylor & Francis, v. 8, n. 4, p. 329–342, 1994.

FONNET, A.; PRIE, Y. Survey of immersive analytics. **IEEE transactions on visualization and computer graphics**, IEEE, v. 27, n. 3, p. 2101–2122, 2019.

FRIEDMAN, A. et al. A computerized spatial orientation test. **Behavior research methods**, Springer, v. 52, p. 799–812, 2020.

GONÇALVES, T. da S.; RAPOSO, A. B. Realidade virtual como ferramenta de apoio na tomada de decisão no combate em ambientes confinados. In: SBC. **Anais Estendidos do XXIV Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada**. [S.l.], 2022. p. 11–15.

GONZALEZ-FRANCO, M.; ABTAHI, P.; STEED, A. Individual differences in embodied distance estimation in virtual reality. In: IEEE. **2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)**. [S.l.], 2019. p. 941–943.

Google. **Google Earth**. accessed in 2023. <<https://earth.google.com/>>. Accessed in February 2023.

HALIK, Ł.; KENT, A. J. Measuring user preferences and behaviour in a topographic immersive virtual environment (topoive) of 2d and 3d urban topographic data. **International Journal of Digital Earth**, Taylor & Francis, v. 14, n. 12, p. 1835–1867, 2021.

HARRIS, D.; WILSON, M.; VINE, S. Development and validation of a simulation workload measure: the simulation task load index (sim-tlx). **Virtual Reality**, Springer, v. 24, n. 4, p. 557–566, 2020.

- HART, S. G.; STAVELAND, L. E. Development of nasa-tlx (task load index): Results of empirical and theoretical research. In: **Advances in psychology**. [S.l.]: Elsevier, 1988. v. 52, p. 139–183.
- HEGARTY, M. et al. Development of a self-report measure of environmental spatial ability. **Intelligence**, Elsevier, v. 30, n. 5, p. 425–447, 2002.
- INTERRANTE, V.; RIES, B.; ANDERSON, L. Distance perception in immersive virtual environments, revisited. In: IEEE. **IEEE virtual reality conference (VR 2006)**. [S.l.], 2006. p. 3–10.
- ISHIKAWA, T.; KASTENS, K. A. Why some students have trouble with maps and other spatial representations. **Journal of Geoscience Education**, Taylor & Francis, v. 53, n. 2, p. 184–197, 2005.
- JAMIY, F. E.; MARSH, R. **Survey on depth perception in head mounted displays: distance estimation in virtual reality, augmented reality, and mixed reality**. **IET Image Processing** 13, 5 (2019), 707–712. 2018.
- KAMIŃSKA, D.; ZWOLIŃSKI, G.; LASKA-LEŚNIEWICZ, A. Usability testing of virtual reality applications—the pilot study. **Sensors**, MDPI, v. 22, n. 4, p. 1342, 2022.
- KENNEDY, R. S. et al. Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. **The international journal of aviation psychology**, Taylor & Francis, v. 3, n. 3, p. 203–220, 1993.
- KIM, J.; INTERRANTE, V. Dwarf or giant: The influence of interpupillary distance and eye height on size perception in virtual environments. In: **Proceedings of the 27th International Conference on Artificial Reality and Telexistence and 22nd Eurographics Symposium on Virtual Environments**. [S.l.: s.n.], 2017. p. 153–160.
- KRAUS, M. et al. Immersive analytics with abstract 3d visualizations: A survey. In: WILEY ONLINE LIBRARY. **Computer Graphics Forum**. [S.l.], 2022. v. 41, n. 1, p. 201–229.
- LANGBEHN, E.; BRUDER, G.; STEINICKE, F. Scale matters! analysis of dominant scale estimation in the presence of conflicting cues in multi-scale collaborative virtual environments. In: IEEE. **2016 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI)**. [S.l.], 2016. p. 211–220.
- LAVIOLA, J. et al. Using augmented reality to tutor military tasks in the wild. In: **Proceedings of the Interservice/Industry Training Simulation & Education Conference, Orlando, Florida**. [S.l.: s.n.], 2015.
- LAZAR, J.; FENG, J. H.; HOCHHEISER, H. **Research methods in human-computer interaction**. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 2017.
- LIBEN, L. S.; KASTENS, K. A.; STEVENSON, L. M. Real-world knowledge through real-world maps: A developmental guide for navigating the educational terrain. **Developmental Review**, Elsevier, v. 22, n. 2, p. 267–322, 2002.
- LIU, D. et al. **Virtual, augmented, and mixed realities in education**. [S.l.]: Springer, 2017.

LOVREGLIO, R. et al. Comparing the effectiveness of fire extinguisher virtual reality and video training. **Virtual Reality**, Springer, v. 25, n. 1, p. 133–145, 2021.

LV, Z.; LI, X.; LI, W. Virtual reality geographical interactive scene semantics research for immersive geography learning. **Neurocomputing**, Elsevier, v. 254, p. 71–78, 2017.

MAO, C.-C.; SUN, C.-C.; CHEN, C.-H. Evaluate learner's acceptance of augmented reality based military decision making process training system. In: **Proceedings of the 5th International Conference on Information and Education Technology**. [S.l.: s.n.], 2017. p. 73–77.

MEDEIROS, M. L. et al. The potential of vr-based tactical resource planning on spatial data. In: IEEE. **2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)**. [S.l.], 2022. p. 176–185.

MENIN, A. A proposal of design guidelines for immersive serious games. 2016.

MOLINA-CARMONA, R. et al. Virtual reality learning activities for multimedia students to enhance spatial ability. **Sustainability**, MDPI, v. 10, n. 4, p. 1074, 2018.

MUNZNER, T. **Visualization analysis and design**. [S.l.]: CRC press, 2014.

NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL). **Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)**. accessed in 2023. <<https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>>. Accessed in January 2023.

NETO, J. et al. Immersive data analysis for planning military operations: Design and think-aloud study. In: **Proceedings of the 25th Symposium on Virtual and Augmented Reality**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2024. (SVR '23), p. 66–76. ISBN 9798400709432. Available from Internet: <<https://doi.org/10.1145/3625008.3625019>>.

NETO, J. et al. How can the technology influence military training: The implications of using virtual reality in the decision-making process. In: **Proceedings of the 8th International Symposium of Military Academies**. Doha, Qatar: Ahmed Bin Mohamed Military College, 2023. (ISOMA 2023), p. 412–422. Available from Internet: <<https://www.abmmc.edu.qa/wp/wp-content/uploads/2023/11/ENGLISH-AND-ARABIC-ISOMA-MAGZINE-08-10-2023.pdf>>.

NEWCOMBE, N.; HUTTENLOCHER, J. **Making space: The development of spatial representation and reasoning**. [S.l.]: MIT Press, 2000.

NEWCOMBE, N. S. et al. The lay of the land: Sensing and representing topography. **Baltic International Yearbook of Cognition, Logic and Communication**, New Prairie Press, v. 10, n. 1, p. 6, 2015.

NGUYEN-VO, T.; RIECKE, B. E.; STUERZLINGER, W. Simulated reference frame: A cost-effective solution to improve spatial orientation in vr. In: IEEE. **2018 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)**. [S.l.], 2018. p. 415–422.

OpenCV Contributors. **OpenCV: Open Source Computer Vision Library**. accessed in 2023. <<https://opencv.org/>>. Accessed in March 2023.

PELARGOS, P. E. et al. Utilizing virtual and augmented reality for educational and clinical enhancements in neurosurgery. **Journal of clinical neuroscience**, Elsevier, v. 35, p. 1–4, 2017.

PICK, H. **Spatial orientation: Theory, research, and application**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2012.

PIUMSOMBOON, T. et al. Mini-me: An adaptive avatar for mixed reality remote collaboration. In: **Proceedings of the 2018 CHI conference on human factors in computing systems**. [S.l.: s.n.], 2018. p. 1–13.

POTASH, L.; FARRELL, J.; JEFFREY, T. A technique for assessing map relief legibility. **The Cartographic Journal**, Taylor & Francis, v. 15, n. 1, p. 28–35, 1978.

QGIS Development Team. **QGIS Geographic Information System**. accessed in 2023. <<https://qgis.org/en/site/>>. Accessed in February 2023.

ROCA-GONZÁLEZ, C. et al. Virtual technologies to develop visual-spatial ability in engineering students. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, 2017.

RUZICKOVA, K.; RUZICKA, J.; BITTA, J. A new gis-compatible methodology for visibility analysis in digital surface models of earth sites. **Geoscience Frontiers**, Elsevier, v. 12, n. 4, p. 101109, 2021.

SATRIADI, K. A. et al. Maps around me: 3d multiview layouts in immersive spaces. **Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction**, ACM New York, NY, USA, v. 4, n. ISS, p. 1–20, 2020.

Sentinel Hub. **Sentinel Hub**. accessed in 2023. <<https://services.sentinel-hub.com/>>. Accessed in February 2023.

SEYMOUR, N. E. et al. Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study. **Annals of surgery**, Lippincott, Williams, and Wilkins, v. 236, n. 4, p. 458, 2002.

United States Geological Survey (USGS). **Earth Explorer**. accessed in 2023. <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Accessed in January 2023.

VENSON, J. et al. A case-based study with radiologists performing diagnosis tasks in virtual reality. In: IOS PRESS. **InMEDINFO 2017: Precision Healthcare through Informatics: Proceedings of the 16th World Congress on Medical and Health Informatics**. [S.l.], 2018. v. 245, p. 244.

WAGNER, J.; STUERZLINGER, W.; NEDEL, L. The effect of exploration mode and frame of reference in immersive analytics. **IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics**, IEEE, v. 28, n. 9, p. 3252–3264, 2021.

YANG, Y. et al. Embodied navigation in immersive abstract data visualization: Is overview+ detail or zooming better for 3d scatterplots? **IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics**, IEEE, v. 27, n. 2, p. 1214–1224, 2020.

YAU, N. **Data points: Visualization that means something**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2013.

YIANNAKOPOULOU, E. et al. Virtual reality simulators and training in laparoscopic surgery. **International Journal of Surgery**, Elsevier, v. 13, p. 60–64, 2015.

ZHANG, J. et al. Exploring spatial scale perception in immersive virtual reality for risk assessment in interior design. In: **Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. [S.l.: s.n.], 2020. p. 1–8.

ZHANG, X. A multiscale progressive model on virtual navigation. **International Journal of Human-Computer Studies**, Elsevier, v. 66, n. 4, p. 243–256, 2008.

ZHANG, X.; SIMEONE, A. L. Using the think aloud protocol in an immersive virtual reality evaluation of a virtual twin. In: **Proceedings of the 2022 ACM Symposium on Spatial User Interaction**. [S.l.: s.n.], 2022. p. 1–8.

ZHANG, Y. et al. Defining embodied provenance for immersive sensemaking. In: **Extended Abstracts of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. [S.l.: s.n.], 2023. p. 1–7.

APÊNDICE A — TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) para participar, como voluntário, de uma pesquisa sobre interação em realidade virtual utilizando o Óculos Quest 2, um dispositivo de realidade virtual associado a um Head Mounted Display. Leia este documento atentamente e esclareça todas as dúvidas antes de consentir na sua participação.

Objetivo: Essa pesquisa tem como objetivo avaliar a qualidade e a usabilidade de uma interface em realidade virtual para ser utilizada como ferramenta de auxílio ao planejamento de atividades militares, em substituição ao caixão de areia. Serão executadas atividades de planejamento de operações militares para escolha de posições dentro de um contexto tático, bem como tarefas que necessitem da interpretação do relevo por meio do uso de cartas topográficas em ações como definição de observação mútua entre pontos e identificação de pontos altos e baixos, com base no teste proposto por Potash (1979), Relief Assessment Test.

Descrição: O participante é convidado a usar os óculos para interagir com a interface da aplicação e realizar uma sequência de tarefas, inicialmente voltadas ao planejamento de operações militares (experimento 1) e, em seguida, para interpretação de mapas (experimento 2). A interface da aplicação é composta por um ambiente que simula um caixão de areia da área de emissão de ordens, com os principais meios disponíveis em miniaturas sob uma estante. As tarefas utilizam, como principal método de interação, os controles, os movimentos de cabeça e a movimentação do usuário pelo espaço. O usuário deverá interagir com os meios disponíveis na cena, posicionando os objetos sobre o terreno virtual, realizando as tarefas propostas nos experimentos. O objetivo é que seja possível obter melhores condições de planejamento em comparação com o método usual por meio da visualização dos dados em realidade imersiva, bem como analisar a correlação entre habilidades espaciais e interpretação de mapas. As atividades realizadas no dispositivo serão gravadas para fins de análise posterior.

Condição 1: Tarefa de planejamento convencional

Condição 2: Tarefa de planejamento em Realidade Virtual

Dados pessoais: Nenhum dado que identifique o participante será coletado. Todos os dados coletados serão tratados de forma anônima. Alguns desses dados são informações demográficas e opiniões sobre o uso do sistema, os quais serão analisados apenas agrupados e de forma estatística.

Você pode a qualquer momento pedir esclarecimentos sobre a pesquisa, os mé-

todos utilizados e os procedimentos do experimento (informações coletadas, armazenamento e uso das informações, pessoas responsáveis pela pesquisa, etc.).

Você também poderá parar de participar a qualquer momento apenas avisando o pesquisador sem precisar justificar e sem sofrer qualquer tipo de penalidade ou prejuízo.

O que você precisará fazer nos testes:

- Preencher respostas em formulários sobre o uso do sistema.
- Navegar e visualizar informações.
- Realizar tarefas utilizando os métodos de interação no sistema.
- Seguir as orientações do pesquisador quanto às etapas de ambientação e uso do sistema.
- Evitar distrações durante a realização de cada tarefa.

Riscos e benefícios:

- Se sentir desconfortável pelo tempo despendido no experimento (até 20 minutos).
- Participar e contribuir para uma pesquisa científica sobre técnicas de interação em realidade virtual que servirá para o desenvolvimento de interfaces de aplicações para planejamento militar.

Participar dessa pesquisa não gera nenhum custo. Você também não receberá nenhum benefício financeiro.

Eu aceito participar do experimento. Fui devidamente informado(a) pelo pesquisador sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido o sigilo das informações e que posso retirar meu consentimento a qualquer momento.

APÊNDICE B — QUESTIONÁRIO PERFIL DO PARTICIPANTE

Você está sendo convidado(a) para participar, como voluntário, de uma pesquisa sobre interação em realidade virtual utilizando o Óculos Quest 2, um dispositivo de realidade virtual associado a um Head Mounted Display. Leia este documento atentamente e esclareça todas as dúvidas antes de consentir na sua participação.

Objetivo: Essa pesquisa tem como objetivo avaliar a qualidade e a usabilidade de uma interface em realidade virtual para ser utilizada como ferramenta de auxílio ao planejamento de atividades militares, em substituição ao caixão de areia. Serão executadas atividades de planejamento de operações militares para escolha de posições dentro de um contexto tático, bem como tarefas que necessitem da interpretação do relevo por meio do uso de cartas topográficas em ações como definição de observação mútua entre pontos e identificação de pontos altos e baixos, com base no teste proposto por Potash (1979), Relief Assessment Test.

Descrição: O participante é convidado a usar os óculos para interagir com a interface da aplicação e realizar uma sequência de tarefas voltadas ao planejamento de operações militares em Realidade Virtual (experimento 1) e de forma convencional (experimento 2). A interface da aplicação é composta por um ambiente que simula um caixão de areia da área de emissão de ordens, com os principais meios disponíveis em miniaturas. As tarefas utilizam, como principal método de interação, os controles, os movimentos de cabeça e a movimentação do usuário pelo espaço. O usuário deverá interagir com os meios disponíveis na cena, posicionando os objetos sobre o terreno virtual, realizando as tarefas propostas nos experimentos. O objetivo é que seja possível obter melhores condições de planejamento em comparação com o método usual por meio da visualização dos dados em realidade imersiva, bem como analisar a correlação entre habilidades espaciais e interpretação de mapas. As atividades realizadas no dispositivo serão gravadas para fins de análise posterior.

Dados pessoais: Nenhum dado que identifique o participante será coletado. Todos os dados coletados serão tratados de forma anônima. Alguns desses dados são informações demográficas e opiniões sobre o uso do sistema, os quais serão analisados apenas agrupados e de forma estatística.

Você pode a qualquer momento pedir esclarecimentos sobre a pesquisa, os métodos utilizados e os procedimentos do experimento (informações coletadas, armazenamento e uso das informações, pessoas responsáveis pela pesquisa, etc.).

Você também poderá parar de participar a qualquer momento apenas avisando o pesquisador sem precisar justificar e sem sofrer qualquer tipo de penalidade ou prejuízo.

O que você precisará fazer nos testes:

- Preencher respostas em formulários sobre o uso do sistema.
- Navegar e visualizar informações.
- Realizar tarefas utilizando os métodos de interação no sistema.
- Seguir as orientações do pesquisador quanto às etapas de ambientação e uso do sistema.
- Evitar distrações durante a realização de cada tarefa.

Riscos e benefícios: Se sentir desconfortável pelo tempo despendido no experimento (até 30 minutos).

Participar e contribuir para uma pesquisa científica sobre técnicas de interação em realidade virtual que servirá para o desenvolvimento de interfaces de aplicações para planejamento militar.

Participar dessa pesquisa não gera nenhum custo. Você também não receberá nenhum benefício financeiro.

B.1 Identificação do Participante

ID do participante (preenchido pelo pesquisador com garantia de anonimato)

Idade: _____

Posto / Graduação: _____

Arma / Quadro / Serviço: _____

Você possui alguma deficiência visual?: _____

Se sim, qual? _____

B.2 Conhecimento prévio sobre Planejamento

Antes de iniciar a aplicação é importante salientar que ela é uma ferramenta similar ao caixão de areia, meio auxiliar de instrução utilizado para demonstração de planejamentos de operações militares. Para que o uso da ferramenta seja realizado de maneira

adequada é importante ter conhecimento prévio sobre os assuntos de patrulha e emissão de ordens.

Você já realizou planejamentos utilizando o caixão de areia?

Nunca Menos de 5 vezes Mais de 5 vezes

Você já realizou a confecção de um caixão de areia?

Nunca Menos de 5 vezes Mais de 5 vezes

Qual seu nível de conhecimento sobre o manual de Patrulhas e Emissão de Ordens? Onde 1 é muito ruim e 5 é excelente.

1 2 3 4 5

B.3 Realidade Aumentada e Realidade Virtual

Realidade aumentada é um paradigma e estilo de interação com interfaces onde o usuário vê elementos virtuais sobrepostos no mundo real, com o objetivo de complementar com informações que sejam úteis para a realização de uma determinada atividade. Enquanto que realidade virtual o usuário fica imerso em um ambiente digital e imersivo.

Você já experimentou algum dispositivo realidade aumentada utilizando qualquer headset antes de participar deste experimento?

Nunca Menos de 5 vezes Mais de 5 vezes Faz parte do meu dia-a-dia

Você já experimentou realidade virtual utilizando qualquer headset antes de participar deste experimento?

Nunca Menos de 5 vezes Mais de 5 vezes Faz parte do meu dia-a-dia

Com que frequência você joga jogos 3D?

Nunca joguei Menos de uma vez por ano Cerca de uma vez por mês Pelo menos uma vez por semana Quase todos os dias

B.4 Simulator Sickness Questionnaire - Antes da Atividade

Selecione o quanto você está sentindo os sintomas abaixo neste momento (antes da atividade)

Sintomas	Não estou sentindo	Um pouco	Moderado	Severo
Mal-estar generalizado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cansaço	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dor de cabeça	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vista cansada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dificuldade de manter o foco	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aumento de salivação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sudorese	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Náusea	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dificuldade de concentração	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vista embaçada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tontura com os olhos fechados e abertos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vertigem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

B.5 Simulator Sickness Questionnaire - Após da Atividade

Selecione o quanto você está sentindo os sintomas abaixo neste momento (após a atividade)

Sintomas	Não estou sentindo	Um pouco	Moderado	Severo
Mal-estar generalizado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cansaço	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dor de cabeça	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vista cansada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dificuldade de manter o foco	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aumento de salivação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sudorese	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Náusea	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dificuldade de concentração	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vista embaçada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tontura com os olhos fechados e abertos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vertigem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

B.6 NASA Task Load Index

Sobre sua experiência com o dispositivo, descreva o seu nível de:

Exigência Mental: Quanto de atividade mental, de concentração e de atenção foram para a execução da tarefa (ex: pensando, decidindo, calculando, lembrando, pesquisando)? A tarefa foi fácil, simples; você alcançou sem dificuldade o objetivo exato? (Indique LIMITE BAIXO na escala). Ou foi difícil, complexa, exigiu muito esforço mental para tentar alcançar o objetivo? (Indique LIMITE ALTO na escala).

1 2 3 4 5

Exigência Física: Quanto de atividade física a tarefa exigiu (ex.: empurrando, puxando, virando, controlando, mexendo)? A tarefa foi leve, lenta, facilmente realizada e tranquila? (Indique LIMITE BAIXO na escala). Ou foi pesada, rápida, vigorosa e agitada? (Indique LIMITE ALTO na escala).

1 2 3 4 5

Exigência Temporal: Quanto de pressão relativa ao tempo de execução você sofreu com relação ao tamanho da tarefa pelo tempo que tinha para executá-la? Quanta pressão você sentiu com relação ao ritmo cobrado para a execução dessa tarefa? (Por exemplo, qual a proporção entre a duração do trabalho e o tamanho ou complexidade da tarefa) O ritmo de trabalho é lento e tranquilo? (Indique LIMITE BAIXO na escala); Ou é frenético? (Indique LIMITE ALTO na escala)

1 2 3 4 5

Nível de Realização: Com quanto sucesso você acha que realizou as metas da tarefa? (ex.: satisfação, reconhecimento) Você fica muito satisfeito quando você alcança as metas? (Indique LIMITE ALTO na escala). Ou você fica pouco satisfeito com o seu trabalho? (Indique LIMITE BAIXO na escala)

1 2 3 4 5

Nível de Esforço: Que quantidade de esforço total (mental+físico) você precisou aplicar para realizar tarefa? (ex.: concentração, força muscular, raciocínio, destreza). Para que a tarefa seja desempenhada com sucesso foi necessária concentração superficial, força muscular leve, raciocínio simples, pouca destreza? (Indique LIMITE BAIXO na escala). Ou foi necessária concentração profunda, força muscular intensa, raciocínio complexo e muita destreza? (Indique LIMITE ALTO).

1 2 3 4 5

Nível de Frustração: Quanto sofrimento você acha que teve que suportar para atingir os objetivos da tarefa? (ex.: insegurança, desencorajamento, irritação, desconforto e estresse). Você se sente seguro, contente e tranquilo quando realiza a tarefa? (Indica LIMITE BAIXO na escala); Ou pelo contrário, sente-se inseguro, desencorajado, irritado, incomodado e estressado? (Indica LIMITE ALTO na escala)

1 2 3 4 5

B.7 Impressões sobre a atividade

As próximas perguntas são atinentes a sua opinião a respeito do uso da ferramenta de realidade imersiva no planejamento de operações militares.

A visualização do dado de alcance na realidade imersiva influenciou a sua decisão para escolha de posição? Avalie dentro da escala abaixo, onde 1 é muito pouco e 5 é muito útil.

1 2 3 4 5

Como você avalia o uso da realidade virtual para o planejamento de operações militares em comparação ao método convencional? Avalie dentro da escala abaixo, onde 1 é muito pouco e 5 é muito útil.

1 2 3 4 5

Dê o seu feedback a respeito da ferramenta, com possibilidades de melhoria e observações.

APÊNDICE C — CROSS-SECTION TEST E TOPOGRAPHIC MAPS ASSESSMENT TRADUZIDOS

Você está sendo convidado(a) para participar, como voluntário, de um teste que possibilita avaliar habilidades espaciais e de interpretação de mapas. Leia este documento atentamente e esclareça todas as dúvidas antes de consentir na sua participação.

Objetivo: Este formulário faz parte da seleção inicial do público-alvo da avaliação de habilidades de leitura de cartas topográficas e planejamento em realidade virtual, que será realizada futuramente, compondo o estudo da dissertação de mestrado do Cap Cav Jerson Geraldo Neto.

Descrição: O presente teste tem por finalidade verificar os níveis de percepção espacial dos participantes com base no desempenho na resolução do questionário Cross Section Test, desenvolvido por Cohen, C. A., & Hegarty, M. (2012). Apenas uma resposta é admitida por questão. Em seguida será aplicado o Topographic Map Assessment, produzido por Matt Jacobina, Carol Ormand, Thomas F. Shipley, & Steven Weisberg (2015). O objetivo deste teste é verificar as habilidades de leitura e interpretação de mapas em diferentes tarefas a partir da análise de cartas topográficas.

Dados pessoais: Para fins de facilitar a identificação dos participantes, faz-se necessário o preenchimento de informações como nome de guerra, posto / graduação, bem como a especialização. Todos os dados coletados serão tratados de forma individual, inicialmente, sendo, entretanto, analisados e agrupados e de forma estatística. Os resultados não serão divulgados.

Você pode a qualquer momento pedir esclarecimentos sobre a pesquisa, os métodos utilizados e os procedimentos do experimento (informações coletadas, armazenamento e uso das informações, pessoas responsáveis pela pesquisa, etc.).

Você também poderá parar de participar a qualquer momento, sem precisar justificar e sem sofrer qualquer tipo de penalidade ou prejuízo.

Participar dessa pesquisa não gera nenhum custo. Você também não receberá nenhum benefício financeiro.

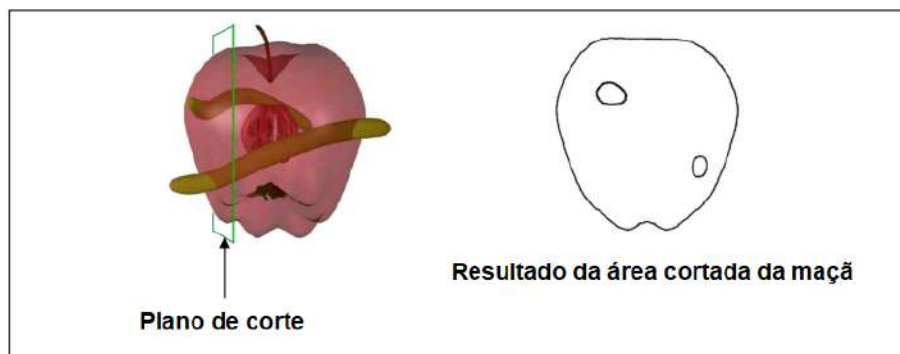
C.1 Cross Section Test

Este é um teste sobre seções transversais. Uma seção transversal é a forma bidimensional resultante quando um plano de corte intersecta um objeto.

Você já viu muitos exemplos de seções transversais na vida cotidiana. Por exemplo, quando você fatia uma maçã de cima para baixo, a superfície de corte resultante é uma seção transversal da maçã.

A imagem abaixo mostra uma maçã com alguns vermes dentro. Observe que a seção transversal à direita mostra tanto a maçã quanto as formas e localizações dos vermes fatiados dentro da maçã.

Figura C.1



Neste teste de múltipla escolha, você será solicitado a identificar as seções transversais de três tipos de figuras:

Figura C.2



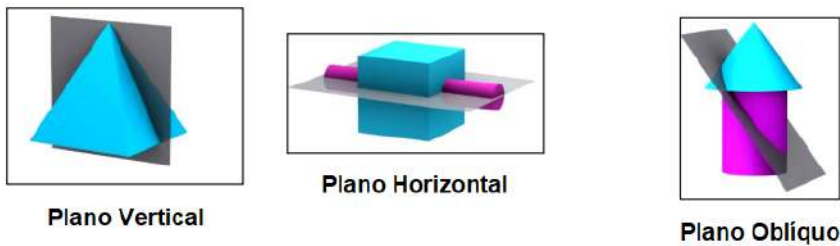
Alguns pontos importantes:

- Todas as figuras são objetos sólidos (não ocos).
- Os objetos têm cerca de 6-8 polegadas de altura. Imagine que eles estão na mesa à sua frente.
- As figuras anexadas estão "coladas" em suas bordas.

• Objetos aninhados consistem em um objeto dentro de outro. No objeto aninhado acima, o cilindro se estende por todo o cubo. Se você fatiar essa figura, verá o cilindro dentro do cubo.

Os planos de corte, mostrados em cinza, podem ter diferentes orientações:

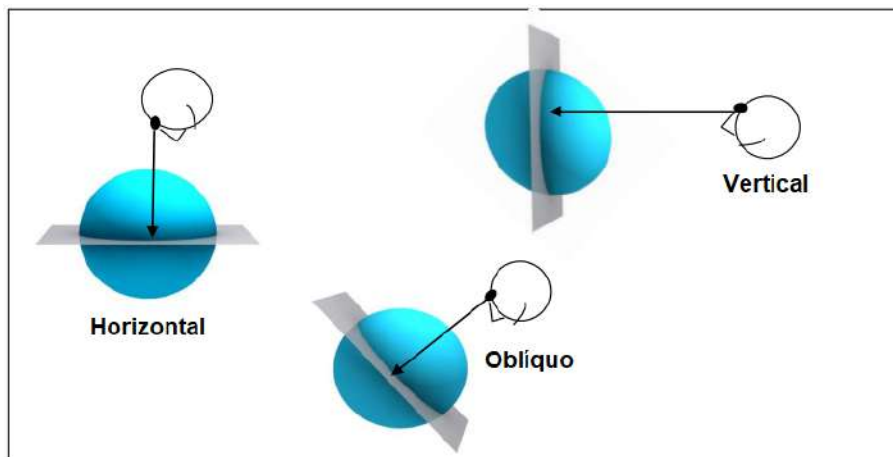
Figura C.3



Você verá três tipos de planos de corte: horizontal, vertical e oblíquo.

Para cada tipo de plano de corte, tente imaginar a seção transversal que resultaria se você estivesse de frente para o plano de corte, como se estivesse olhando seu reflexo em um espelho.

Figura C.4

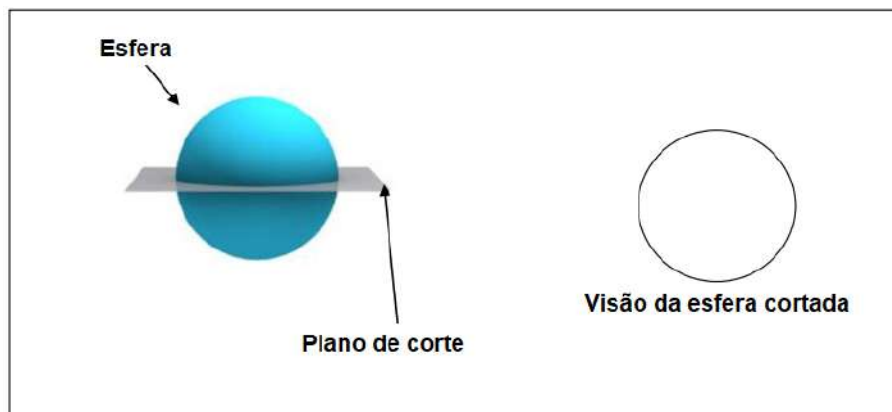


Você também deve assumir que os objetos têm 6-8 polegadas de altura e que estão sobre a mesa à sua frente.

No exemplo abaixo, o plano de corte produziria a seção transversal à direita.

Instruções: Circule a seção transversal que você veria quando o plano de corte cinza fatiar o objeto. Imagine que você está de frente para o plano de corte, como se estivesse olhando em um espelho. Faça sua escolha com base nas formas das respostas possíveis, não em seus tamanhos.

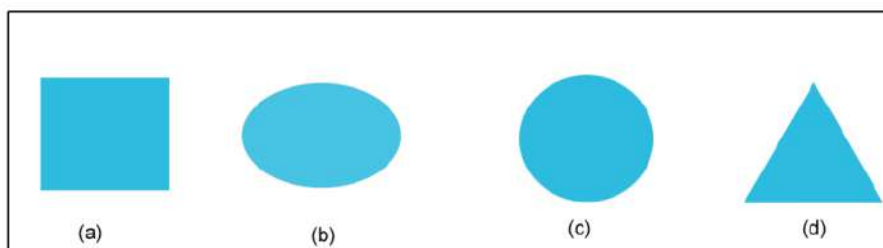
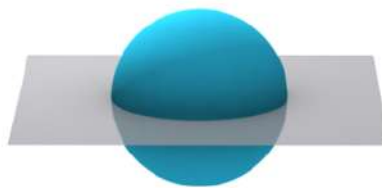
Figura C.5



Este é um teste sem limite de tempo. Trabalhe no seu próprio ritmo.

A figura abaixo representa um exemplo das questões que compõem o presente teste.

Figura C.6



Início do Teste

A seguir serão apresentados 30 problemas com imagens de figuras geométricas seccionadas conforme visto na seção anterior. Escolha a alternativa correspondente a imagem que você julga ser correta.

Selecione a alternativa que corresponde a imagem da visão da área seccionada:

Figura C.7

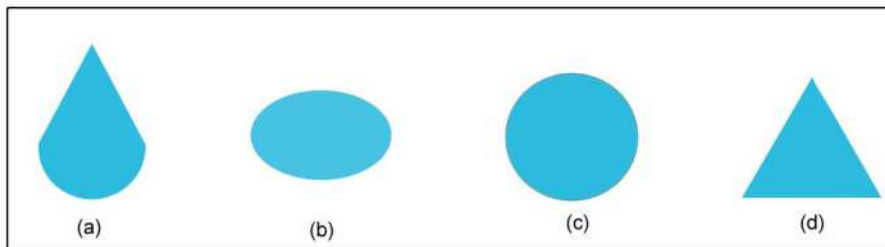
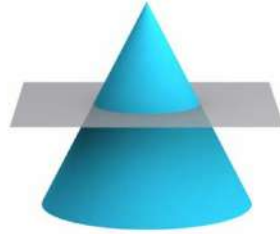


Figura C.8

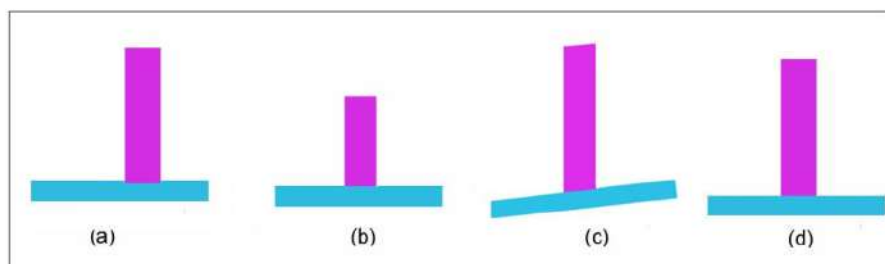
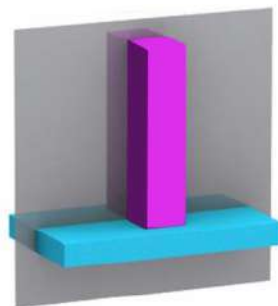


Figura C.9

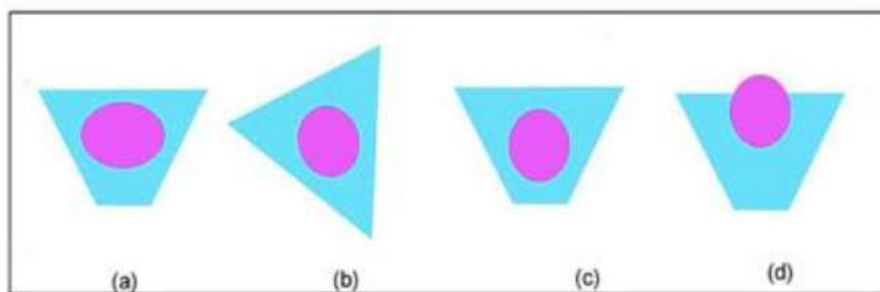
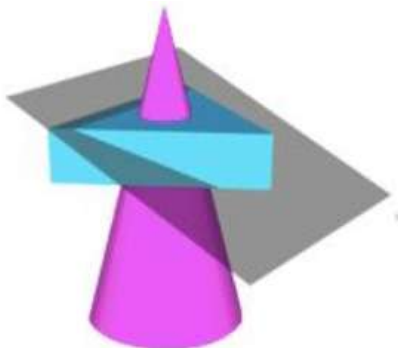


Figura C.10

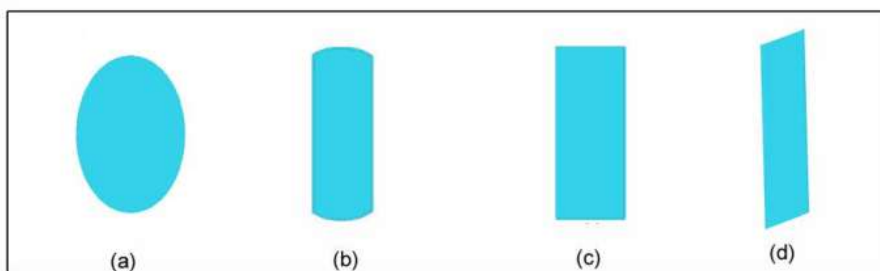


Figura C.11

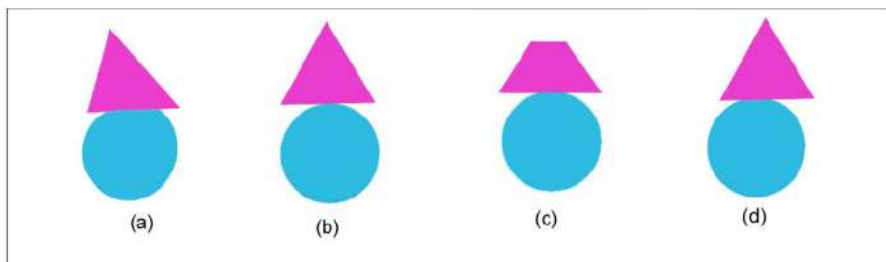


Figura C.12

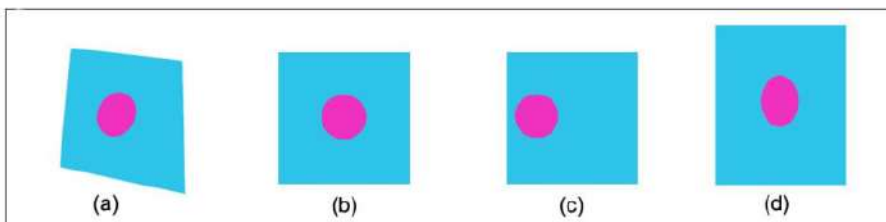
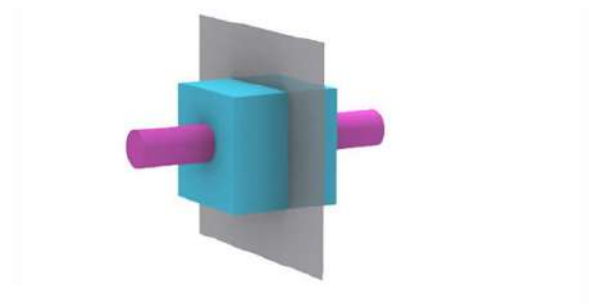


Figura C.13

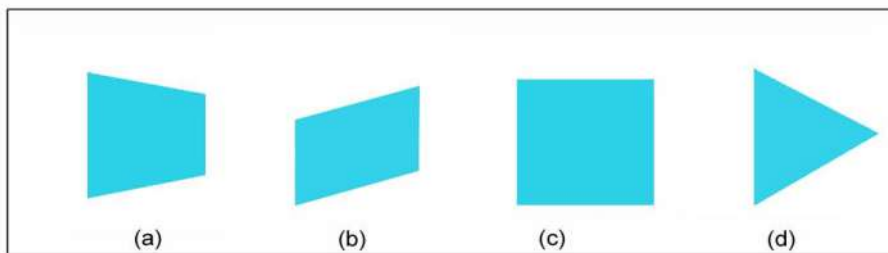
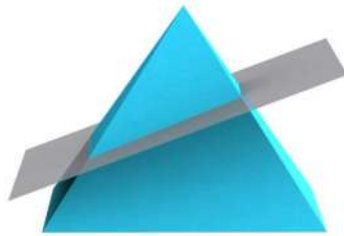


Figura C.14

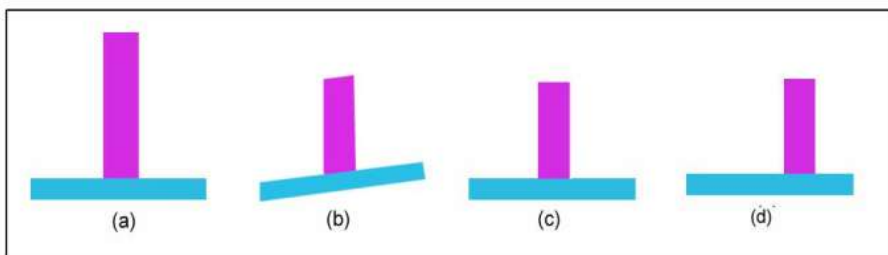
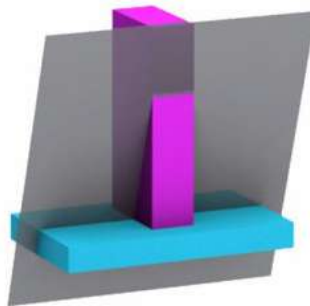


Figura C.15

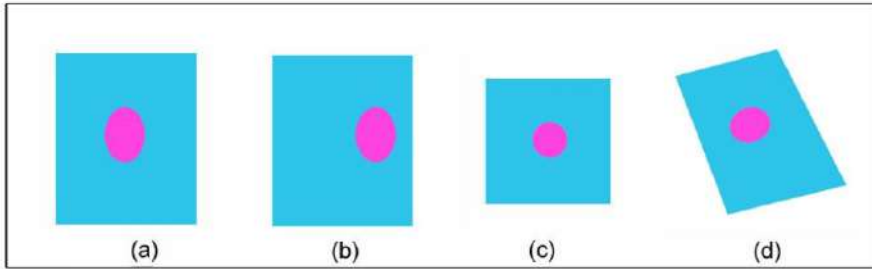
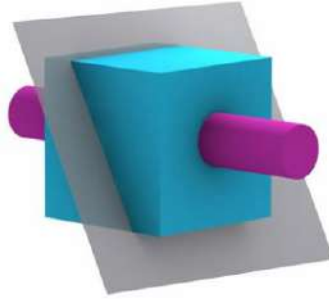


Figura C.16

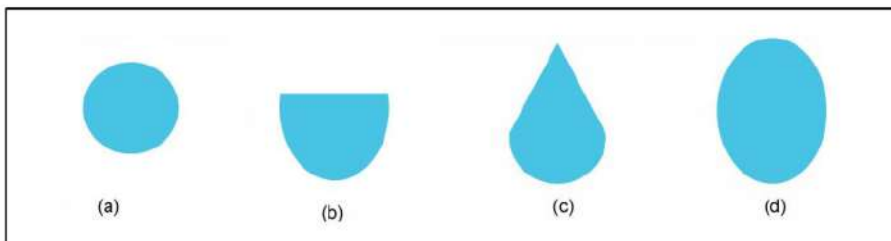
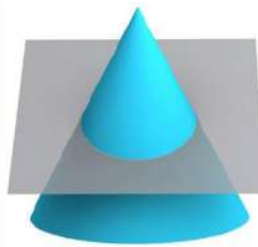


Figura C.17

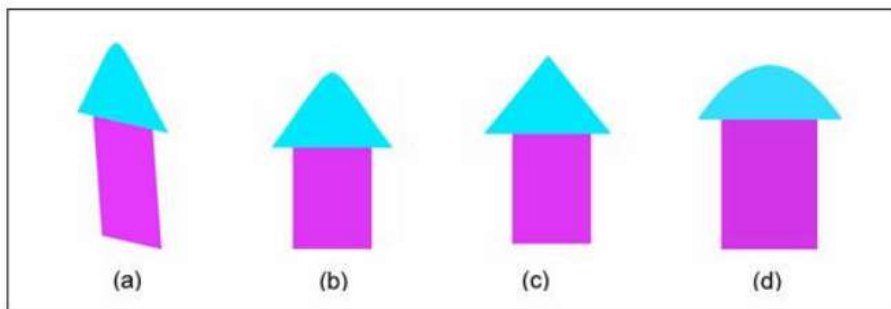
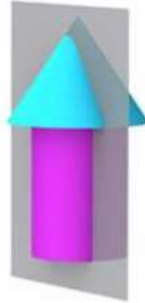


Figura C.18

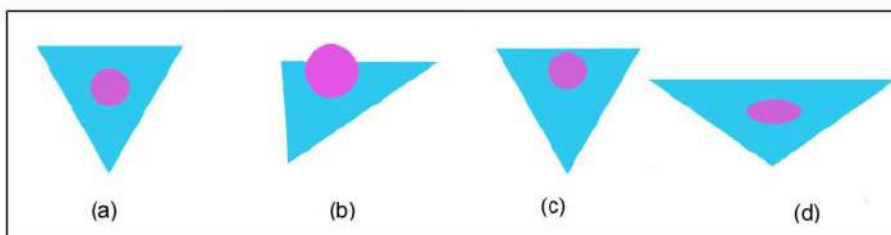


Figura C.19

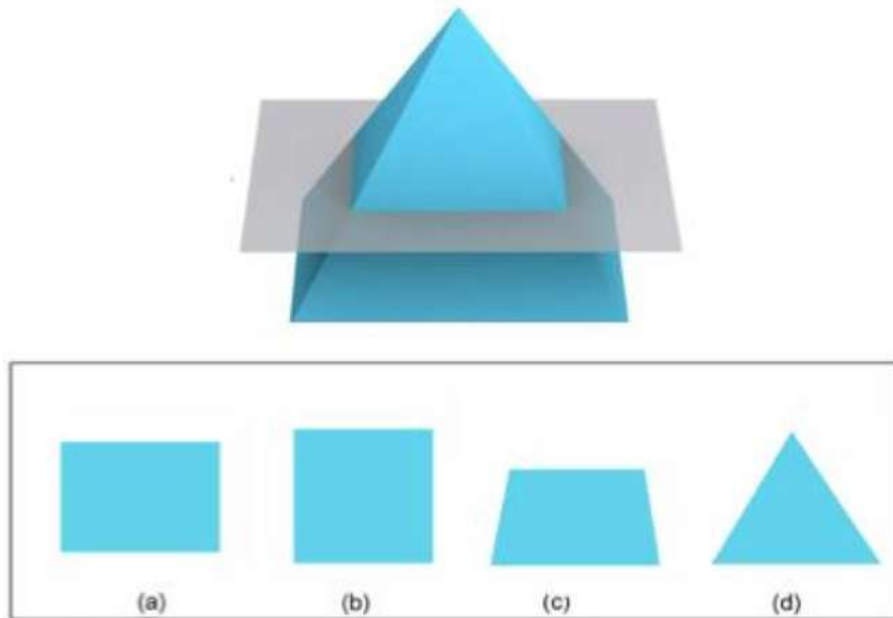


Figura C.20

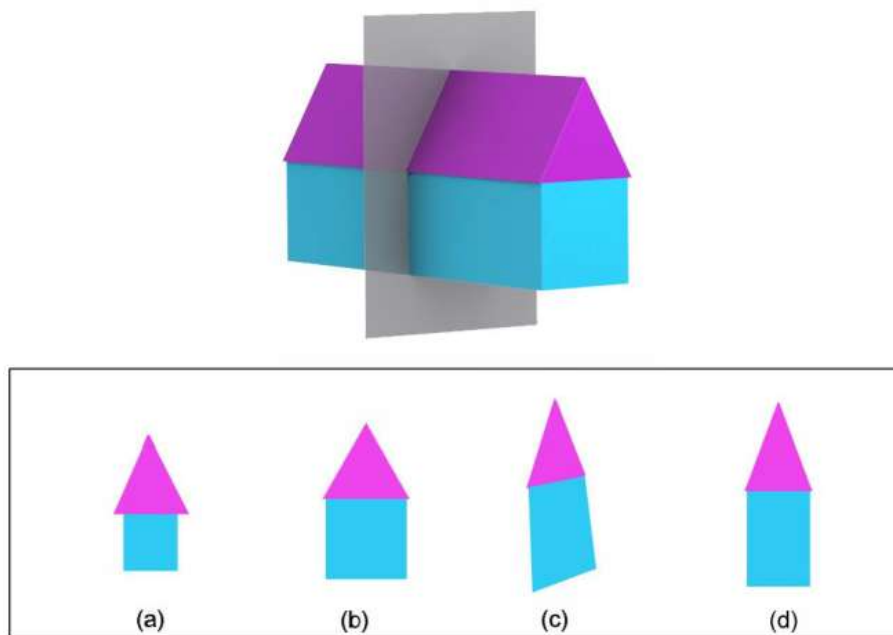


Figura C.21

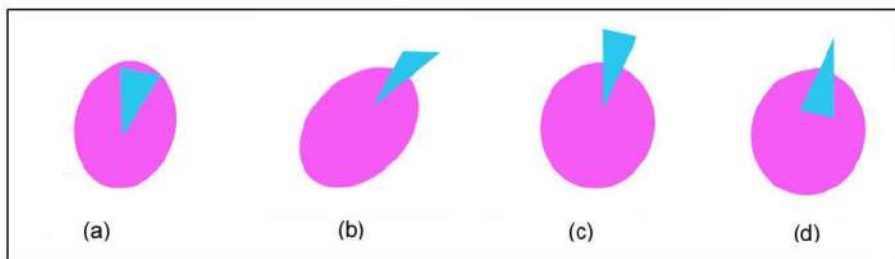


Figura C.22

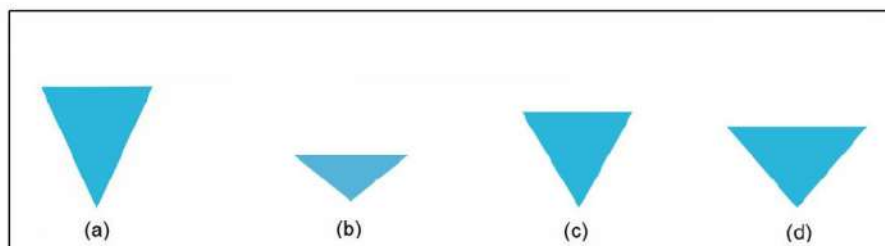
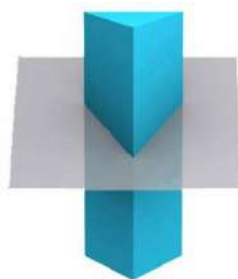


Figura C.23

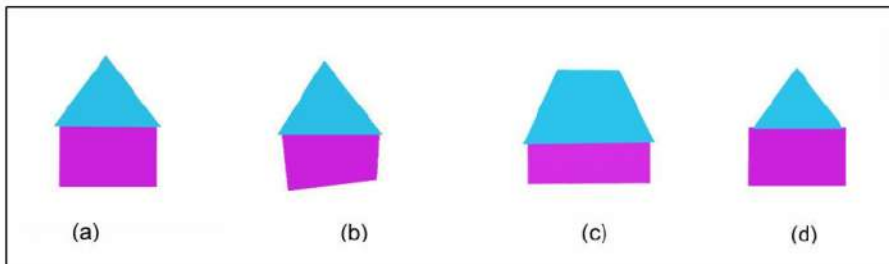


Figura C.24

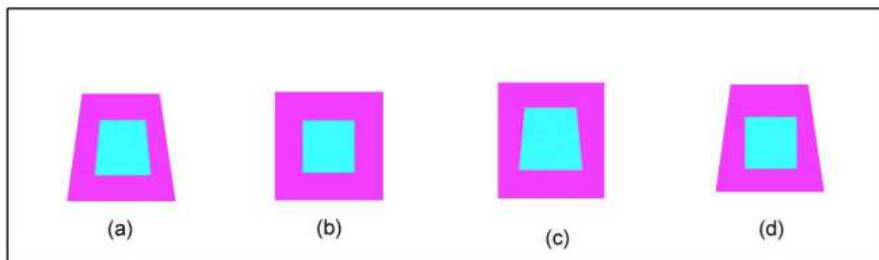
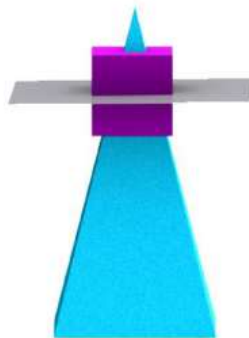


Figura C.25

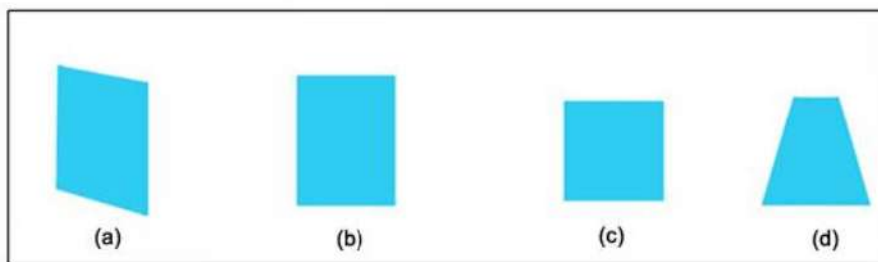


Figura C.26

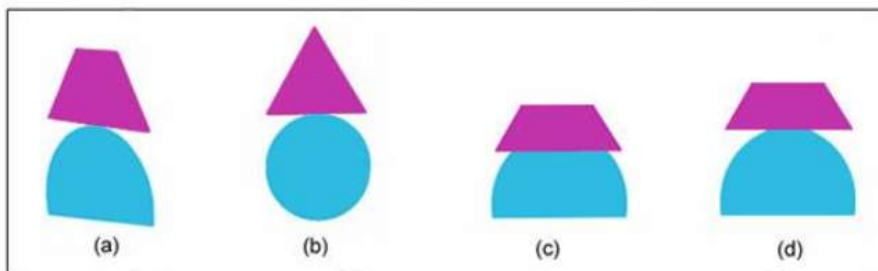
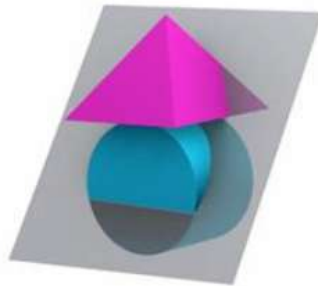


Figura C.27

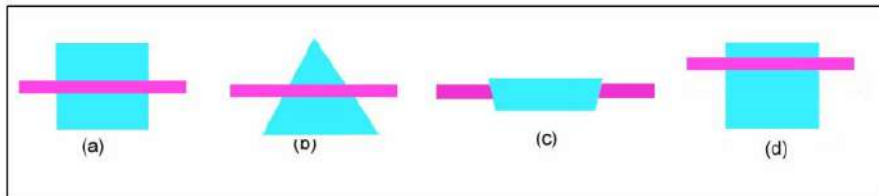
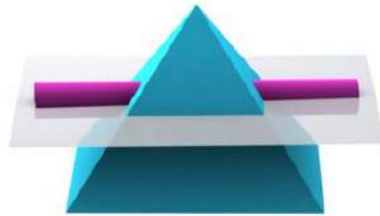


Figura C.28

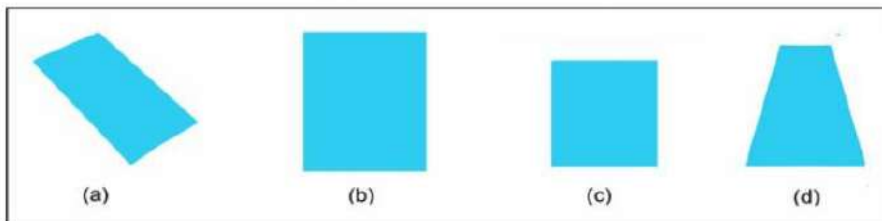
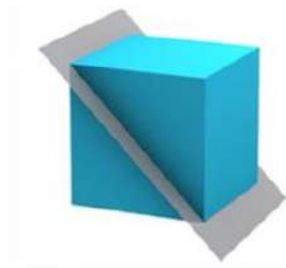


Figura C.29

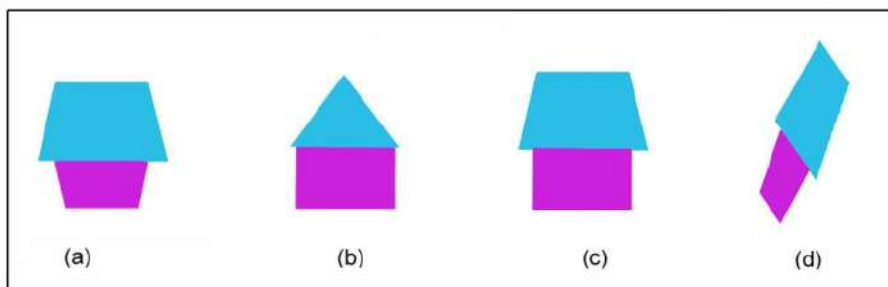
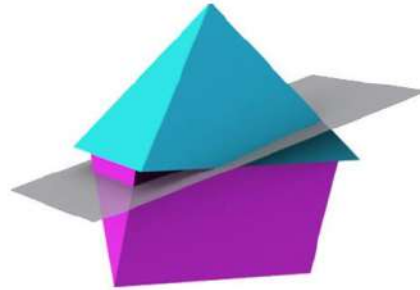


Figura C.30

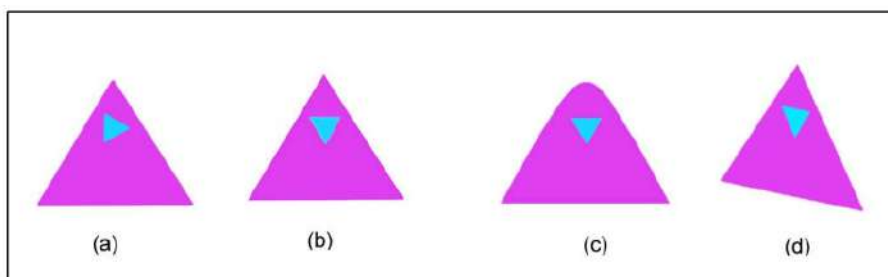
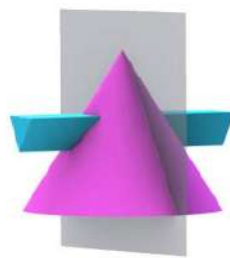


Figura C.31

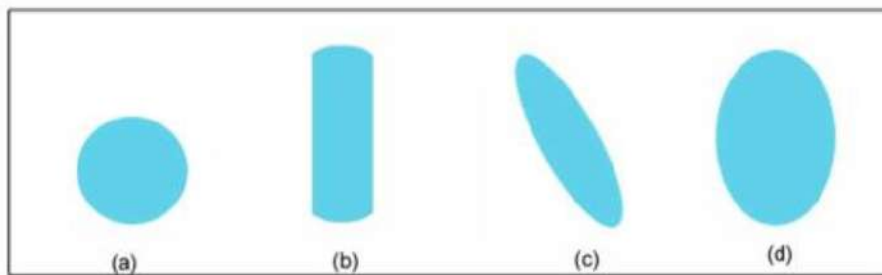
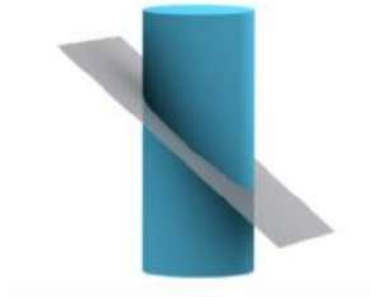


Figura C.32

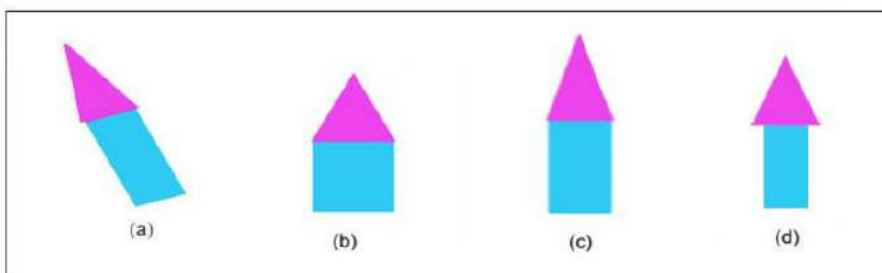
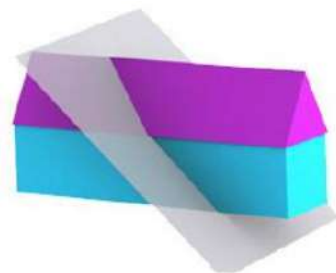


Figura C.33

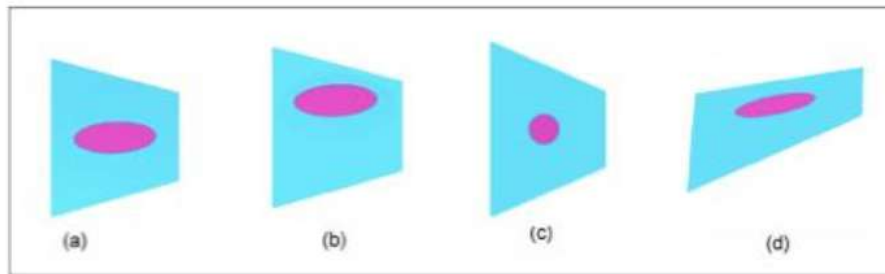
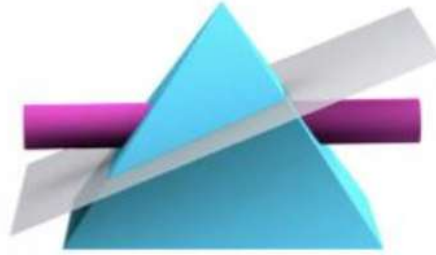


Figura C.34

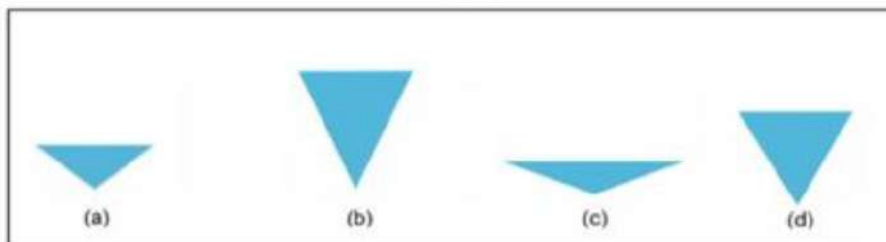


Figura C.35

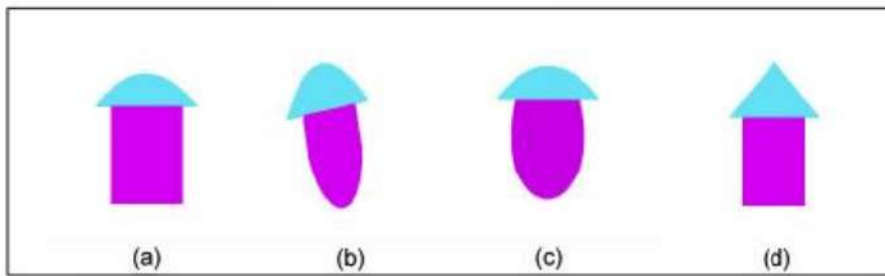
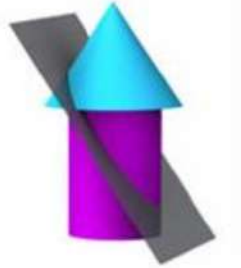
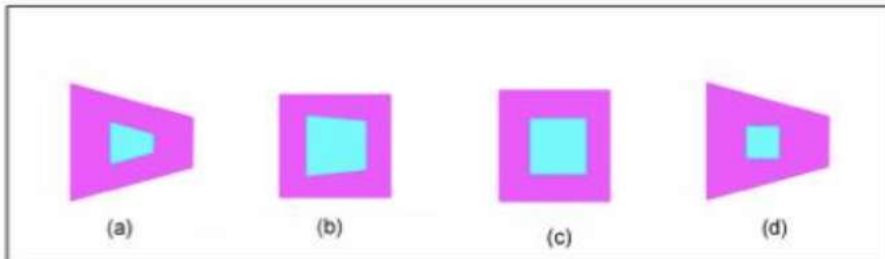
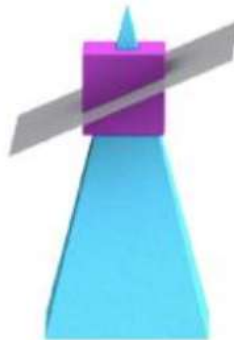


Figura C.36



C.2 Topographic Map Assessment

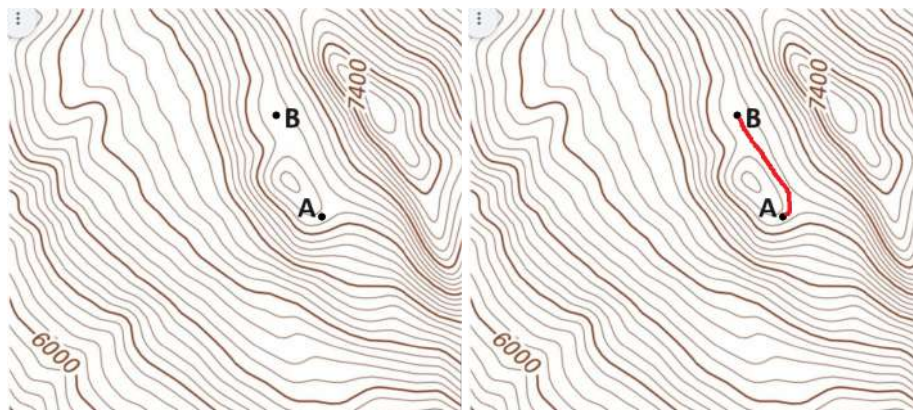
Este é um teste capaz de mensurar as habilidades individuais de leitura e interpretação de cartas topográficas através da realização de diferentes tarefas.

As questões que solicitam a realização de um desenho devem ser realizadas com o uso da imagem base da questão recortada, onde o desenho possa ser feito no computador ou celular por meio de um software de desenho (Paint, por exemplo) e, posteriormente, o arquivo final deve ser salvo como figura para que seja anexado a resposta (upload feito por meio da opção anexar arquivo).

Exemplo de questão com necessidade de desenho pelo participante:

- As curvas de nível possuem equidistância de 100ft. Imagine que você tem que ir do ponto A até o ponto B da maneira menos desgastante possível. Faça a sua rota.

Figura C.37

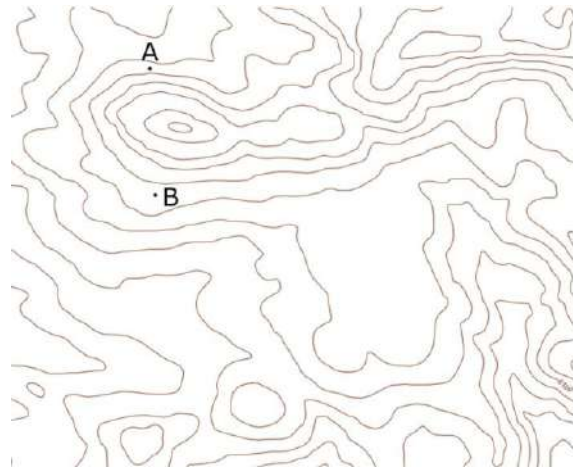


Início do Teste de Leitura e Interpretação de Mapas

A seguir serão apresentadas 18 questões, sendo que não há limite de tempo para responde-las. Leia com atenção o enunciado das mesmas e procure responder as perguntas da maneira correta.

1. As curvas de nível possuem equidistância de 100ft. Imagine que você tem que ir do ponto A até o ponto B da maneira menos desgastante possível. Faça a sua rota.

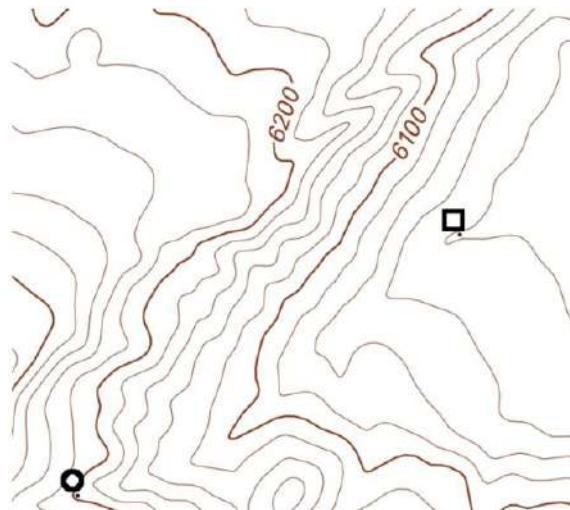
Figura C.38



Descreva porque você optou por realizar a rota desta maneira.

2. Imagine que há um curso d'água entre o círculo e o quadrado na imagem. Em qual direção a água se deslocaria com base em sua análise das curvas de nível?

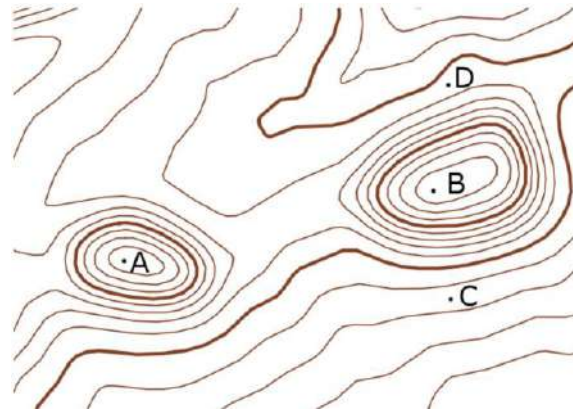
Figura C.39



- a) Do círculo para o quadrado.
- b) Do quadrado para o círculo.

3. O intervalo entre as curvas de nível é de 20ft. Uma pessoa está em pé sob cada um dos pontos no mapa. Assinale as alternativas onde uma pessoa seria capaz de ver a outra. Assuma que elas estão usando binóculos e que não há nenhuma vegetação no local. Pode haver mais de uma opção correta.

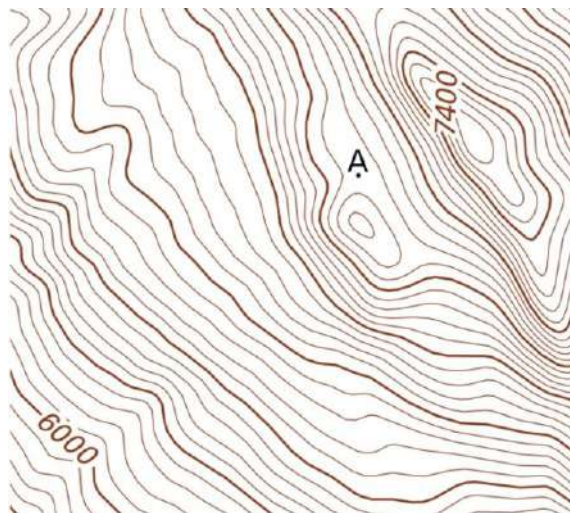
Figura C.40



- a) A-B
- b) A-D
- c) B-C
- d) C-D
- e) B-D

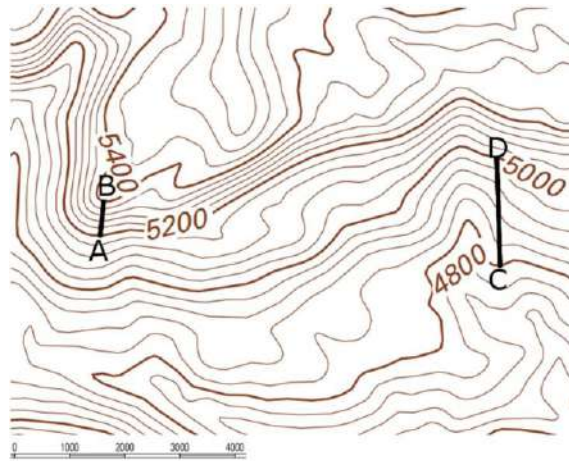
4. O intervalo das curvas de nível é de 40 ft. Qual seria a elevação do ponto A?

Figura C.41



5. Imagine que João andou do ponto A para B e André andou de C até D. Quem subiu um caminho mais íngreme?

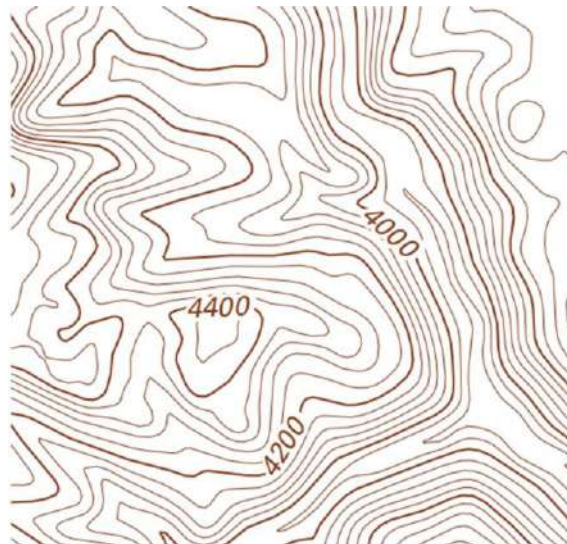
Figura C.42



- a) João
- b) André

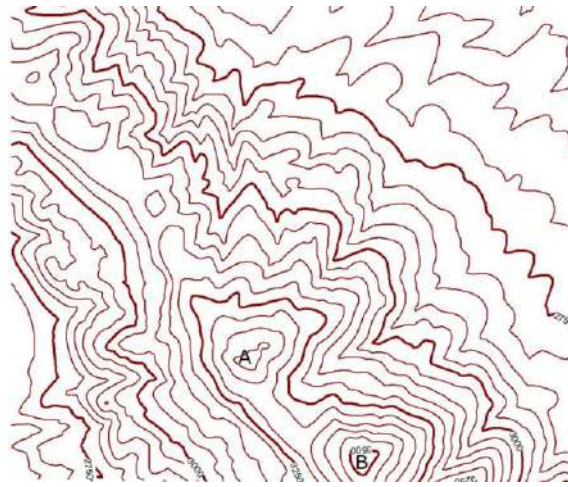
6. Qual é o intervalo entre as curvas de nível no mapa abaixo? Ou seja, quanto a elevação se altera quando nos movemos entre um linha e outra?

Figura C.43



7. Qual ponto é mais alto? A ou B?

Figura C.44



a) A

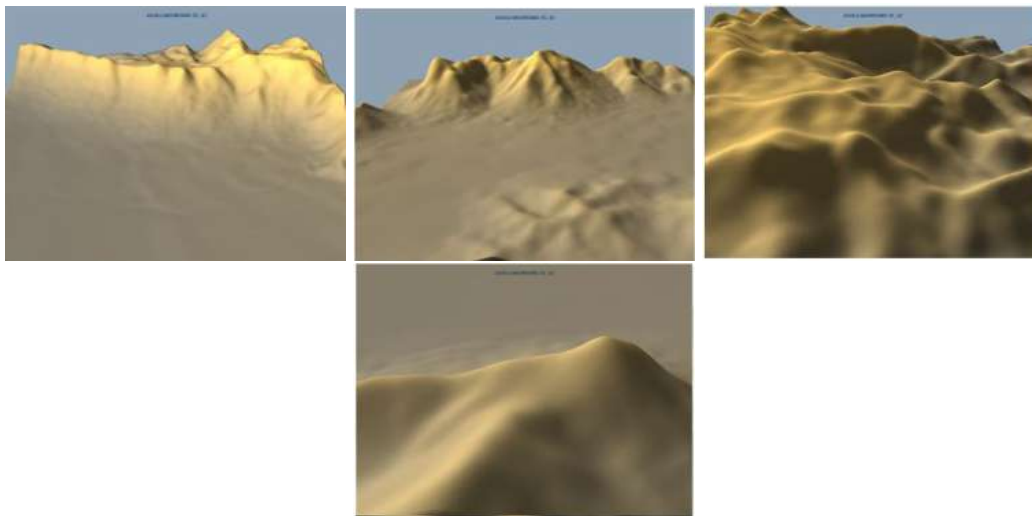
b) B

8. Qual das figuras abaixo representa melhor a visão de alguém que está observando o terreno na direção da seta na imagem abaixo?

Figura C.45

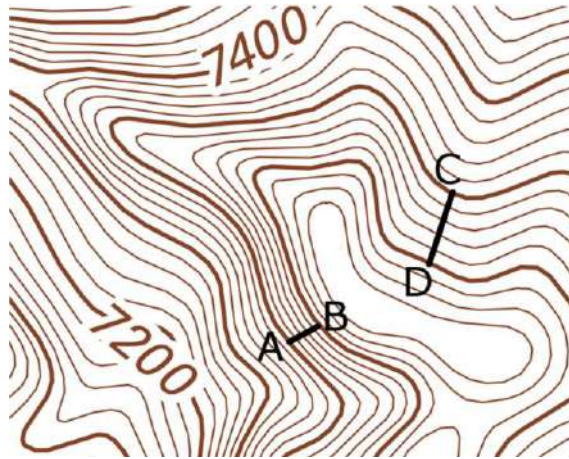


Figura C.46



9. Imagine que João andou do ponto A para B e André andou de C até D. Quem subiu um caminho mais íngreme? Quem percorreu a maior distância vertical?

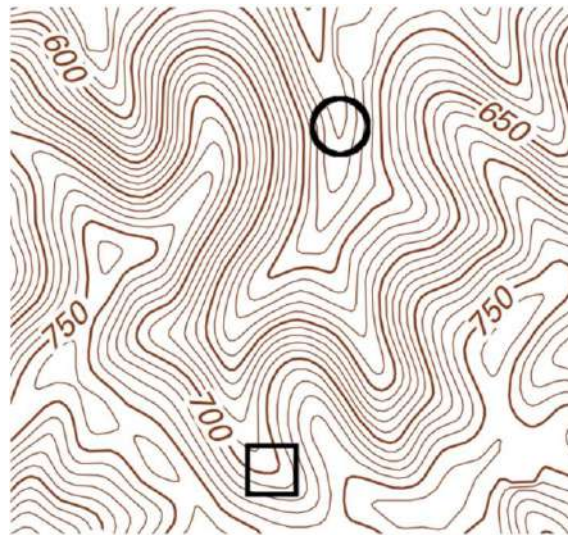
Figura C.47



- a) João andou o mais íngreme e a maior distância vertical.
- b) André andou o mais íngreme e a maior distância vertical.
- c) João andou o mais íngreme e André a maior distância vertical.
- d) André andou o mais íngreme e João a maior distância vertical.

10. Imagine que há um curso d'água entre o círculo e o quadrado na imagem. Em qual direção a água se deslocaria com base em sua análise das curvas de nível?

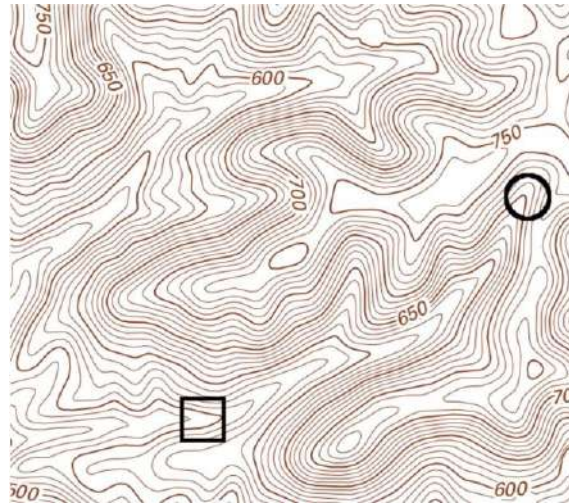
Figura C.48



- a) Do círculo para o quadrado.
 - b) Do quadrado para o círculo.
- Qual seria o trajeto que a água percorreria?

11. Imagine que há um curso d'água entre o círculo e o quadrado na imagem. Em qual direção a água se deslocaria com base em sua análise das curvas de nível? Próxima de qual ponto a água se moveria mais rapidamente?

Figura C.49

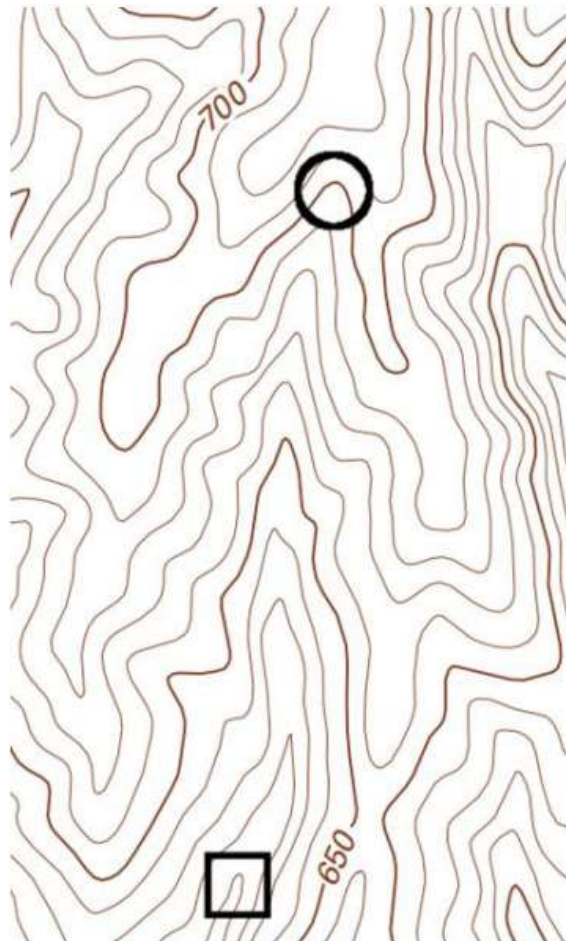


- a) Do Quadrado para o Círculo, movendo-se mais rapidamente próxima ao Quadrado.
- b) Do Círculo para o Quadrado, movendo-se mais rapidamente próxima ao Círculo.
- c) Do Círculo para o Quadrado, movendo-se mais rapidamente próxima ao Quadrado.
- d) Do Quadrado para o Círculo, movendo-se mais rapidamente próxima ao Círculo.

Qual seria o trajeto que a água percorreria?

12. Imagine que há um curso d'água entre o círculo e o quadrado na imagem. Em qual direção a água se deslocaria com base em sua análise das curvas de nível?

Figura C.50



- a) Do círculo para o quadrado.
 - b) Do quadrado para o círculo.
- Qual seria o trajeto que a água percorreria?

13. Qual dos perfis de elevação das alternativas melhor representa o corte do terreno da linha AB no mapa abaixo?

Figura C.51

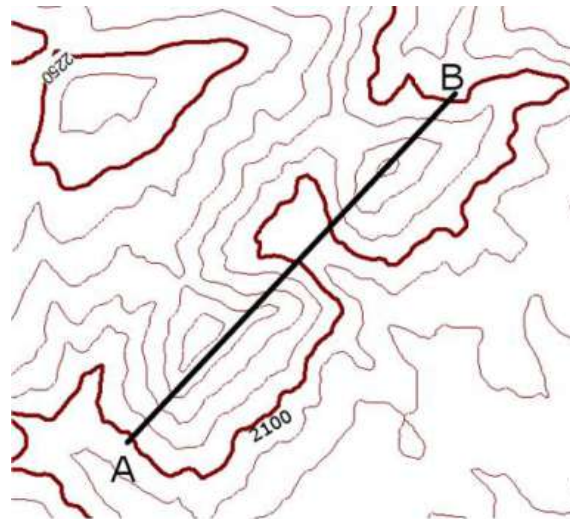
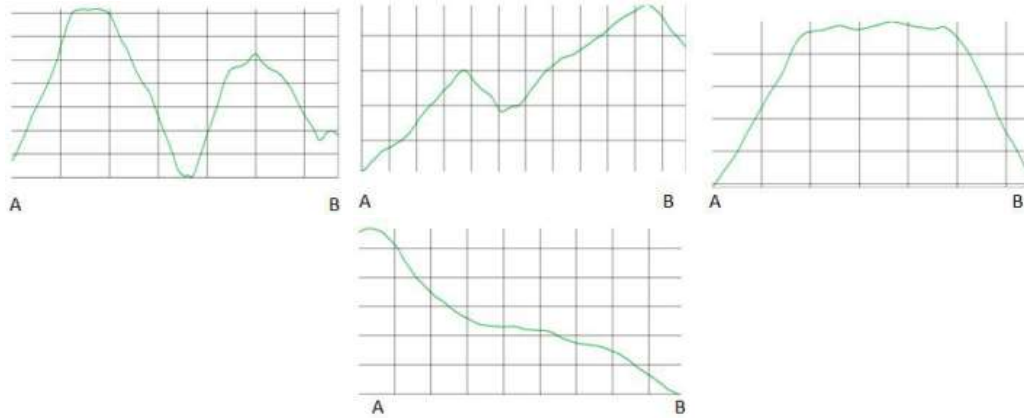


Figura C.52



14. Qual dos perfis de elevação das alternativas melhor representa o corte do terreno da linha AB no mapa abaixo?

Figura C.53

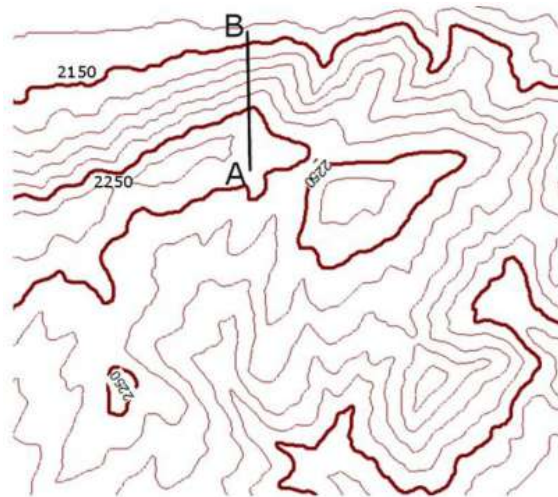
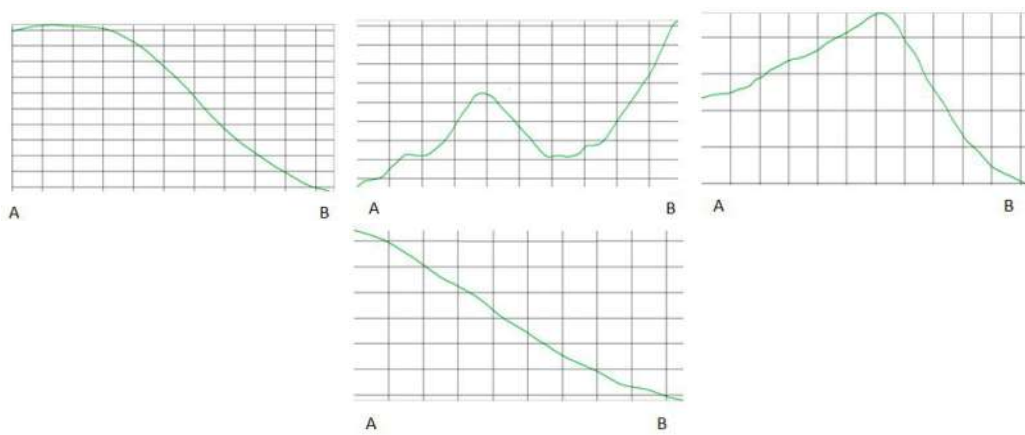
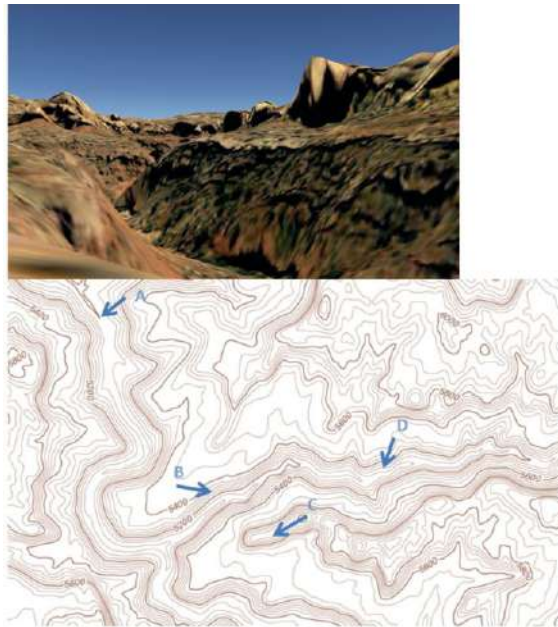


Figura C.54



15. Imagine que você está vendo o terreno conforme a figura. Em qual das posições no mapa você está? Qual direção você está observando?

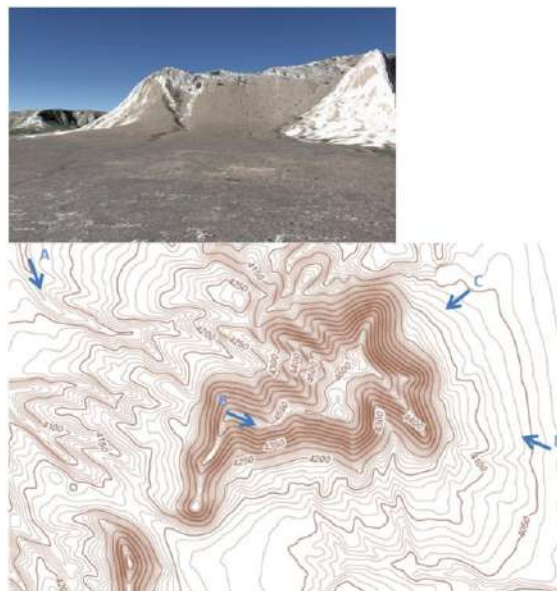
Figura C.55



- a) A
- b) B
- c) C
- d) D

16. Imagine que você está vendo o terreno conforme a figura. Em qual das posições no mapa você está?

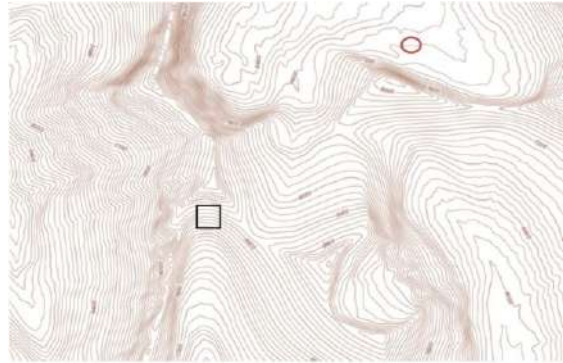
Figura C.56



- a) A
- b) B
- c) C
- d) D

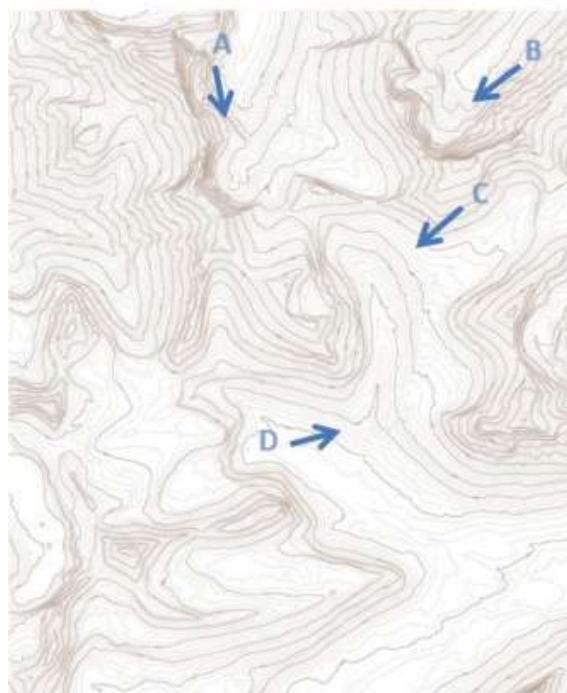
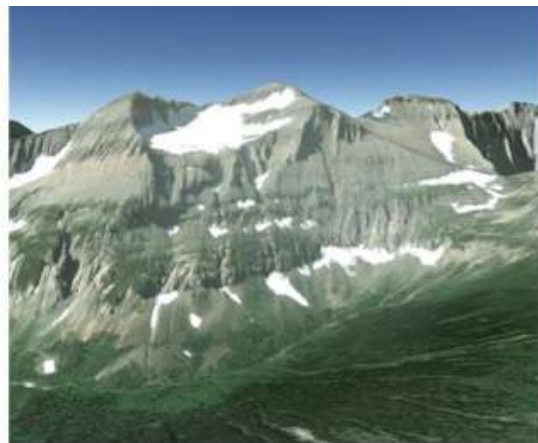
17. Você está na posição representada pelo quadrado no mapa, mas você precisa se mover para outro local no mapa onde seja possível observar o pequeno lago representado pelo círculo. Assuma que não há vegetação. Indique o caminho que você precisa percorrer para chegar ao ponto de observação.

Figura C.57



18. Imagine que você está vendo o terreno conforme a figura. Em qual das posições no mapa você está? Qual direção você está observando?

Figura C.58

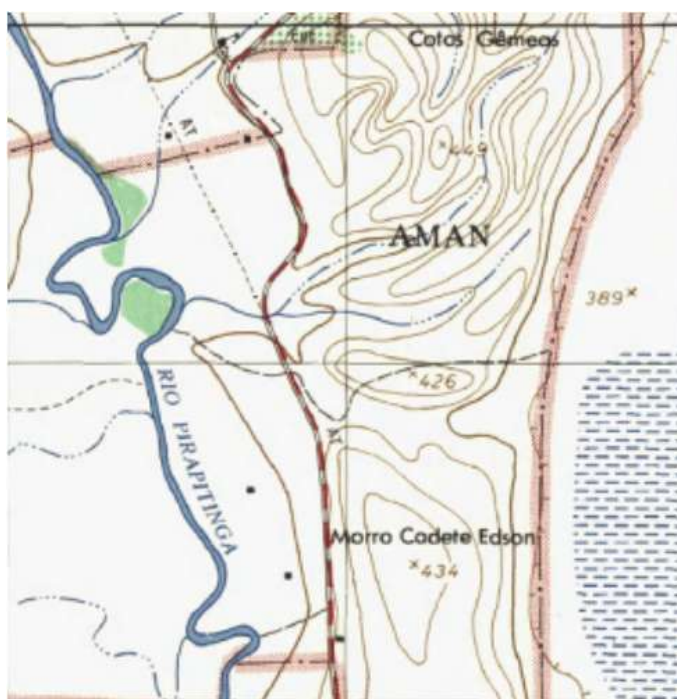


- a) A
- b) B
- c) C
- d) D

APÊNDICE D — USE CASE EXPERIMENTO I

1) Tendo em vista a aproximação de tropas blindadas inimigas, dotadas dos carros de combate T-55, advindos da direção geral Borboleta - Cad Edson, seu pelotão de Carros de Combate / Pelotão de Fuzileiros Blindados, foi incumbido de vigiar o corte do Rio Pirapitinga, estabelecendo-se nas elevações que possuem comando sobre o mesmo. Realize o planejamento do posicionamento dos seus elementos de forma a vigiar os pontos de passagem ao longo do Rio Pirapitinga e ficar em condições de barrar o movimento do inimigo. Para tanto, utilize os seguintes meios em seu planejamento: carta topográfica Resende-SO; transferidor; escalímetro; caixão de areia; acetato e canetas de retroprojektor. Em seu planejamento deve ficar claro o setor de tiro e os locais batidos pelos seus elementos nas posições escolhidas com o uso do alcance dos armamentos principais dos mesmos.

Figura D.1 – Área de interesse para escolha de posição



Fonte: Autor

2) Você possui total autonomia para definir as posições, devendo apenas se atentar para os detalhes táticos de integridade da fração dentro da dispersão.

3) Leve em consideração que o inimigo dispõe de meios blindados, como o T-55.

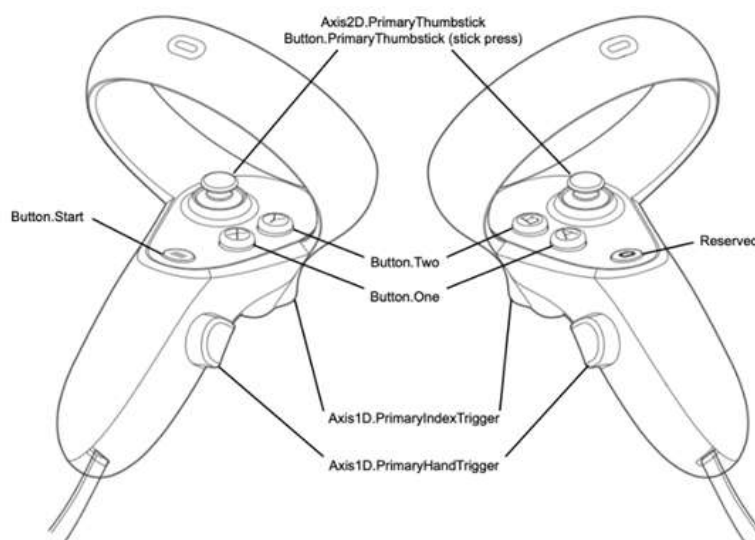
4) Leve em consideração os seguintes alcances de utilização: Leopard - 2500m; T-55 - 1500m; M113 - 900m.

APÊNDICE E — AMBIENTAÇÃO

Antes da realização dos experimentos propriamente ditos, os participantes serão introduzidos aos comandos e controles da ferramenta para a realização das tarefas que serão executadas. A atividade será guiada por meio da visualização da tela do Quest espelhada em um tablet, de forma sejam executados os principais mecanismos para uso da ferramenta, quais sejam:

1- Locomoção: uso dos controles para movimentação pela cena e giro de cabeça. O usuário deverá utilizar o Primary Thumbstick do controle esquerdo para se locomover pelo ambiente virtual e o Primary Thumbstick do controle direito para realizar o giro de câmera de forma mais rápida caso julgue conveniente.

Figura E.1 – Mapa de controles do Quest 2



Fonte: Meta

2- Manipulação: uso do menu principal (atalho por meio do controle), seleção dos objetos, como funciona a manipulação dos objetos, posicionamento sob o relevo. Para isso, o usuário será apresentado ao atalho do menu principal, por meio do uso do botão start do controle esquerdo do controle, que tornará visível a frente da câmera principal o menu, como na figura abaixo. Para navegar pelo mesmo, o usuário deverá apontar seu controle na direção da função desejada, o que fará com que seja visível um pequeno cursor representado por uma esfera de cor branca. Para selecionar a função o gatilho do controle (Primary Index Trigger) deverá ser pressionado, o que fará com que a cor do botão mude, destacando a sua execução. A manipulação dos objetos é feita por meio

do uso do gatilho interno dos controles (Primary Hand Trigger). Para pegar os objetos existem duas modalidades a) Por proximidade: onde o usuário deve ir até o objeto e fazer com que a esfera branca atrelada ao controle entre em contato com o objeto a ser manipulado e venha a mudar sua cor para azul, indicando a possibilidade de manipulação. Quando selecionado o objeto por meio do gatilho interno, a esfera terá sua cor modificada para verde. b) À distância: ao apontar o controle na direção do objeto desejado, dentro de uma distância pequena, ao acionar o gatilho interno do controle o objeto irá se deslocar até o controle.

Figura E.2 – Menu principal e manipulação de objetos

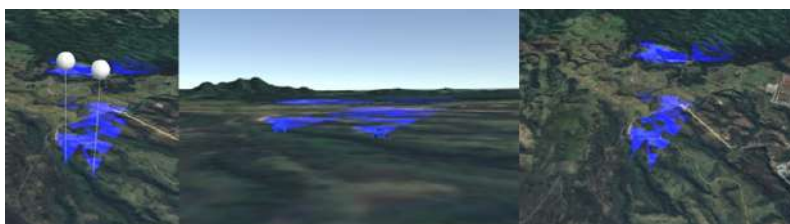


Fonte: Autor

3- Escalas: uso do controle para aumentar / diminuir a escala do usuário e como voltar ao normal, uso das câmeras auxiliares (up / down), uso da adaptação das escalas dos objetos (resize / restore size), mostrar como utilizar o menu e os atalhos no controle. - Por meio do botão resize no menu principal, quando houver um objeto retirado do ponto de Spawn sobre o terreno digital, quando ativo o tamanho destes objetos será redimensionado visando atingir o tamanho próximo ao real em relação à escala do terreno. Assim, uma esfera branca ligada ao objeto por meio de uma linha poderá ser utilizada para fins de manipulação e ajuste de posicionamento, sendo possível movê-lo em direção por meio de um dos controles ou simplesmente mudar a direção de visualização por meio do uso dos dois controles de maneira simultânea para girar o objeto. - Quando houver necessidade, o tamanho do objeto poderá ser restaurado ao tamanho anterior por meio do botão restore no menu principal. Como atalho para as funções anteriores, o usuário poderá utilizar o botão A para executar o resize e o botão B para o restore. - Outra opção relacionada a possibilidade de visualização em escalas diferentes está nas câmeras auxiliares da cena, uma sob a perspectiva do objeto junto ao solo, cujo atalho é o botão X, e outra em uma visão superior, por meio do botão Y. Por meio do uso destes botões, o usuário pode ter

diferentes perspectivas da cena para auxiliar no seu processo de tomada de decisão. Uma alternativa para realizar essa mesma função, porém com a autonomia para determinar a altura relativa, tanto do ponto de vista superior quanto inferior, é feita por meio do uso do Thumbstick direito movendo-se para cima ou para baixo. A velocidade de alternância do zoom é realizada proporcionalmente ao uso do botão na direção desejada. Para retornar ao estado natural basta clicar no mesmo botão.

Figura E.3 – Uso das diferentes formas de visualização



Fonte: Autor

4- Desenho: uso do menu de desenho (atalho por meio do controle), funcionamento da ferramenta de desenho, seleção de cores, como apagar os desenhos feitos, detalhes e características do uso da ferramenta.

Figura E.4 – Uso do menu de desenho e suas funcionalidades

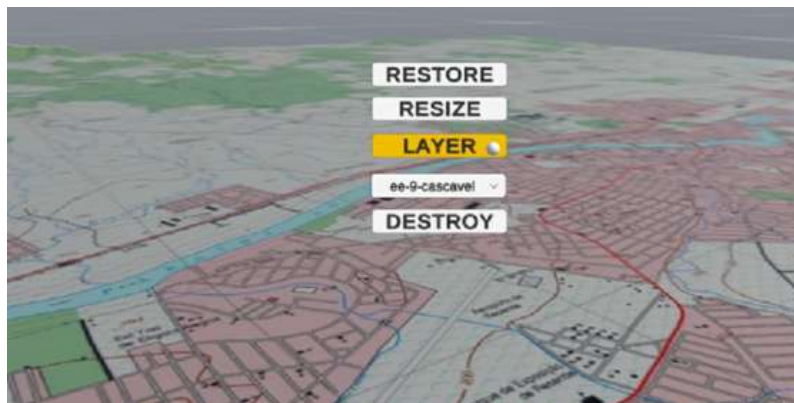


Fonte: Autor

5- Mudança de textura: mostrar como pode ser feita a mudança da textura do terreno digital por meio do menu.

O vídeo, disponível no endereço do YouTube a seguir, foi utilizado como instrumento na realização da ambientação assistida: <https://youtu.be/mbo5COQtQWM>.

Figura E.5 – Modificação da textura do terreno digital, alternando entre carta topográfica e imagem de satélite



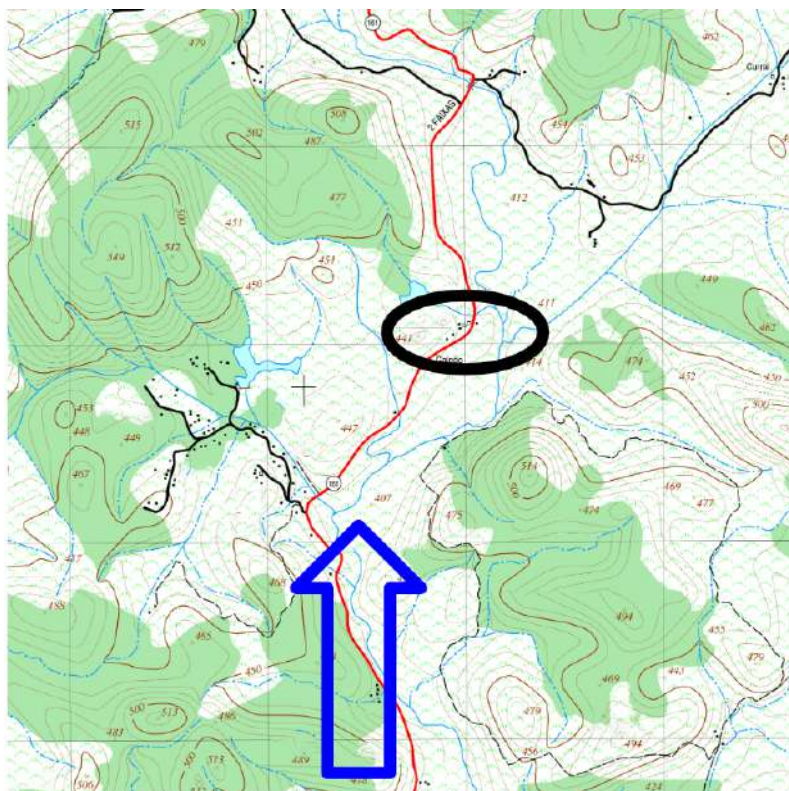
Fonte: Autor

APÊNDICE F — EXPERIMENTO II

F.1 Tarefa 1

Realizar o monitoramento da área selecionada. Escolha uma posição baseado na análise do alcance e do relevo, bem como estude se é possível de fato chegar ao local escolhido, baseado em uma execução real da atividade. A seta representa a direção de deslocamento, e a elipse a região que deve ser monitorada.

Figura F.1 – Carta topográfica recortada e anonimizada para uso na execução da tarefa 1

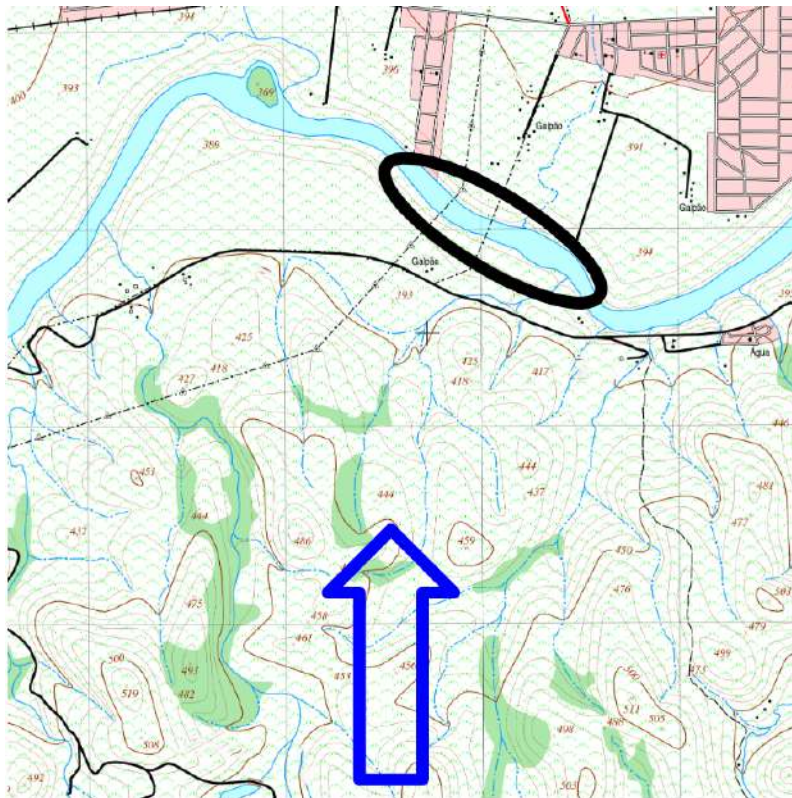


Fonte: Autor

F.2 Tarefa 2

Realizar o monitoramento da área selecionada. Escolha uma posição baseado na análise do alcance e do relevo, bem como estude se é possível de fato chegar ao local escolhido, baseado em uma execução real da atividade. A seta representa a direção de deslocamento, e a elipse a região que deve ser monitorada.

Figura F.2 – Carta topográfica recortada e anonimizada para uso na execução da tarefa 2



Fonte: Autor