



Tamyres Bezerra de Souza

Realidade virtual no treinamento de observadores de artilharia do exército

Projeto Final de Programação

Orientador: Alberto Barbosa Raposo

**Rio de Janeiro
14 de dezembro de 2020**

Sumário

1. Introdução	3
1.1. Objetivos	3
1.2. Metodologia	4
2. Especificação	5
2.1. Entendimento do Problema	5
2.2. Especificação da Solução	6
2.2.1. User Stories	7
2.2.1.1. Localizar Observador	7
2.2.1.2. Localizar Alvo	7
2.3. Definição das Tecnologias	8
3. Projeto da Aplicação	9
3.1. Diagrama de Casos de Uso	9
3.2. Diagrama de Classes	9
3.3. Diagrama de Sequência	10
4. Roteiro de Teste	11
4.1. Casos de Teste	11
4.1.1. Plano de Testes – Caso de Uso Localizar Observador	11
4.1.2. Plano de Testes – Caso de Uso Localizar Alvo	12
4.1. Resultados dos Testes	14
5. Documentação do Usuário	15
6. Referências	18
7. Apêndices	19
APÊNDICE A – RESULTADOS DOS TESTES.	19

1. Introdução

A missão da Artilharia é apoiar a força através do fogo, destruindo ou neutralizando alvos que ameaçam o sucesso das operações [1]. Nesse contexto, a prática de observação é uma questão crucial, porque os observadores são o principal recurso que a Artilharia usa para obter informações sobre inimigos, localizar alvos, ajustar fogo e desencadear concentrações [2].

O treinamento de observadores da Artilharia apresenta, em termos práticos, dois principais obstáculos à sua execução, (i) o grande valor financeiro necessário para a aquisição de munição relacionada a esta atividade; e (ii) a prática é extremamente restrita a áreas onde os tiros de Artilharia ainda são permitidos.

Para suprir essas necessidades, o uso de um simulador permitirá economizar e racionalizar o uso de recursos humanos, materiais e financeiros, pois contribuirá para uma redução significativa no consumo de munição e combustível para viagens a posições de tiro, no desgaste de materiais de uso militar (veículos, canhões e outros equipamentos) e riscos de segurança [3].

O observador de Artilharia necessita utilizar alguns equipamentos que são essenciais para a condução de suas atividades, como: GPS, binóculo graduado, goniômetro-bússola, carta topográfica, bússola, esquadro de localização, telêmetro laser e transferidor. Esses equipamentos precisam ser utilizados de maneira eficaz para que o observador alcance sucesso nas atividades realizadas.

Com isto, precisamos prototipar os aspectos do treinamento do observador de Artilharia, como: o terreno de combate, os objetos de localização do observador e alvo e as interações do observador com os objetos.

Este trabalho tem foco na indústria militar, e faz parte de um escopo maior, com o objetivo de propor e implementar uma solução em Realidade Virtual (RV) para melhorar o treinamento de adestramento inerente à observação que compõe o Grupo de Artilharia dos Fuzileiros Navais da Ilha do Governador no Rio de Janeiro.

1.1. Objetivos

Este trabalho tem como objetivo desenvolver uma solução em Realidade Virtual para melhorar o treinamento de adestramento inerente à observação que compõe o Grupo de Artilharia dos Fuzileiros Navais da Ilha do Governador no Rio de Janeiro. Este objetivo decompõe-se nos seguintes objetivos específicos:

- Realizar levantamento de requisitos;
- Especificar e desenvolver uma solução em RV;
- Planejar e realizar testes funcionais na solução.

1.2. Metodologia

Os passos para a construção da solução em RV foram organizados em 5 fases: levantamento, análise, planejamento de testes, construção, testes e garantia da qualidade, como mostrado na Figura 1.

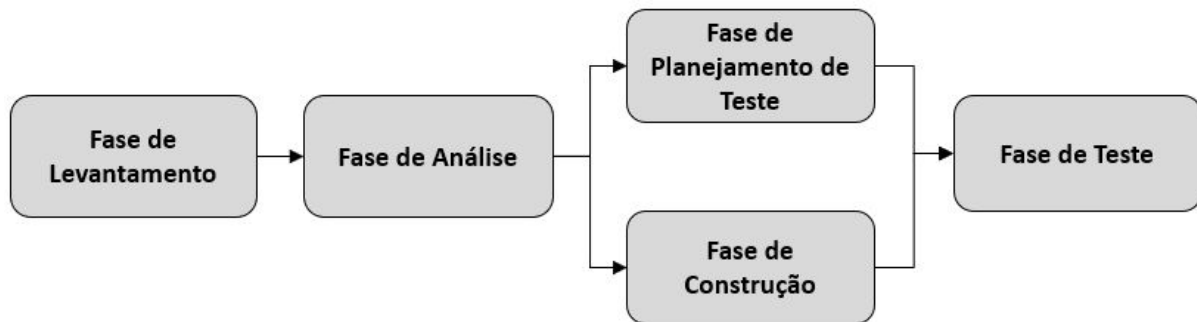


Figura 1. Passos para a construção da solução em RV.

1. **Fase de Levantamento** - essa fase teve o objetivo de realizar o levantamento dos requisitos, levantando informações sobre a interação do usuário e a interface do simulador e sobre as regras de negócio.
2. **Fase de Análise** - essa fase teve o objetivo de analisar e detalhar a especificação funcional através do levantamento de requisitos, gerando o artefato de Requisitos de Software. Além disso, nessa fase os requisitos foram inspecionados a fim de detectar defeitos e corrigi-los.
3. **Fase de Planejamento de Teste** - essa fase teve como objetivo planejar e elaborar os casos de testes funcionais de acordo com os requisitos e atividades de desenvolvimento que foram planejados. Essa fase ocorreu em paralelo com a Fase de Construção (a seguir).
4. **Fase de Construção** - essa fase teve como objetivo construir e corrigir componentes de acordo com os requisitos e atividades de desenvolvimento que foram planejados. Essa fase ocorreu em paralelo com a Fase de Planejamento de Teste (supracitada).
5. **Fase de Teste** - essa fase teve como objetivo executar os casos de testes elaborados na Fase de Planejamento de Teste sobre os componentes que foram construídos/corrigidos na Fase de Construção. Além disso, nessa fase quando os casos de testes não eram executados com sucesso eram aplicadas as correções das falhas.

2. Especificação

A especificação da ferramenta está dividida em três tópicos: entendimento do problema, especificação da solução e definição das tecnologias.

2.1. Entendimento do Problema

A Artilharia realiza tiros sobre alvos a longa distância (dezenas a centenas de quilômetros), de tal forma que quem realiza o tiro não é capaz de visualizar o alvo [1]. Moreira [3] define o papel da Artilharia conforme a Figura 2.



Figura 2. Papel da artilharia.

O papel do observador é fundamental, uma vez que ele representa os olhos da Artilharia, suas funções básicas são: (i) identificar alvos para a solicitação de missões de tiro; (ii) controlar e ajustar o tiro ao longo da execução das missões de tiro; e (iii) avaliar os danos causados aos alvos após a execução das missões de tiro.

Para este trabalho iremos destacar a primeira função básica do observador que é identificar um alvo para a solicitação de missões de tiro. Para isto, teremos os principais objetos utilizados nesta função: bússola, binóculo e telêmetro laser. Cada um desses objetos possui um papel específico na identificação do alvo, como mostrado a seguir:

- 1) **Bússola:** instrumento de medida de ângulos horizontais e verticais
- 2) **Binóculo:** instrumento de identificação do alvo, observar a rajada. A finalidade da condução do tiro é colocar tiros eficazes no alvo, por meio de ajustagens efetuadas com tiros observados. O uso do binóculo graduado em milésimo permite medir, com maior precisão, o desvio em direção (esquerda ou direita) do tiro em relação ao alvo. Em consequência, o emprego da fórmula do milésimo ou da fórmula dos fatores dos senos pode-se avaliar com maior precisão a distância (afastamento) em metros.

- 3) **Telêmetro laser:** instrumento de localização do alvo que permite o cálculo de distâncias (frentes), como transporte, coordenada polar e coordenada UTM. O observador pode calcular distâncias (frentes) entre dois pontos por meio da fórmula do milésimo ou dos fatores seno.

A doutrina da Artilharia prevê a troca de mensagens durante a execução de uma missão de tiro para a realização prática das funções básicas. A seguir será mostrada a troca de mensagens:

- **Pedido do observador:** após identificar um alvo, o observador solicita a execução de uma missão de tiro sobre este alvo. Neste pedido, o observador informa, basicamente, a localização, a natureza e as dimensões do alvo. Além disso, ele pode sugerir parâmetros técnicos relacionados a como o tiro deve ser realizado sobre o alvo.
- **Mensagem resposta ao observador:** após receber o pedido do observador, o órgão decisor responsável pela coordenação do fogo de Artilharia decide se o pedido vai ser atendido, se alguma alteração dos parâmetros sugeridos é necessária e quais baterias serão empregadas na missão de tiro. Após a tomada de decisão, a mensagem resposta é enviada ao observador com todos os detalhes relacionados à missão de tiro a ser iniciada.
- **Tiro:** a linha de fogo (LF) recebe pedido sobre comandos de tiro e ordem de tiro pelo órgão decisor responsável pela coordenação do fogo de Artilharia.
- **Fogo:** o observador é notificado sempre que uma nova rajada da missão de tiro é desencadeada.
- **Correção:** após a realização de uma rajada da missão de tiro, se o observador julgar necessária a repetição da rajada, ele envia esta mensagem com as correções necessárias em direção, alcance e altura.
- **Missão cumprida:** após a realização de uma rajada da missão de tiro, se o observador julgar que o alvo foi neutralizado, ele envia uma mensagem com a porcentagem estimada de danos causados ao alvo.

Para este trabalho levaremos em consideração apenas a primeira parte da doutrina da Artilharia, que diz respeito ao pedido do observador após identificar o alvo.

2.2. Especificação da Solução

Após o entendimento do problema, foi especificado que o simulador, na sua primeira versão, deve ser composto por 1 (um) terminal: o terminal do observador. Este terminal será desenvolvido em uma aplicação baseada em Realidade Virtual. Esse ambiente possui um terreno que simula o terreno de treinamento real localizado em Formosa - Goiás. Neste terreno serão distribuídos alguns alvos e alvos auxiliares, todos eles de maneira estática.

Além do terreno, o observador terá opções de objetos que o auxiliarão na localização dos alvos, são eles: binóculo e telêmetro laser que está embutido no binóculo. Os objetos angulares empregam escalas em centésimo. Através deste terminal, o observador será capaz de visualizar todos os objetos relacionados ao terreno e aos alvos envolvidos na simulação.

2.2.1. User Stories

2.2.1.1. Localizar Observador

ID do User Story: LOCOBS_001

Esse *user story* permite ao usuário imergir na aplicação e indicar seu posicionamento no terreno.

Descrição

Eu, enquanto observador da Artilharia, quero poder identificar minha localização, depois de imerso no ambiente virtual, para que ao solicitar a execução de uma missão de tiro sobre um alvo, possa calcular mais precisamente a distância entre a linha de fogo (LF) até o alvo e informar ao órgão decisor responsável pela coordenação do fogo de Artilharia.

Principais Regras de Negócio

- **RN01** - O Simulador deve permitir que o usuário possa se locomover sobre o terreno.
- **RN02** - O simulador deve mostrar precisamente a localização do observador.
- **RN03** - O simulador deve informar na tela os dados da localização.

Plano de Testes

Aplicativo: Simulador de Artilharia

Módulo: Observador

Roteiro de Teste

- **Caso de Teste 1:** Testar se é possível andar sobre o terreno. (RN01)
- **Caso de Teste 2:** Testar se as informações de localização do usuário estão sendo mostradas no canto superior direito da tela (RN02 e RN03)

2.2.1.2. Localizar Alvo

ID do User Story: LOCALV_002

Esse *user story* permite identificar a localização do alvo no terreno.

Descrição

Eu, enquanto observador, quero poder identificar a localização precisa de alvos até de longa distância, para que, ao solicitar a execução de uma missão de tiro sobre um alvo, possa calcular mais precisamente a distância entre a linha de fogo (LF) até o alvo e informar ao órgão decisor responsável pela coordenação do fogo de Artilharia.

Principais Regras de Negócio

- **RN01** - O simulador deve permitir que o usuário possa observar alvos a longa distância.
- **RN02** - O simulador deve informar a distância entre o usuário e o objeto observado.
- **RN03** - O simulador não deve permitir que o binóculo se perca no ambiente virtual.

Plano de Testes

Aplicativo: Simulador de Artilharia

Módulo: Observador

Roteiro de Teste

- **Caso de Teste 1:** Testar retorno inicial do binóculo após ser solto (RN03)
- **Caso de Teste 2:** Testar borda delimitadora da visão do binóculo (RN01)
- **Caso de Teste 3:** Testar zoom do binóculo (RN01)
- **Caso de Teste 4:** Testar o laser que serve para mirar um alvo (RN02)
- **Caso de Teste 5:** Testar a obtenção de informações (nome e a distância) do Alvo (RN02)

2.3. Definição das Tecnologias

Para o desenvolvimento da solução em RV foram definidas as seguintes tecnologias:

- **Linguagem de Programação:** C#
- **Engine de Jogo:** Unity3D
- **IDE:** Visual Studio
- **HMD:** Oculus Rift

3. Projeto da Aplicação

3.1. Diagrama de Casos de Uso

A Figura 3 apresenta os casos de uso do simulador, com o cenário, atores e comunicações. O simulador apresenta o seguinte ator:

1. **Usuário:** Esse ator interage com o simulador para ter acesso a sua localização e a localização dos alvos.

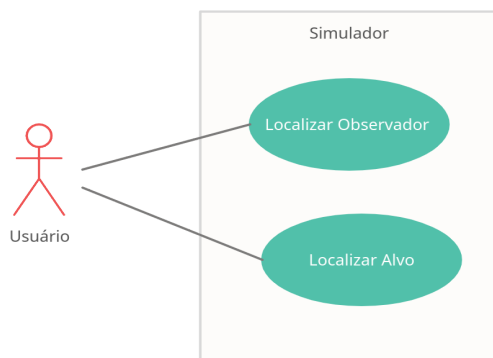


Figura 3. Diagrama de Casos de Uso.

3.2. Diagrama de Classes

A Figura 4 apresenta o diagrama de classe do simulador. As classes apresentadas no diagrama são as seguintes:

- **MonoBehaviour:** classe responsável por carregar métodos básicos já fornecidos pela Unity3D.
- **InteracaoBinoculo:** classe responsável por controlar a interação entre o usuário e o binóculo;
- **DeteccaoCabeca:** classe responsável por tratar os eventos do ponteiro (laser) que sai da cabeça do usuário do simulador.

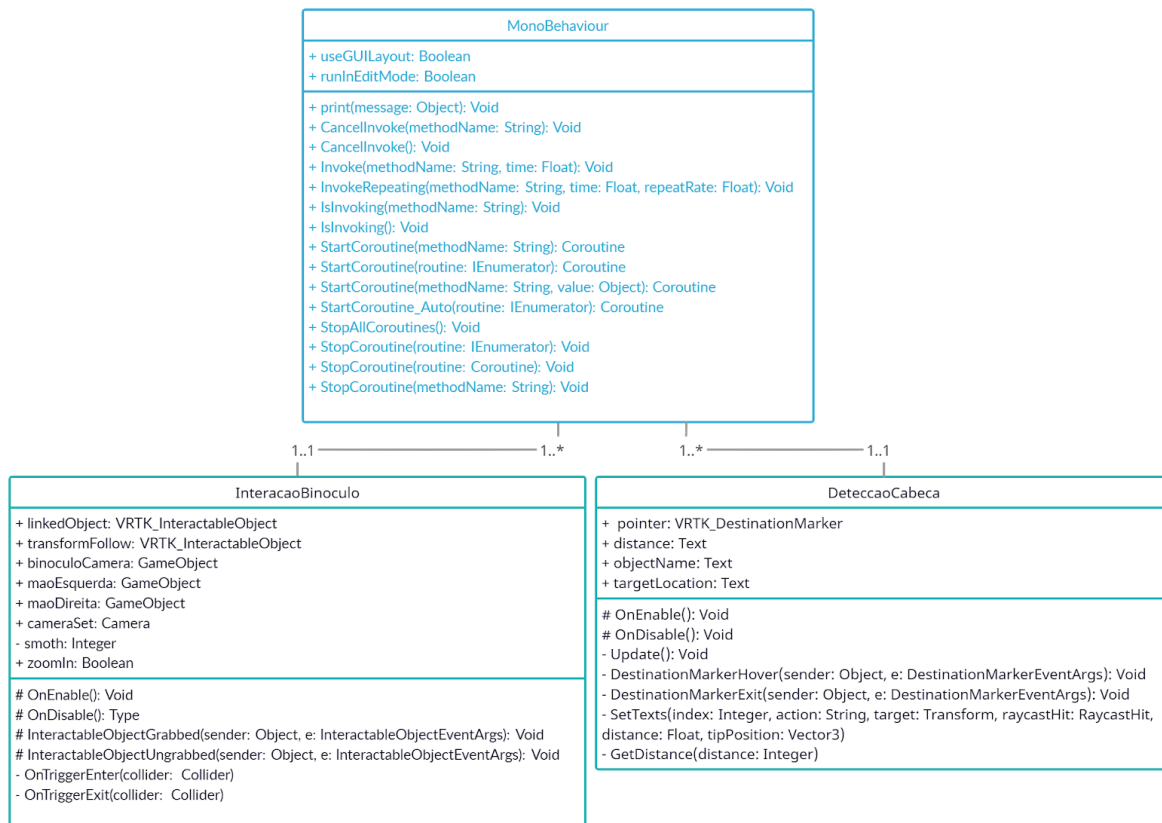


Figura 4. Diagrama de classes.

3.3. Diagrama de Sequência

A Figura 5. apresenta o diagrama de sequência que descreve a principal atividade do observador no simulador. Esta sequência mostra a interação do usuário com os objetos disponibilizados pelo simulador: binóculo, alvo, terreno.

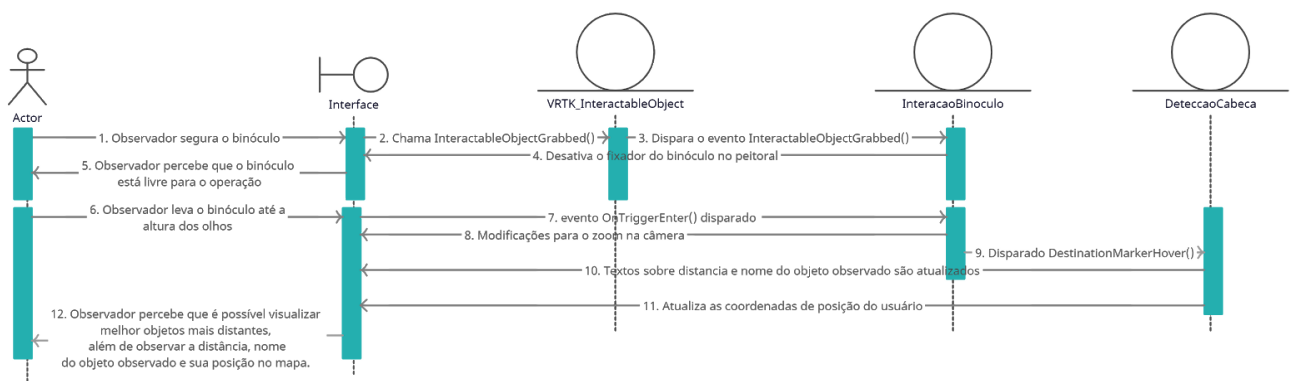


Figura 5. Diagrama de sequência.

4. Roteiro de Teste

4.1. Casos de Teste

4.1.1. Plano de Testes – Caso de Uso Localizar Observador

ID do caso de uso	TEST_LOCOBS_001.1
Prioridade:	N/A
Caminho do caso de uso:	Tela inicial do simulador
Objeto de Teste:	Terreno
Caso de Teste:	Testar se é possível andar sobre o terreno.
Pré-Condição:	Estar imerso no Simulador
Procedimento:	1. Andar sobre o terreno.
Resultado Esperado:	O usuário não deverá flutuar ou atravessar o terreno.

ID do caso de uso	TEST_LOCOBS_001.2
Prioridade:	N/A
Caminho do caso de uso:	Tela inicial do simulador
Objeto de Teste:	Usuário observador
Caso de Teste:	Testar se as informações de localização do usuário estão sendo mostradas no canto superior direito da tela
Pré-Condição:	Estar imerso no simulador
Procedimento:	1. Verificar o canto superior direito da tela; 2. Andar sobre o terreno; 3. Verificar se os valores estão sendo atualizados.
Resultado Esperado:	O usuário deverá visualizar informações sempre atualizadas de sua posição no terreno no canto superior direito da tela.

4.1.2. Plano de Testes – Caso de Uso Localizar Alvo

ID do caso de uso	TEST_LOCALV_002.1
Prioridade:	N/A
Caminho do caso de uso:	Tela inicial do simulador
Objeto de Teste:	Binóculo
Caso de Teste:	Testar retorno inicial do binóculos após ser solto
Pré-Condição:	Usuário estar segurando o binóculo
Procedimento:	1. Soltar o binóculo em qualquer lugar.
Resultado Esperado:	O binóculo tenha retornado ao seu ponto inicial

ID do caso de uso	TEST_LOCALV_002.2
Prioridade:	N/A
Caminho do caso de uso:	Tela inicial do simulador
Objeto de Teste:	Binóculo
Caso de Teste:	Testar borda delimitadora da visão do binóculo
Pré-Condição:	Usuário estar segurando o binóculo
Procedimento:	1. Elevar o binóculo a altura dos olhos.
Resultado Esperado:	Usuário visualiza a borda escura delimitadora da visão do binóculo.

ID do caso de uso	TEST_LOCALV_002.3
Prioridade:	N/A
Caminho do caso de uso:	Tela inicial do simulador
Objeto de Teste:	Binóculo

Caso de Teste:	Testar zoom do binóculo
Pré-Condição:	Usuário estar segurando o binóculo
Procedimento:	1. Mirar em um alvo sem estar utilizando o binóculo; 2. Elevar o binóculo a altura dos olhos; 3. Mirar no mesmo alvo utilizando o binóculo.
Resultado Esperado:	Aproximação do alvo observado.

ID do caso de uso	TEST_LOCALV_002.4
Prioridade:	N/A
Caminho do caso de uso:	Tela inicial do simulador
Objeto de Teste:	Binóculo
Caso de Teste:	Testar o laser que serve para mirar um alvo
Pré-Condição:	Usuário estar segurando o binóculo
Procedimento:	1. Mirar em um alvo utilizando o laser
Resultado Esperado:	O laser deverá ficar com a cor verde, caso esteja mirando em um alvo. O laser deverá ficar com a cor vermelha, caso não esteja mirando em um alvo.

ID do caso de uso	TEST_LOCALV_002.5
Prioridade:	N/A
Caminho do caso de uso:	Tela inicial do simulador
Objeto de Teste:	Binóculo
Caso de Teste:	Testar obtenção de informações(nome e a distância) do Alvo
Pré-Condição:	Estar segurando o binóculo na altura dos olhos
Procedimento:	1. Mirar em um alvo.
Resultado Esperado:	O usuário deve visualizar informações do alvo como nome e distância.

4.1. Resultados dos Testes

Os resultados dos testes estão disponíveis em uma planilha no apêndice A.

5. Documentação do Usuário

O simulador dispõe de um ambiente em VR, onde é possível verificar sua localização, andar sobre o terreno que simula o terreno de treinamento real localizado em Formosa - Goiás, localizar alvos até de longa distância com o uso de um binóculo e medir sua distância.

O simulador dispõe dos seguintes itens:

Terreno: depois de imerso no ambiente virtual, o usuário poderá visualizar e andar sobre o terreno, além de também poder visualizar alvos que estão distribuídos estaticamente pelo terreno. A todo instante a posição do usuário é atualizada e mostrada no canto superior direito da tela como mostrado na Figura 6.

Binóculo: como mostrado na Figura 7, o binóculo estará sempre fixo na altura do peitoral do usuário até que seja desafixado com uma das mãos. Caso o usuário solte o binóculo, o objeto retornará a sua posição inicial. Ao elevar o binóculo a altura dos olhos, o usuário deverá ver na tela a borda escura que simula um visor de binóculo, como mostrado na Figura 8.

Telêmetro laser embutido no binóculo: A partir do uso do binóculo, o usuário poderá visualizar na tela um ponto de laser que quando está mirando em algum objeto fica com a cor verde, como mostrado na Figura 8, e quando não está mirando em um objeto fica com a cor vermelha, como mostrado na Figura 9. Quando o ponto do laser está mirando em um objeto, as informações de nome e distância do objeto aparecem na tela do usuário como mostrado na Figura 8.



Figura 6. Visualização da posição do observador no terreno.

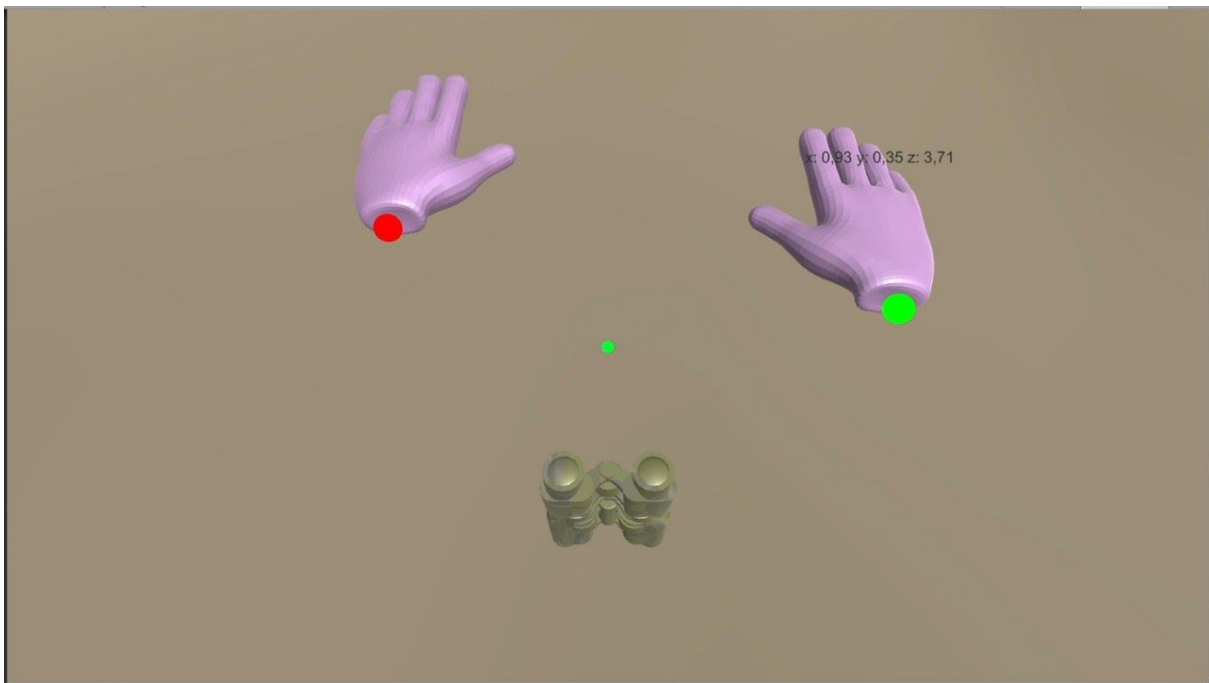


Figura 7. Binóculo disponível na altura do peitoral do usuário.

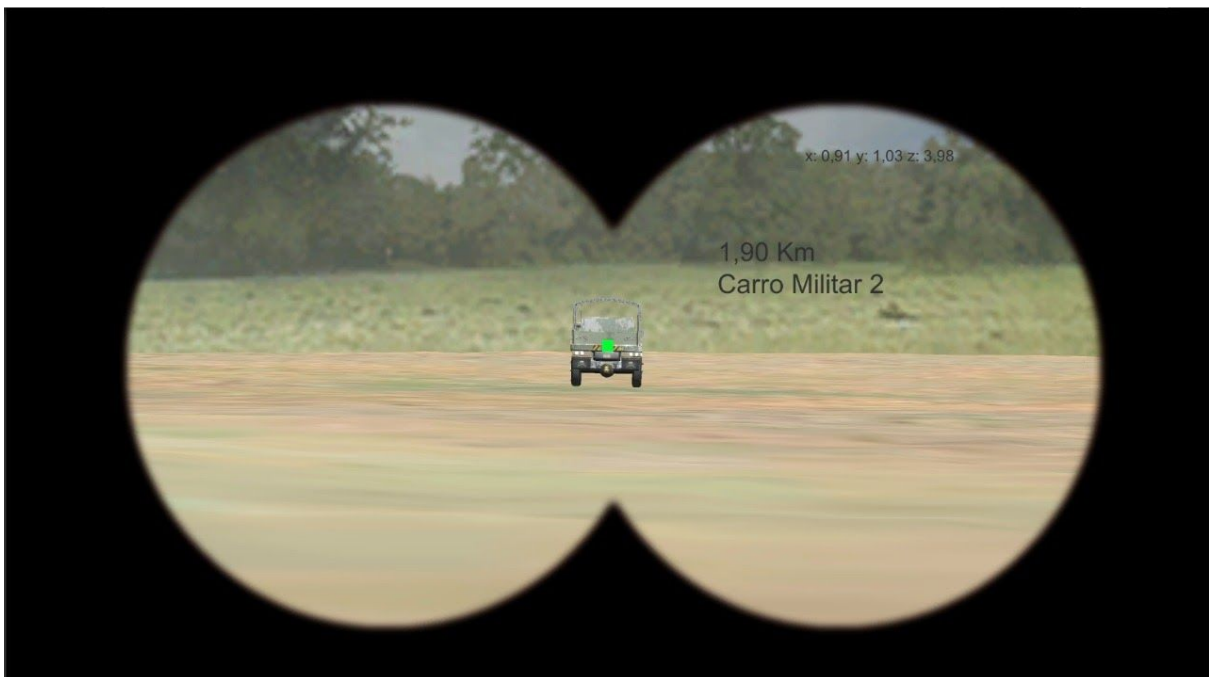


Figura 8. Binóculo medindo a distância entre observador e observado.

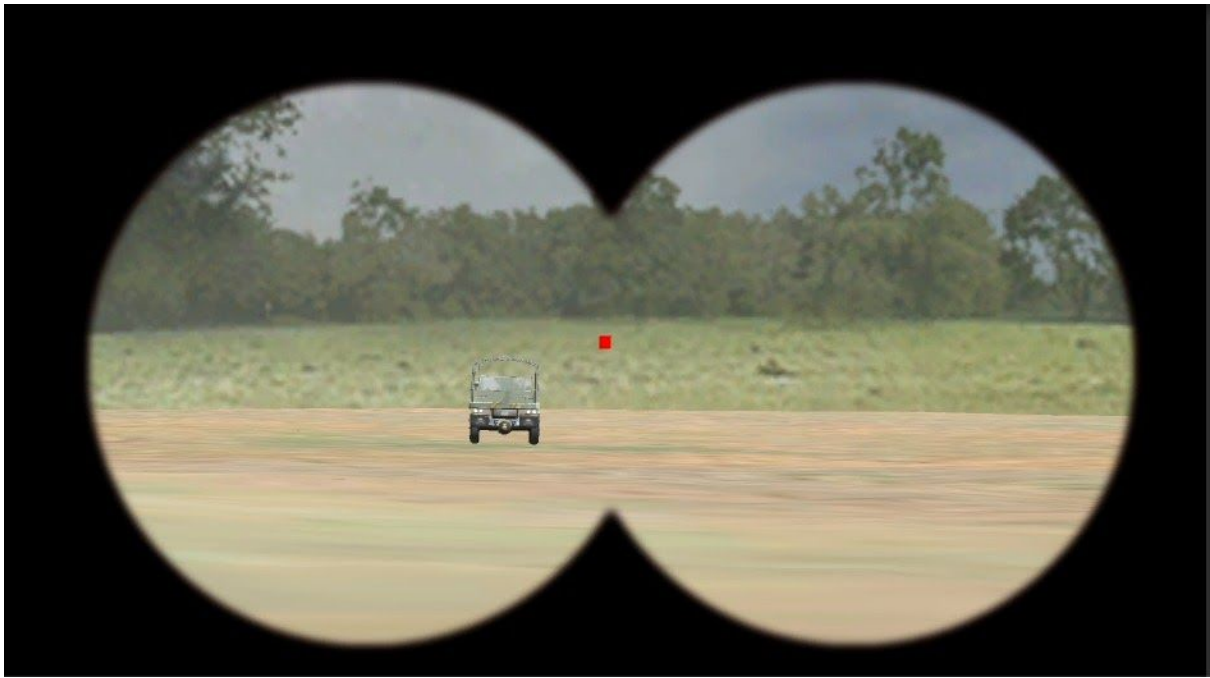


Figura 9. Binóculo sem alvo específico (ponto do laser vermelho).

6. Referências

- [1] BRASIL. C 6-1 - Emprego da Artilharia de Campanha. Brasília: Exército Brasileiro, 1997.
- [2] BRASIL. C 6-130 - Técnica de Observação do Tiro de Artilharia de Campanha. Brasília: Exército Brasileiro, 1990.
- [3] Moreira, Rômulo Girardi. A aplicação da realidade virtual no adestramento do observador de artilharia e generalização da solução com o framework IME VR. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Sistemas e Computação) Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2019.

7. Apêndices

APÊNDICE A – RESULTADOS DOS TESTES.

	Objetivo do C.T.	<Saída>	Resultado Esperado	TaskList					
				Bateria de Teste 001		Bateria de Teste 002			
				Data da Execução	Status	<Entrada>	<Saída>	Data da Execução	Status
Localizar Alvo	TEST_LOCALV_002. 1 - Testar retorno inicial do binóculos após ser solto	O binóculo voltou para o seu lugar de origem.	O binóculos tenha retornado ao seu ponto inicial.	12/11/2020	Aprovado				
	TEST_LOCALV_002. 2 - Testar borda delimitadora da visão do binóculo	A borda demilitadora apareceu logo após a utilização do binóculo.	Usuário visualiza a borda escura delimitadora da visão do binóculo.	12/11/2020	Aprovado				
	TEST_LOCALV_002. 3 - Testar zoom do binóculo	O alvo observado foi visualizado mais de perto.	Aproximação do alvo observado.	12/11/2020	Aprovado				
	TEST_LOCALV_002. 4 - Testar o laser que serve para mirar um alvo	O laser ficou com a cor verde, quando um alvo foi mirado. O laser ficou com a cor vermelha, quando mirado para o céu (sem alvo).	O laser deverá ficar com a cor verde, caso esteja mirando em um alvo. O laser deverá ficar com a cor vermelha, caso não esteja mirando em um alvo.	12/11/2020	Aprovado				
	TEST_LOCALV_002. 5 - Testar obtenção de informações (nome e a distância) do Alvo	A ilustração do texto da distância e do nome do objeto foram mostrados na tela após a mira no alvo.	O usuário deve visualizar informações do alvo como nome e distância.	12/11/2020	Aprovado				
	Objetivo do C.T.	<Saída>	Resultado Esperado	TaskList					
				Bateria de Teste 001		Bateria de Teste 002			
				Data da Execução	Status	<Entrada>	<Saída>	Data da Execução	Status
Localizar Observador	TEST_LOCOBS_001. .1 - Testar se é possível andar sobre o terreno.	Foi possível andar com o personagem sobre o mapa. Personagem ficou sobre o mapa normalmente.	O usuário não deverá flutuar ou atravessar o terreno.	12/11/2020	Aprovado				
	TEST_LOCOBS_001. .2 - Testar se as informações de localização do usuário estão sendo mostradas no canto superior direito da tela	Sempre que o usuário se movimentar pelo mapa, é possível observar sua posição atualizada.	O usuário deverá visualizar informações sempre atualizadas de sua posição no terreno no canto superior direito da tela.	12/11/2020	Aprovado				