



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**INSTITUTO UNIVERSIDADE VIRTUAL**  
**BACHARELADO EM SISTEMAS E MÍDIAS DIGITAIS**

**JOÃO BOSCO VIANA RIBEIRO**

**INFLUÊNCIA DO USO DE MÍDIAS DE VÍDEOS EM 3D E SIMULADORES NO  
PROCESSO DE APRENDIZAGEM EM TREINAMENTOS OPERACIONAIS**

**FORTALEZA-CE**

**2022**

JOÃO BOSCO VIANA RIBEIRO

INFLUÊNCIA DO USO DE MÍDIAS DE VÍDEOS EM 3D E SIMULADORES NO  
PROCESSO DE APRENDIZAGEM EM TREINAMENTOS OPERACIONAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
como requisito parcial para obtenção do grau  
de Bacharel em Sistemas e Mídias Digitais,  
Curso da Universidade Federal do Ceará (UFC)  
Campus do Pici, Fortaleza.

Orientador:

Prof. Dr. Adriano A. Oliveira

FORTALEZA  
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

R369i Ribeiro, João Bosco Viana.

Influência do uso de mídias de vídeos em 3D e simuladores no processo de aprendizagem em treinamentos operacionais / João Bosco Viana Ribeiro. – 2022.  
50 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto UFC Virtual, Curso de Sistemas e Mídias Digitais, Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Adriano Anunciação Oliveira.

1. Produção virtual. 2. Game engine. 3. Simuladores industriais. 4. Aplicações 3D. I. Título.

CDD 302.23

---

JOÃO BOSCO VIANA RIBEIRO

INFLUÊNCIA DO USO DE MÍDIAS DE VÍDEOS EM 3D E SIMULADORES NO  
PROCESSO DE APRENDIZAGEM EM TREINAMENTOS OPERACIONAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
como requisito parcial para obtenção do grau  
de Bacharel em Sistemas e Mídias Digitais,  
Curso da Universidade Federal do Ceará (UFC)  
Campus do Pici, Fortaleza.  
Orientador: Prof. Dr. Adriano A. Oliveira

Aprovada em: 19/12/2022

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Adriano A. Oliveira (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Neil Armstrong Rezende  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Me. Ismael Pordeus Bezerra Furtado  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por sempre me conceder saúde, força e perseverança para seguir sempre em frente e não desistir nunca.

A minha família, que sempre esteve ao meu lado a me incentivar a vencer os desafios e que muito me ajudaram a tornar tudo isso possível

A minha filha, Letícia que incentivado pelos seus estudos, me fez ingressar novamente na Universidade.

Ao meu orientador, Professor Adriano, que me apresentou e fez despertar a curiosidade e aprofundar na área de Games Engine e pela dedicação e orientação me ajudou muito na conclusão deste trabalho.

Aos professores da UFC do curso de Sistemas e Mídias Digitais de uma forma geral e mais particularmente a Glauiney Mendonça, Robson Loureiro, Fernando Lincoln, Leonardo Moreira, Windson Viana, Neil Armstrong Ticianne Darin que desde o início do curso se dedicaram a envolver os alunos e me ajudaram no aprendizado no universo de conhecimento disponibilizado pelo curso.

Aos amigos da UFC, Diego David, Paulo Serpa e Fernando Araújo que me ajudaram bastante durante minha caminhada no curso e ao Fernando Araújo e João Victor Alves que me ajudaram e me apoiaram na produção deste trabalho.

## RESUMO

O uso das novas tecnologias em desenvolvimento de Games e sua evolução, levou ao uso em diversas áreas muito além da diversidade existente de jogos e de diversão . Uma destas novas abrangências foi no uso em simulações realistas e assim, permitindo atender novas demandas para realização de treinamentos em áreas críticas e que exigem o uso de aplicações virtuais, já que a utilização de ação direta traz elevados riscos aos equipamentos, pessoas e ao ambiente. Cada vez mais sistemas baseados em tecnologia de vídeo game vem sendo empregados também como etapas de processo de treinamento. Desta forma, este trabalho se propõe a criação de uma simulação simples em área industrial usada para treinamento e operacional, como uma alternativa mais rápida, eficiente e com baixo custo em comparação com as formas atuais através do uso da *Game Engine* Unreal da Epic Games. Entendemos que a importância de um aprendizado técnico através da tecnologia de jogos e o uso do 3D além de dar maior abrangência nos aspectos de segurança e confiança, poderão evoluir juntamente com estas tecnologias e envolver o uso da realidade virtual (VR), em novas atualizações e novas aplicações. Nesta aplicação proposta, abordamos manobras que envolvem processos produtivos em indústrias de processamentos de óleos, combustíveis, envolvendo também a área elétrica que atinge todo universo industrial e produtivo. Para isso, serão analisados dados técnicos de acidentes envolvendo algumas áreas industriais evidenciando a importância da necessidade de aperfeiçoar o aprendizado com novas tecnologias.

**Palavras-chave :** Produção virtual, Game Engine, Simuladores industriais, aplicações 3D.

## ABSTRACT

The use of new technologies in game development and its evolution, led to its use in several areas far beyond the existing diversity of games and entertainment. One of these new scopes was the use in realistic simulations and thus, allowing to meet new demands for carrying out training in critical areas and that require the use of virtual applications, since the use of direct action brings high risks to equipment, people and the environment. More and more systems based on video game technology are also being used as steps in the training process. In this way, this work proposes the creation of a simple simulation in an industrial area used for training and operational, as a faster, more efficient and low cost alternative compared to the current forms through the use of the Game Engine Unreal from Epic Games. We understand that the importance of technical learning through game technology and the use of 3D, in addition to providing greater coverage in aspects of security and trust, may evolve together with these technologies and involve the use of virtual reality (VR), in new updates. and new applications. In this proposed application, we approach maneuvers that involve production processes in oil and fuel processing industries, also involving the electrical area that affects the entire industrial and productive universe. For this, technical data from accidents involving some industrial areas will be analyzed, highlighting the importance of the need to improve learning with new technologies.

**Keywords :** Virtual production, Game Engines, Industrial simulators, 3D applications..

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 — Gráfico de Acidentes aereos nos últimos 10 anos.....	16
Figura 02 — Conjunto de Bombas em área industrial.....	24
Figura 03 — Disjuntores de Equipamentos na Substação Elétrica .....	25
Figura 04 — Representação da Interação Situação Inicial.....	27
Figura 05 — Representação da Interação Troca de Bombas.....	27
Figura 06 — Representação da Interação Liberação Bomba.....	28
Figura 07 — Representação da Interação Situação Final.....	28
Figura 08 — Diagramas Lógicos-01.....	29
Figura 09 — Diagramas Lógicos-02.....	30
Figura 10 — Diagramas Lógicos-03.....	31
Figura 11 — Imagens de ambientes do Pack 01- <i>Modular Underground Environment</i> .....	34
Figura 12 — Imagens de ambientes do Pack 01- <i>Modular Underground Environment</i> .....	34
Figura 13 — Imagens de ambientes do Pack 01- <i>Modular Underground Environment</i> .....	35
Figura 14 — Imagens de ambientes do Pack 01- <i>Modular Underground Environment</i> .....	35
Figura 15 — Imagens de modelos 3D importados e utilizados através do Blender.....	37
Figura 16 — Imagens de ambiente-01 do Pack 01 modificadas (ainda não finalizadas).....	38
Figura 17 — Imagens de ambiente-02 do Pack 01 modificadas (ainda não finalizadas).....	38
Figura 18 — Imagens de ambiente-03 do Pack 01 modificadas (ainda não finalizadas).....	39
Figura 19 — Imagens de ambiente04 do Pack 01 modificadas (ainda não finalizadas).....	39
Figura 20 — Imagens de ambiente-05 do Pack 01 modificadas (ainda não finalizadas).....	40
Figura 21 — Estrutura criada para arquivos e objetos importados e utilizados.....	41
Figura 22 — Estrutura criada para organizar e agrupar objetos do projeto na Label.....	41
Figura 23 — Imagens do ambiente com os objetos inseridos e correção da iluminação.....	42
Figura 24 — Imagens do ambiente com um conjunto de bombas para simulação.....	43
Figura 25 — Imagens do ambiente com um outro conjunto de bombas para simulação.....	43
Figura 26 — Imagens do ambiente com os objetos inseridos e correção da iluminação.....	44
Figura 27 — Imagens do ambiente com os objetos inseridos e correção da iluminação.....	44
Figura 28 — Imagem do ambiente em de execução com o personagem na 3ª Pessoa. ....	45
Figura 29 — Imagem de uma Blueprint da animação do personagem.....	46
Figura 30 — Imagem do ambiente em de execução com o personagem na 3ª Pessoa. ....	46
Figura 31 — Imagem do ambiente em de execução com o personagem na 3ª Pessoa. ....	47
Figura 32 — Imagem do ambiente em de execução com o personagem na 3ª Pessoa. ....	47

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

NR-10 – NORMA REGULAMENTADORA No 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade

CENIPA (Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos)

ABRACOPEL – Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade

## SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO .....	11
2- DESENVOLVIMENTO.....	20
2.1 Analisando aspectos da Unreal Engine .....	20
2.2 Unreal Engine e Produção Visual .....	22
3. RELATÓRIO DE DESENVOLVIMENTO .....	25
3.1 Roteiro do Treinamento Simulado.....	25
3.2 Escolhas dos Assets, ambientes e objetos dinâmicos. ....	34
3.3 Construção do ambiente para simulação.....	38
3.4 Montagem dos equipamentos no ambiente industrial.....	43
3.5 Interação por Blueprint .....	46
3.6 Testes .....	49
4. CONCLUSÃO.....	50
Referências .....	51

## 1- INTRODUÇÃO

Atualmente, o papel de mídias audiovisuais retrata um histórico de grande crescimento e diversificação abrangendo diversas áreas do conhecimento, lazer e trabalho. Já podemos contar com o uso de tecnologias 3D para criar vídeos animados de forma a reproduzir cenas e fatos ocorridos de forma muito mais clara e de fácil entendimento. O processo de aprendizagem nos treinamentos técnicos e operacionais de maior complexidade necessitam de melhores recursos que facilitem o entendimento e possibilite simular operações perigosas, pois são difíceis de serem filmadas ou realizadas na prática.

Desta forma entendemos que os recursos audiovisuais devem fazer parte deste processo de capacitação pois, facilitará bastante no entendimento, reduzirá bastante o tempo de treinamento e na realização do efetivo objetivo, que é dar conhecimento e um pouco de prática aos técnicos envolvidos nos trabalhos mais complexos e perigosos, pois existem áreas críticas que demandam treinamentos baseados em simulação, pois a ação direta traz riscos tanto a pessoas como para os equipamentos. Exemplos disso, podemos ver na área elétrica e industrial onde existem riscos decorrentes da eletricidade, com altas tensões de operação e várias manobras para garantir as operações. Outros exemplos como áreas de indústrias de Petróleo também possuem estas características.

Como uma possível solução para o uso destes recursos nos treinamentos técnicos, podemos ter o emprego de animação computacional para representar situações difíceis de serem apresentadas, tanto porque podem representar perigos e elevar os riscos operacionais como podem representar custos elevados para serem criados vídeos de filmagens reais para esta finalidade.

Sabemos que as animações tradicionais foto realistas em 3D levam muito tempo dispendido para sua criação, além de representar um custo maior para sua produção. E isto pode representar um problema na utilização de mídias para os treinamentos técnicos.

Para alguns setores como o setor Elétrico, Setor da Aviação, automobilismo e setor do petróleo (produção e Refino), podem usufruir de uso de simuladores, já que são repletos de operações complexas, perigosas e que não toleram o erro humano, já que possuem riscos de acidentes, lesão e morte de pessoas, além de risco ao patrimônio tangível e intangível. Desta forma, a demanda por simuladores realistas, que deixem claros os procedimentos a serem executados é crescente. No caso do setor do Petróleo, também

existem riscos ambientais em determinadas situações fora de controle que possam atingir áreas fora dos limites da própria empresa.

Cada vez mais sistemas baseados em tecnologia de vídeo game vem sendo empregados também como etapas de processos de treinamento. Exemplos bastante utilizados são os simuladores de voos e de carros (usados nas auto escolas)

O levantamento da quantidade de acidentes por setor, poderá demonstrar estes fatos citados, além de revelar a importância de termos pessoas devidamente capacitadas e preparadas para atuar nas áreas operacionais de várias áreas de produção.

Uma forma de amenizar este problema levantado, está no emprego de animações e vídeos, que há muito tempo tem cumprido papel relevante em treinamentos, preparando os treinandos para os processos em que são treinados. Na utilização de novas tecnologias usadas para criação de videogames, que com o desenvolvimento das plataformas de criação e as novas perspectivas de uso, estão simplificando a produção de animações realistas, permitindo assim, uma redução nos custos e no tempo de execução, além de permitir uma visão bem próxima da realidade, já que podem ser utilizadas com renderização em tempo real, como ocorre nos videogames mais atuais.

Com estas novas tecnologias, muitos pontos e perspectivas são permitidas, pois abrem também a possibilidade de interatividade com as mídias produzidas e que em situações de treinamento, podem funcionar como simuladores de operações, e assim, facilitar bastante o aprendizado e o interesse pelo aprendizado.

Na busca de atingir suas metas de redução de acidentes e de alertar empregados sobre acidentes ocorridos, muitas empresas já estão investindo no uso de recursos audiovisuais com o uso de animação computacional em 3D, como uma forma de difundir e fixar o conhecimento aprendido em ocorrências perigosas e com lesões a pessoas e ao patrimônio. Assim, além de permitir uma análise mais detalhada dos fatos ocorridos em acidentes, permite também alertar a todos envolvidos para os perigos e riscos existentes, e reduzir os problemas decorrentes de um treinamento inadequado e ineficiente para determinadas operações mais complexas e que exigem conhecimento técnico e específico para sua área de atuação.

A proposta desse trabalho é desenvolver uma aplicação digital interativa para simular uma etapa de treinamento no ambiente industrial envolvendo a área operacional e área elétrica através do uso das *Game Engineers*.

A motivação para esta abordagem, surgiu pela experiência de trabalhos em áreas operacionais industriais de processamento de petróleo e derivados e suas demandas por

conhecimento e aprendizagem, e o contato com o desenvolvimento de ambientes com o uso da *Game Engine* Unreal da Epic Games no curso de Sistemas e Mídias Digitais – SMD em disciplina de Instalações Multimídia e a participação de grupo de estudo sobre a Unreal e recentemente no LABVIS que foi criado no bloco do SMD para pesquisas e extensão sobre tecnologias voltadas para interação e simulação em 3D.

A princípio, nosso interesse neste assunto, veio através da experiência de treinamentos e alertas de segurança visando evitar acidentes durante período de trabalho na empresa Petróleo Brasileiro S/A – Petrobrás, além das dificuldades ocorridas durante a Pandemia da COVID-19, quando a grande maioria do ensino e aprendizagem tiveram que sair do modo presencial e passaram a ser de forma remota, ou através de aulas virtuais e após o conhecimento inicial do uso do Blender para a criação de cenários e migração para dos modelos para a *Game Engine* Unreal, além do contato inicial dos recursos de outros aplicativos que facilitam e agilizam a criação tanto de cenários como de personagens na Unreal.

Visando viabilizar a criação de vídeos, cenários e até simulação de situações para agilizar os treinamentos, buscamos formas que permitissem reduzir custos e o tempo dedicado as etapas para implementar estes recursos audiovisuais, sendo assim, tivemos que abordar a evolução dos recursos disponíveis para o desenvolvimento de jogos através das *Game Engines*, antes chamados Motores de jogos, e que na década de 1990 este termo passou a ser usado e que são hoje, as principais ferramentas atuais para esta finalidade e onde houveram grandes evoluções nos últimos anos, afinal o desenvolvimento de jogos normalmente representa uma área onde muito investimento e estudos tanto de programação como de design. A evolução contínua das *Game Engines* criou uma forte separação entre renderização, script, arte e design de níveis.

A plataforma escolhida foi a *Game Engine* Unreal, tanto pela experiência inicial na disciplina citada, como pela seguintes características:

- É gratuita (só se cobram royalties a partir de um faturamento muito alto);
- Tem amplo uso e uma comunidade crescente, o que provê fartos tutoriais e ajuda colaborativa para solução de problemas de desenvolvimento;
- O ecossistema em torno da Unreal permite acesso a uma quantidade enorme de Assets (conteúdo) que podem ser usados de modo gratuito ou com baixíssimo custo;

- Permite a programação da interatividade a partir de Blueprints (programação por módulos gráficos, minimizando o conhecimento de complexas sintaxes de programação).

Diante disso, o emprego da Unreal nos permitiu focar os esforços no conceito geral da simulação proposta, simplificou e reduziu custos para o desenvolvimento.

Mas para enaltecer as características disponíveis na Unreal, que está na sua versão 5.1, precisamos citar que nesta nova versão, os conteúdos e experiências 3D em tempo real estão nesta última geração com maior liberdade, fidelidade e flexibilidade do que nunca. Ela traz, a partir da versão 5.0, uma série de melhorias, com destaque para os recursos Lumen e Nanite. Onde segundo a Epic, o Lumen é uma “solução de iluminação global totalmente dinâmica que permite criar cenas realistas em que a iluminação indireta se adapta rapidamente às mudanças na iluminação direta ou na geometria”. Sobre o Nanite, é um novo sistema de micropolígonos virtualizado do UE5 que oferece a capacidade de criar jogos e experiências com grandes quantidades de detalhes geométricos. Isso possibilita cenários extremamente realistas, ricos em detalhes e que se mantêm com uma taxa de quadros sem perder fidelidade. Além disso, existe um ótimo modelo de negócio encontrado pela Epic Games. A companhia parece ter acertado em construir uma estratégia que visa o lucro por meio dos royalties, ao mesmo tempo em que “democratiza” o desenvolvimento de jogos e outros trabalhos com suas versões gratuitas do motor.

As facilidades permitidas com o uso da ligação de outras ferramentas que permitem o uso de materiais, texturas, assets, elementos e objetos em 3D, além de agilizar a criação de cenários, permitem a inclusão de cenários prontos, pagos ou gratuitos fornecidos através do Marketplace da Epic ou importados através do Quixel Bridge. Estes recursos são fundamentais para agilizar os trabalhos e reduzir os custos de projetos desenvolvidos.

A evolução ocorridas na Engines e como exemplo na Unreal 5.1, hoje permite o uso além dos Games, nas áreas de Arquitetura, Filmes e TV, Animações, na área automotiva e transportes além de simuladores, além do uso em realidade virtual, em interfaces humana e realidade aumentada. São estes recursos que nos motivam a realizar este trabalho e a pesquisar sobre o uso de ferramenta tão poderosa para atender da melhor forma uma área que necessita de melhores recursos para agilizar e aperfeiçoar os treinamentos.

Para uma melhor experiência e agilizar o aprendizado, é interessante o uso da Realidade Virtual (RV), que mesmo não sendo o objeto de estudo e desenvolvimento deste trabalho, pode ser definida como uma “interface avançada do usuário” para acessar

aplicações no computador. Esta interface possui a visualização e movimentação em ambientes tridimensionais, em tempo real, e proporciona interação com elementos desse ambiente (TORI & KIRNER, 2006).

A metodologia aplicada foi:

1. Definição do treinamento a ser simulado e roteirização da simulação
2. Escolha de Assests e Templates
3. Construção do ambiente virtual
4. Criação de interação por BluePrints
5. Testes

Como preparação para o desenvolvimento deste trabalho, foi realizado um levantamento de dados sobre acidentes ocorridos na indústria

No setor Elétrico, segundo informações do Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica (2022), Conforme os dados da Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade (ABRACOPEL), foram 1.585 acidentes no ano que passou contra 1.502 no ano anterior. Já o número de mortes foi de 761. E detalhando estes dados, temos que: Do total de acidentes de origem elétrica registrados na atual edição do Anuário, 898 são por choques elétricos (56.65%), com 674 vítimas fatais (89%); 637 por incêndios por sobrecarga (40.18,0%), com 47 mortes (6.0%); e 50 por descarga atmosférica (3,15%), com 40 mortes (5.0%). Distribuindo as mortes por choques elétricos por região, tivemos, 242 no Nordeste, 129 no Sudeste e 110 na região Sul , 97 na região Norte e 96 no Centro Oeste.

No setor da aviação o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA, ) revela a estatística onde mostra queda no número de acidentes aeronáuticos, em 2019. Conforme a análise dos dados feita pela Assessoria de Estatística do CENIPA, foram registrados 153 acidentes aeronáuticos, no ano passado, sendo 35 deles com fatalidade.

Quando comparados com os números de 2018 é percebida queda de 7,8% no número de acidentes e de 5,4% no número de acidentes com fatalidade. Ainda comparando os dois últimos anos da aviação civil, temos uma queda de 22,8% na quantidade de vítimas fatais. Acessando o Painel SIPAER podemos observar e analisar gráficos de acidentes dos últimos 10 anos com diversas formas de visualização com alteração de filtros, por segmentos, classificação etc. <http://painelsipaer.cenipa.aer.mil.br>.

## Panorama dos acidentes nos últimos 10 anos



Figura 01 – Gráfico de Acidentes aéreos nos últimos 10 anos – Painel SIPAER- CENIPA

Na indústria do Petróleo, podemos observar em alguns trabalhos e artigos que abordam sobre acidentes e seus impactos onde podemos observar alguns resultados importantes para uma análise do problema e avaliar alternativas para reduzir estes acidentes. Segundo Guida, Figueiredo e Hennington (2020), entre os anos de 2001 e 2016 houveram 222 mortes com predominância de fatalidades na área de exploração e produção (55,0%), área de refino (15,0%) e engenharia/obras (13,0%). As plataformas apresentaram o maior número de óbitos (19,4%), seguida das refinarias (14,4%) e poços de petróleo (8,1%); veículos automotores causaram 15,8% dos acidentes fatais. Uma das causas apresentadas é a falta da percepção de riscos pelos envolvidos nos acidentes.

Muitos acidentes nesta área industrial além de afetar as pessoas, poderão trazer impactos ambientais, o que atualmente representa uma enorme preocupação para os governos em geral, e deve ser estritamente controlad por razões políticas, econômicas e ambientais principalmente (MOREIRA, 2017)

Diante destes números e estatísticas de acidentes, podemos perceber o quanto é importante o treinamento eficaz dos técnicos e operadores destes setores citados. Para isso, este trabalho procura melhorar a experiência do usuário com o uso de simulador de procedimento e operação que poderá ser utilizado na indústria como nos setores citados.

Assim, através do uso de simuladores, temos uma série de novas opções que nos permitem criar soluções de treinamento em ambientes de maior periculosidade, como é o caso da indústria petrolífera (ALVES et al., 2010).

A escolha do exemplo de uso de simuladores no ambiente industrial, foi mais voltada para uma atividade relacionada a área elétrica, que faz parte da grande maioria das indústrias pois aborda uma atividade fundamental para o funcionamento de máquinas, equipamentos, e desta forma, poderá abranger uma gama maior de empresas onde seu uso poderá ser bastante aprofundado e desenvolvido, e assim, também poderá representar um grande ganho de aprendizado, bem como poderá representar situações de grande risco, sem a necessidade de atuar no maior risco, já que a simulação em 3D poderá ser bem realista, para acelerar o aprendizado, sem haver qualquer perdas por riscos tanto operacionais como de perdas por danos aos equipamentos ou pessoas.

Como o Ministério do Trabalho e Previdência criou a Norma Regulamentadora No 10 (NR-10) que foi originalmente editada pela Portaria Mtb no 3.214 de 08 de junho de 1978, sob o título “Instalações e Serviços de Eletricidade” de maneira a regulamentar os artigos 179 a 181 da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), conforme redação dada pela Lei No 6.514 de 22 de dezembro de 1977, que alterou o Capítulo V (Da Segurança e da Medicina do Trabalho) do Título II da CLT. Após de várias atualizações e revisões, atualmente está com a nomenclatura de NR-10 SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE e teve sua última modificação pela Portaria SEPRT 915 de 30/07/2019. Nesta Norma, consta a obrigatoriedade de treinamento e reciclagem para o pessoal envolvido com operações, manobras e manutenção em equipamentos e instalações elétricas, de forma a ter uma grande importância tanto para o desenvolvimento do treinamento como da segurança nas operações pelas pessoas envolvidas, e a qualidade do aprendizado é fundamental para o bom resultado operacional das empresas de um modo geral, bem como para garantir a prevenção de acidentes dos envolvidos como nas instalações industriais.

Desta forma, foi escolhido o conteúdo do item 10.5 da NR-10 que aborda a Segurança em instalações elétricas desenergizadas para elaborar uma simulação de forma a evitar falhas operacionais e de manutenção com a observação de todos os itens constantes na Norma e assim facilitar a fixação dos conhecimentos e evitar o esquecimento de algum passo importante na liberação do equipamento para manutenção e o retorno a operação. Segue o item citado.

“10.5.1 Somente serão consideradas desenergizadas as instalações elétricas liberadas para trabalho, mediante os procedimentos apropriados, obedecida a seqüência abaixo:

- a) seccionamento;
  - b) impedimento de reenergização;
  - c) constatação da ausência de tensão;
  - d) instalação de aterramento temporário com equipotencialização dos condutores dos circuitos;
  - e) proteção dos elementos energizados existentes na zona controlada (Anexo II);
- (Alterada pela Portaria MTPS n.º 508, de 29 de abril de 2016)*
- f) instalação da sinalização de impedimento de reenergização..”

Apesar deste item da NR-10 tratar do roteiro a ser seguido para trabalhos em equipamentos elétricos desenergizados, nossa proposta para o uso de uma simulação através da Unreal, evidenciamos a preparação do equipamento para entrega ao eletricitista, já que nossa proposta é encontrar uma forma simples de utilização desta nova fórmula de aprendizagem, e que facilita o entendimento e uso desta plataforma. Afinal a realização de serviços em instalações elétricas, envolve as etapas de liberação do equipamento, a execução da manutenção e o retorno a operação. Sendo assim, iremos tratar nesta nossa proposta, apenas da liberação do equipamento como etapa inicial de um treinamento mais amplo e que envolve profissionais de áreas diferentes.

Existe uma linha tênue entre o conceito de simulação e simulador, onde sob o ponto de vista mais limitado, podemos considerar que um simulador é uma máquina, um programa ou um equipamento que objetiva aumentar as habilidades pessoais para o que está sendo proposto, em situações hipotéticas e controladas. Já numa análise mais aprofundada, nota-se que o simulador é a diferença do ambiente físico e sócio-político, fundamental para alcançar o objetivo do treinamento, pois é feito para representar uma situação real, porém na construção omite-se determinados aspectos da real situação. (RAMOS, 1991)

Neste exemplo de simulação, abordaremos os aspectos visuais e os pontos que serão abordados visando fixar os conhecimentos operacionais para uma determinada manobra elétrica ou liberação de equipamentos para serviços de manutenção.

## 2- DESENVOLVIMENTO

Para o desenvolvimento deste trabalho, após a obtenção de informações sobre acidentes ocorridos nas áreas industriais, o levantamento de informações sobre a Unreal e suas características e a busca de informações normativas para definir o assunto a ser abordado no projeto de simulação.

Com este conjunto de pontos levantados, pudemos definir uma simulação proposta para implementação e a construção de cada etapa até sua finalização e atendimento do nosso propósito.

### 2.1 Analisando aspectos da Unreal Engine

Para permitir executar nosso trabalho e criar uma aplicação digital interativa para simular uma etapa de treinamento para liberação de equipamentos industriais através da Engine Unreal, levantamos vários pontos importantes para escolher esta *Game Engine*. Fizemos uma análise do histórico de desenvolvimento desta *Game Engine*, as características e avaliação do uso da Unreal Engine como plataforma de criação de vídeos e simulações gamificadas para treinamento. Afinal o desenvolvimento de software e em particular, de jogos sempre atraiu a atenção e o interesse como uma porta de entrada para novos desenvolvedores ingressarem no mundo da computação.

Inicialmente era necessário o conhecimento de linguagens de programação altamente complexas como o Assembly; depois foi necessário ter conhecimento em uma linguagem de alto nível como o C++ e, finalmente o espaço parece ter sido dominado por motores, como a Unity e Unreal. De modo que essa migração da forma de desenvolvimento, demandas por conhecimentos específicos de programação atingindo situações nas quais o desenvolvimento se baseia quase que exclusivamente no design do jogo desejado. Estas evoluções ocorridas na Unreal permitiu facilitar bastante as dinâmicas e interações, utilizando a *Blueprint*, que é um recurso que permite aos criadores de conteúdo, adicionar funcionalidades facilmente às classes existentes no game. As Blueprints são criadas dentro do Editor da Unreal usando recursos visuais ao invés da digitação de códigos, e são salvos em pacotes de conteúdo para utilização nas cenas.

Além da necessidade do conhecimento de linguagens mais complexas, ainda exigiam know-how sobre o desenvolvimento gráfico, uma vez que tudo deveria ser implementado na linguagem. Com o surgimento das bibliotecas gráficas: DirectX (primeiro

release em 1995 [Microsoft 2007]), OpenGL (primeiro release em 1992 [Group 2019] e Mesa (primeiro release em 1995 [Mesa3D 2020]).

Segundo Sherer D. et al (2020), estas bibliotecas permitiram fornecer aos desenvolvedores conjuntos de comandos que permitiam utilizar objetos e realizar operações, principalmente em aplicações 3D. O DirectX foi a resposta da Microsoft ao OpenGL. Já o Mesa era uma versão open-source do OpenGL. Assim os jogos puderam evoluir significativamente e aproveitar o potencial das placas de vídeo dos computadores, além de reduzir a complexidade para os desenvolvedores.

Segundo, Esdras Rocha (2013), “*Game Engines* (Motores de jogos) permitem facilitar a reutilização de software, aumentando assim a praticidade, produtividade, mantendo o foco diretamente para as regras, funcionalidades, características e fundamentos do produto: o jogo” (Oliveira, 2013).

A evolução contínua das Games Engines gerou uma forte separação entre renderização, script, arte e design de níveis. Juntamente com o avanço das tecnologias elas não são mais limitadas só para desenvolvedores de jogos, estão sendo usadas em outras áreas como na medicina em treinamento cirúrgico simulado [Marks et al. 2008] e também está sendo inserida na área de arquitetura para simulações [Buyuksalih et al. 2017].

Após estes detalhes iniciais, vamos abordar mais diretamente a Unreal Engine que aplica estas novas tecnologias de visualização em tempo real no contexto da produção audiovisual de forma que esta forma de utilização está aumentando de forma exponencial.

Esta etapa busca analisar a aplicabilidade do motor de jogo Unreal Engine (Epic Games, Inc, North Carolina, EUA) na fase inicial da produção audiovisual como ferramenta de grande facilidade nos processos artísticos e técnicos pelos criadores.

Um conceito importante para o entendimento deste progresso tecnológico é o termo do uso de 3D em tempo real, que é uma tecnologia de computação gráfica que gera conteúdo interativo mais rápido do que a percepção humana. Esta interatividade está no núcleo do 3D em tempo real. Diferente dos filmes, por exemplo, que criam a percepção de movimento, mas oferecem a mesma experiência passiva para o público, o 3D mergulha as pessoas numa realidade digital que parece autêntica enquanto oferece a elas o controle sobre a experiência, muito semelhante a um vídeo game. Estas experiências em tempo real são fundamentalmente, imersiva, pois a representação digital da realidade se aproxima da autenticidade de nossa experiência analógica da realidade e interativa, pois os usuários têm o controle preciso sobre a experiência e um ponto de vantagem.

Visando superar os constantes desafios de produtividade e eficiência, as empresas estão usando o 3D em tempo real para enfrenta-los da melhor forma, pois obtém os benefícios de Economia de custos, com a percepção antecipada de falhas de design e engenharia e o uso do sequenciamento da construção para possibilitar alcançar o prazo previsto; Ganhar mais projetos ao permitir apresentar projetos aos clientes em VR (Realidade Virtual) e criar aplicativos avançados em AR (Realidade Aumentada) e o Tempo de comercialização mais rápido ao permitir a colaboração e a comunicação entre negócios e dados federados de diferentes softwares em um modelo.

Além destas áreas já citadas, as tecnologias de tempo real, especialmente os motores de jogos, estão sendo implementadas no processo cinematográfico. Isto reforça nossa investigação e reflexão sobre as aplicações e resultados obtidos, pois estas tecnologias representam um novo paradigma para produção audiovisual, tornando sua implementação cada vez mais relevante, pois, na indústria de entretenimento, a integração em filmagens reais de elementos 2D/3D, deparavam-se até recentemente, com um problema comum: o tempo e custos de renderização necessários para converter os elementos digitais tridimensionais em imagens estáticas (sequenciais) que permitem a edição de vídeo.

A utilização destas tecnologias, está alterando a forma e os custos envolvidos nas diversas etapas de produção de obras televisivas e cinematográficas, desde o Desenvolvimento, a Pré-produção, a Produção e o Pós-produção.

Apenas como um exemplo, na Pré-visualização na etapa de Pré-produção, que pode ser bidimensional ou tridimensional, estática (storyboard) ou animada (animatic) e onde se definem ritmos audiovisuais para completar a narrativa. Com o uso destas tecnologias, novos recursos e efeitos como parallax, zoom, pan entre outros, e permite uma maior dinâmica às imagens além de permitir a transferência do storyboard para o universo 3D que mesmo com baixa qualidade final, consegue definir uma narrativa visual mais apelativa e detectando futuros problemas

## **2.2 Unreal Engine e Produção Visual**

Muitos aspectos que pudemos obter sobre a Unreal dentre outras *Game Engines* e que foram fundamentais para a definição desta plataforma para executar nosso projeto de simulação.

O conhecimento e experiência inicial com a Unreal, ocorreu durante a disciplina de Experimentos em Multimídia cursada em 2021.2 quando pudemos perceber a grande facilidade do uso desta poderosa ferramenta bem como suas fortes ligações com outros aplicativos que são suporte para o desenvolvimento de objetos e cenários em 3D. Além de plugins, exportação e importação de objetos, texturas e materiais oriundos tanto do Blender como outros aplicativos intrinsecamente interligados com a Unreal permitiram uma experiência muito emocionante e nos despertou grande interesse em aprofundar esta plataforma.

Uma ferramenta gratuita a partir da versão 3.0 e a criação do Marketplace para comercialização e/ou distribuição de pacotes na versão 4.0 e com uma grande diversidade de possibilidades de agregar muitos outros recursos e assim facilitar a criatividade e o desenvolvimento foram fundamentais para a decisão de utilização neste trabalho. Para estudos e pequenos trabalhos, é fundamental este incentivo, por não gerar custos iniciais ou em caso de aquisição de alguns objetos, e templates a custos promocionais, pois a Epic Games só cobra atualmente dos desenvolvedores, baixos percentuais de 5% de royalties apenas para faturamentos muito elevados, ou seja, somente após os primeiros US\$ 3.000,00 por produto, por trimestre. Desta forma ocorre uma democratização da ferramenta e que fomentou o segmento de desenvolvimento de jogos.

As facilidades permitidas com o uso da ligação de outras ferramentas que permitem o uso de materiais, texturas, assets, elementos e objetos em 3D, além de agilizar a criação de cenários, permitem a inclusão de cenários prontos, pagos ou gratuitos fornecidos através do Marketplace da Epic ou importados através do Quixel Bridge ou até do próprio Blender. Estes recursos são fundamentais para agilizar os trabalhos e reduzir os custos de projetos desenvolvidos. Podemos encontrar muitas templates, pacotes prontos, Blueprints prontas para interação, que além de facilitar o aprendizado, agilizam bastante a produção de projetos nesta plataforma. Podemos chamar de o “ecossistema” em torno da Unreal que permite acesso a uma quantidade enorme de Assets (objetos e conteúdos) que podem ser usados de forma gratuito ou com baixíssimo custo.

Com estas facilidades, tanto de custo como grande variedade de opções disponíveis, elevou muito a utilização da ferramenta, e isto criou um amplo uso e uma comunidade crescente, o que facilitou a criação de fóruns tutoriais e ajuda colaborativa para apoio na solução de problemas de desenvolvimento.

Um empecilho ou dificuldade que poderia haver, seria na programação da parte interativa usada na Unreal, mas com os recursos criados através das Blueprints (programação

por módulos gráficos), minimizou o conhecimento de complexas sintaxes de programação, além de haver disponível muitos exemplos que podem ser utilizados nos projetos.

Diante de tantos recursos e facilidades citadas, nos permitiu concentrar esforços no conceito geral da simulação proposta, pois simplificou e evitou custos no desenvolvimento.

A simulação é o processo de transpor um modelo ou situação real para o meio digital e conduzir experimentos com este modelo com o objetivo de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias, comportamentos e, desta forma, permite detectar falhas existentes e desenvolver meios para evitá-las. Assim, a simulação é um processo mais amplo, compreendendo não somente a construção do modelo, mas todo o método experimental que se segue. (FREITAS, P.J.F.,2001)

Segundo Baillie,2020, “Uma das coisas geniais na produção virtual é que nos permite a todos eliminar todas as más ideias logo no início do processo”.

O projeto e planejamento de situações produtivas, tanto na indústria como na arquitetura e em diversas áreas é usualmente amparado por ferramentas computacionais de desenho assistido por computador (computer-aided-design, CAD) e técnicas de simulação para treinamentos, que podem trazer o foco para a perspectiva da interação entre o trabalhador e seu local de trabalho, utilizando softwares de simulação que podem ter seu desenvolvimento bastante acelerado, com a utilização de tecnologias de criação de jogos digitais , as *Game Engines* (GE), que surgem como alternativa interessante às ferramentas de CAD tradicionais por apresentarem características de visualização e interação diferenciadas.

### 3. RELATÓRIO DE DESENVOLVIMENTO

Simuladores podem ser utilizados nas mais diversas áreas do conhecimento, sendo de importante ajuda no treinamento de pessoas tanto em âmbito acadêmico como industrial, pois evitam desperdícios direta e indiretamente, como também ajudam a prevenir acidentes em ambientes não seguros. Em meios industriais auxiliam na redução de custos, tempo e riscos em procedimentos de mudança de processos industriais de forma a permitir experimentações de ações do modo seguro e econômico, rápida e com grande similaridade do modelo real.

#### 3.1 Roteiro do Treinamento Simulado

Para definição do roteiro do Simulado, tomamos como referências imagens de um exemplo real de uma unidade Operacional da Unidade de Lubrificantes da LUBNOR (Lubrificantes do Nordeste) onde podemos visualizar um conjunto de bombas na área operacional e de Disjuntores localizados na Subestação elétrica.



Figura 02 – Conjunto de Bombas em área industrial

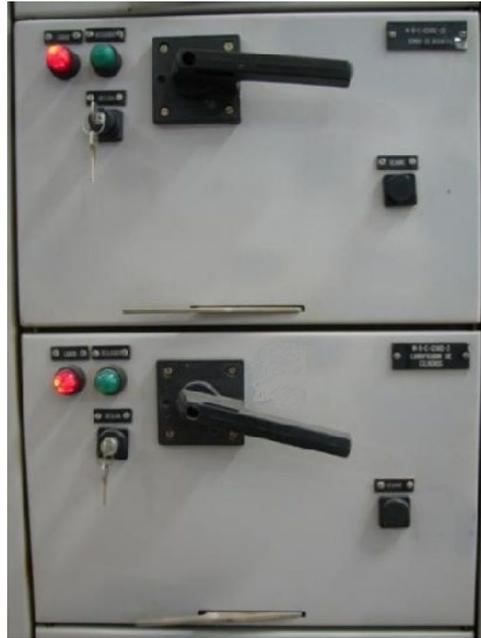


Figura 03 – Disjuntores de Equipamentos na Subestação Elétrica

Podemos perceber nas imagens que o conjunto de bombas possuem além dos motores e bombas, válvulas de sucção (entrada) e descarga (saída), botoeira de liga/desliga, e os TAGs de cada Bomba para identificação.

Estas informações foram utilizadas para construção no cenário para definição do roteiro a ser executado.

Nossa proposta é criar uma etapa da liberação do equipamento para manutenção, de forma a ter a percepção dos conhecimentos adquiridos pelos operadores da área operacional conforme a NR-10 e outros requisitos operacionais, de forma a liberar o equipamento de forma segura tanto para o processo, como para o Operador e o Mecânico ou eletricista que irão trabalhar na bomba liberada.’

Apesar da liberação e manutenção completa e retorno a operação serem atividades normais da área operacional e das equipes de manutenção, optamos por criar uma simulação num ambiente virtual em 3D com interação apenas para liberação de uma bomba pela operação para manutenção. As demais atividades do pessoal da Manutenção que também envolvem ações que constam na NR-10, não estão presentes nesta simulação, pois optamos por executar algo mais simples e exequível e assim, ter uma comprovação da eficiência do uso de ambiente virtual 3D no treinamento e avaliação do conhecimento adquirido pelo usuário.

Desta forma, foi atribuída uma “Missão” a ser simulada pelo usuário e as ações esperadas para cumprimento desta missão como segue abaixo:

**Simulação:** Liberação do Motor da Bomba para manutenção (Equipamento no estado inicial Operando e Bomba Reserva Parada).

Para o cumprimento correto destas etapas os seguintes passos serão necessários serem realizados pelo Operador, seguindo a sequencia listada na tabela abaixo, através da interação do “jogador” com o “game”, criando assim, uma simulação do treinamento.

	<b>Operação</b>	<b>Interação</b>
01	Executa a Troca de bomba parando a bomba a ser liberada.	Deslocar-se para o equipamento em operação, Colocar equipamento reserva em operação .
02	Para bomba a ser liberada, mantendo o fluxo pela bomba reserva	Parar o equipamento a ser liberado. (observar LED indicativo de operação/ Botoeira, Barulho do motor ligado/desligado)
03	Bloqueia válvulas de entrada e saída da bomba.	Fechar as Válvulas de bloqueio (sucção e Descarga)
04	Desloga-se até a subestação para desarmar o disjuntor da bomba.	Deslocar-se para Substação onde está o Disjuntor do motor elétrico do equipamento (Bomba) a ser liberada. (Observar a IDENTIFICAÇÃO) e Desligar Disjuntor.
05	Confirma bomba desenergizada. Colocação de Etiqueta	Retornar ao equipamento liberado Observar LEDs indicativos de status e energização. E posição de alavanca do disjuntor.
06	Libera o equipamento para o Eletricista	Finalizar etapa da simulação.

Para facilitar os trabalhos e o entendimento sobre a simulação, foram criadas imagens com as situações e objetos com interação e dinamicas para cada situação como segue abaixo:

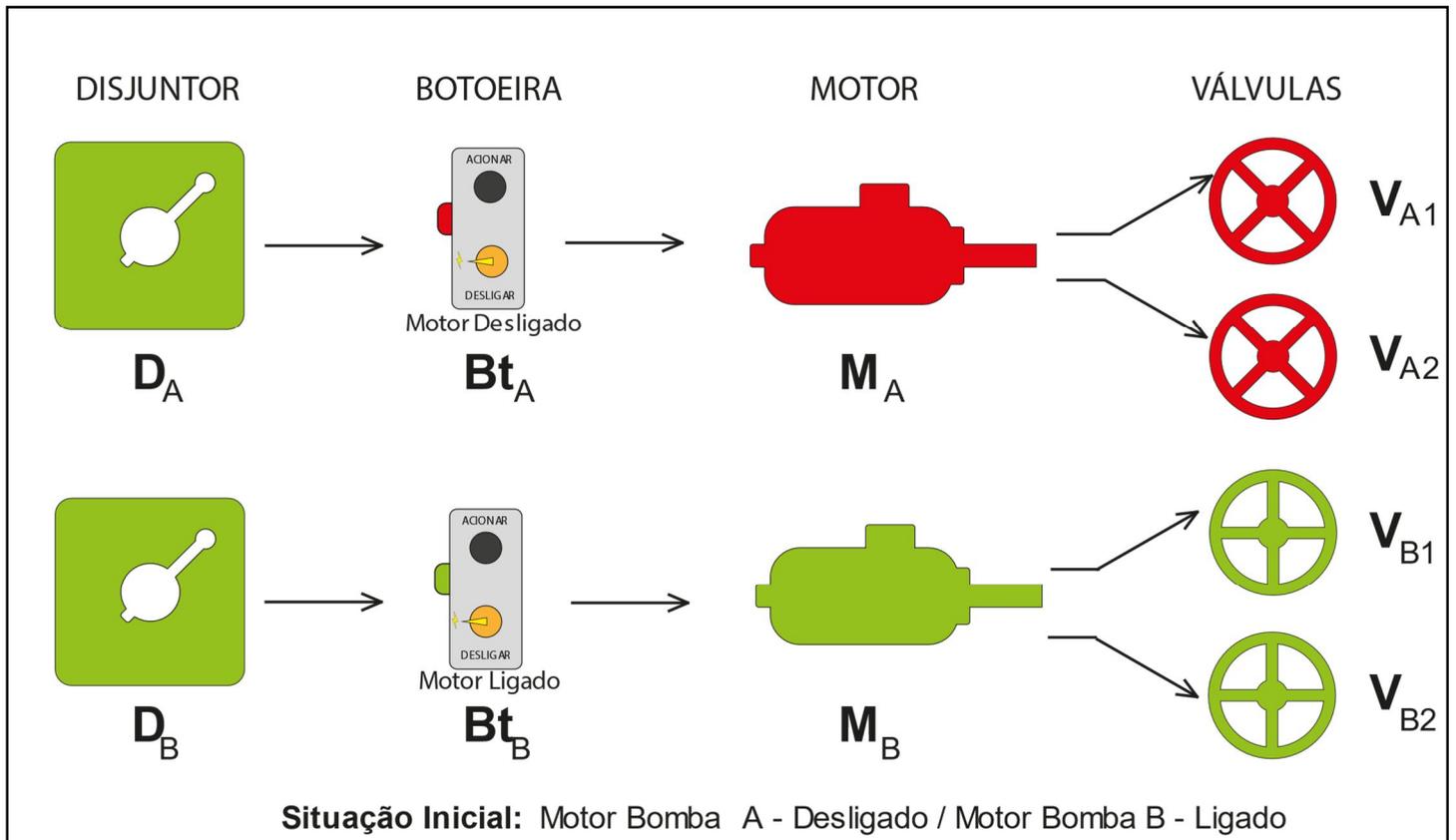


Figura 04 – Representação da Interação - Situação Inicial

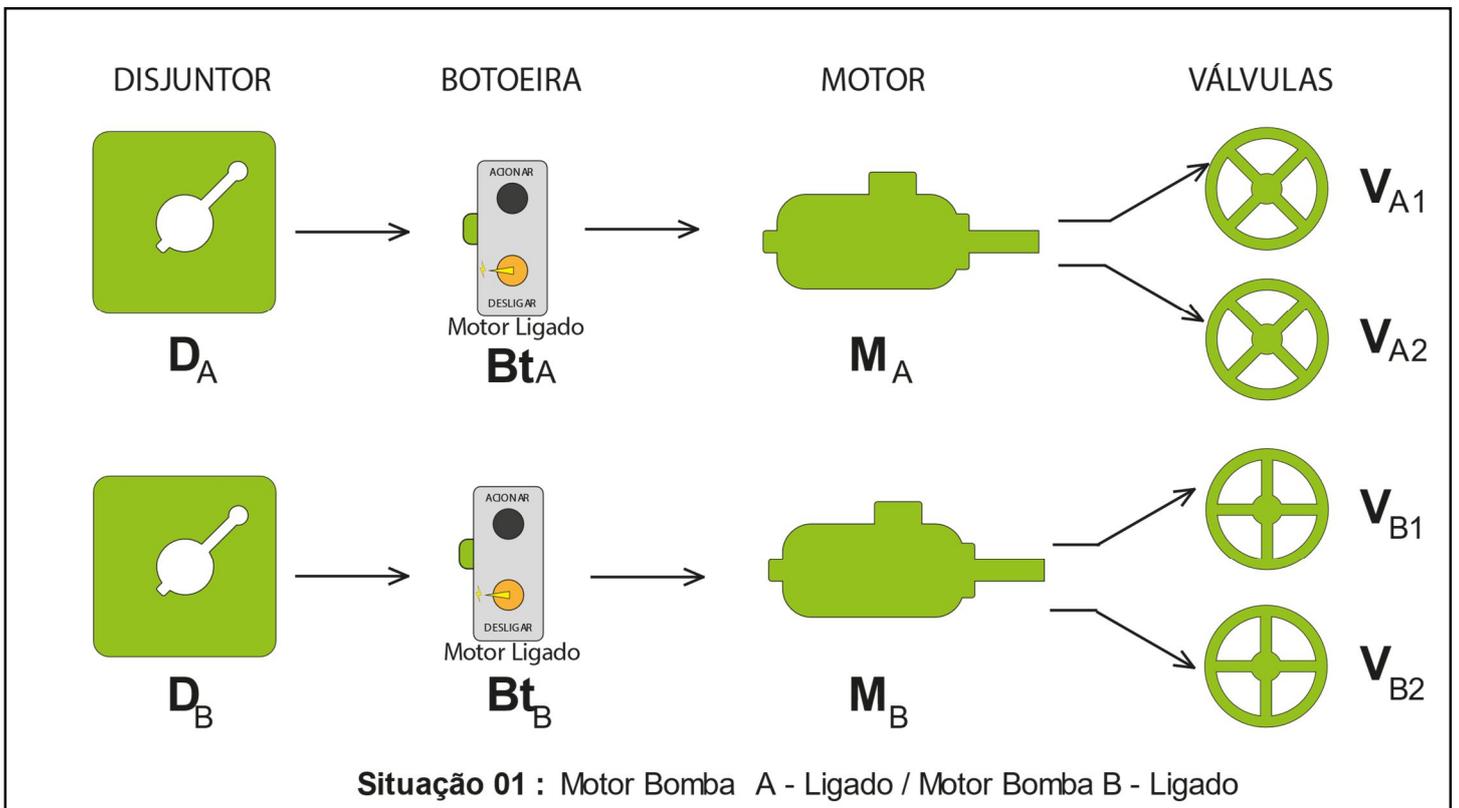


Figura 05 – Representação da Interação - Troca de Bombas

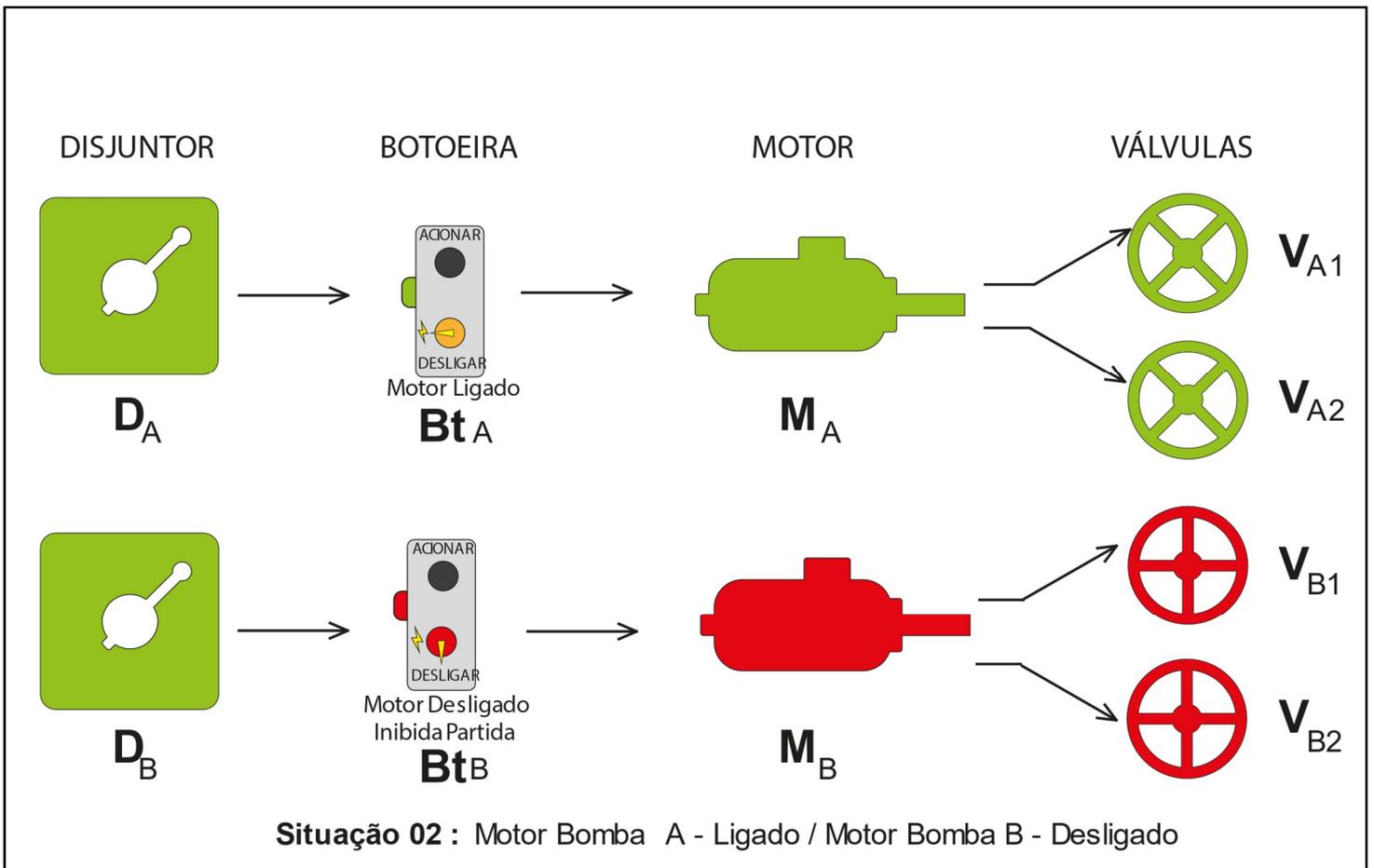


Figura 06 – Representação da Interação - Liberação Bomba

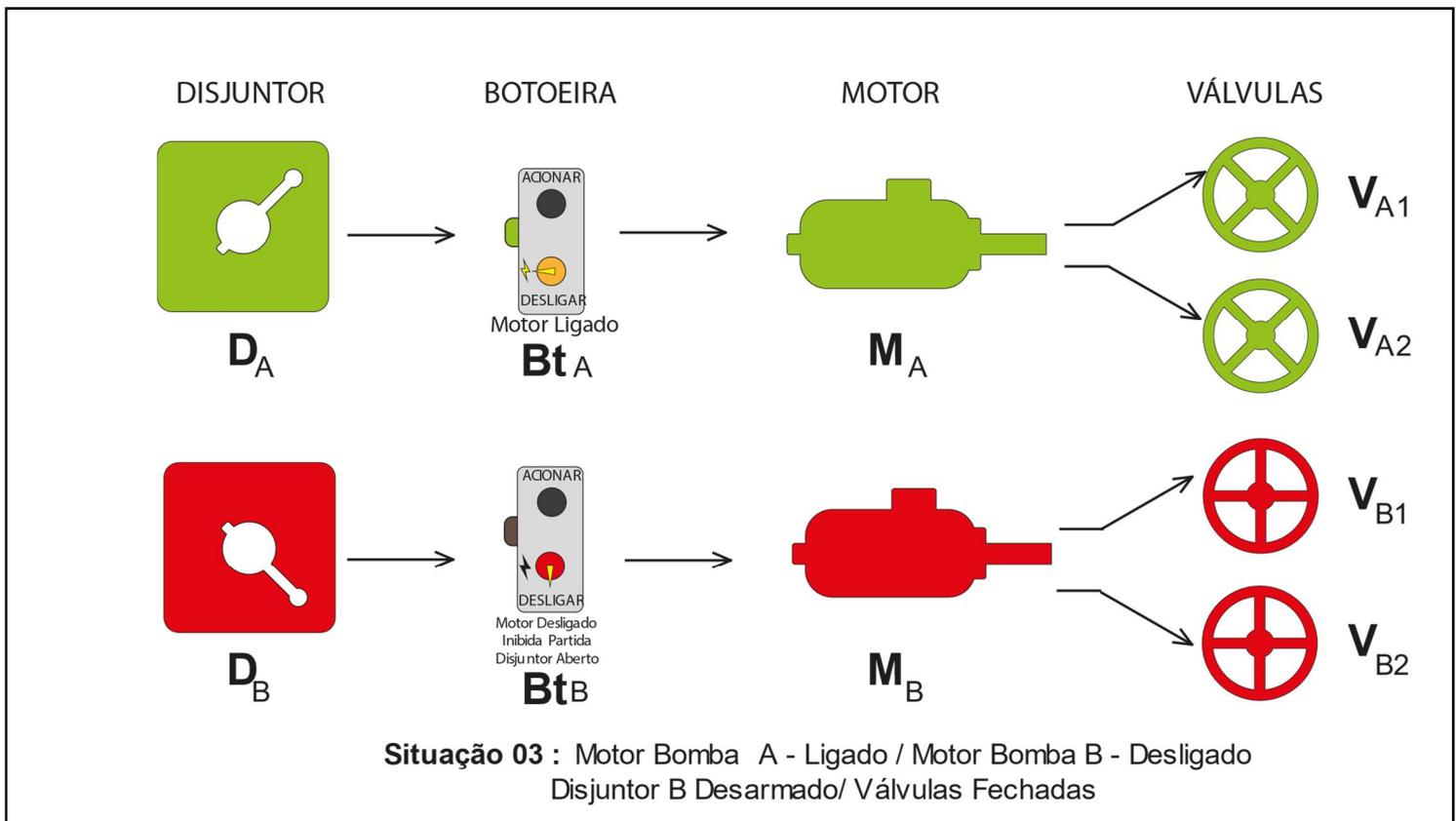


Figura 07 – Representação da Interação - Situação Final

Também foram criados fluxogramas/diagramas lógicos das interações para facilitar a criação das Blueprints e representar todas as ações a serem consideradas na lógica de dinamização dos objetos e mensagens a serem apresentadas, como segue alguns exemplos:

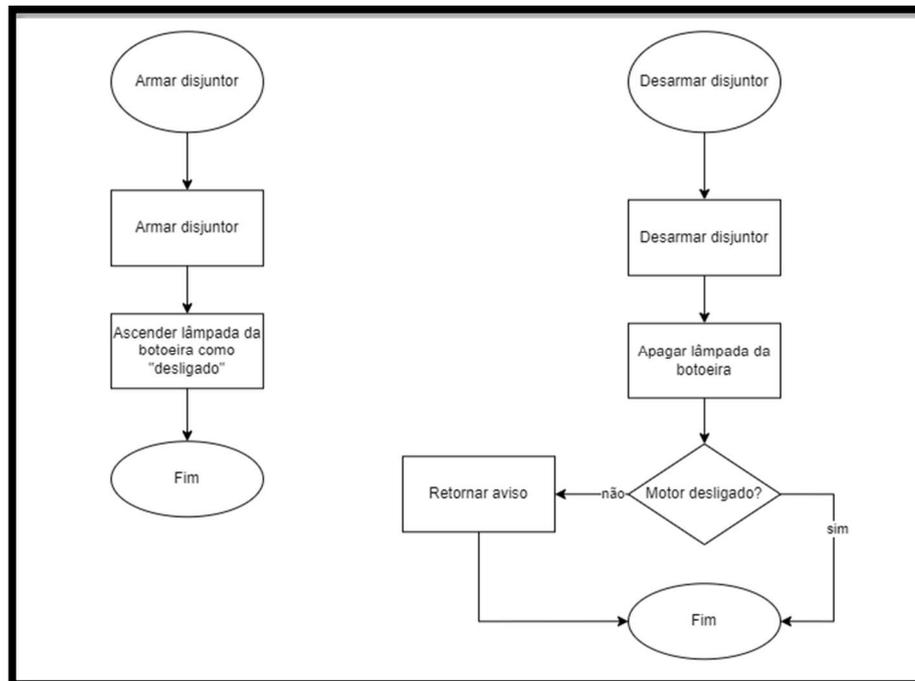
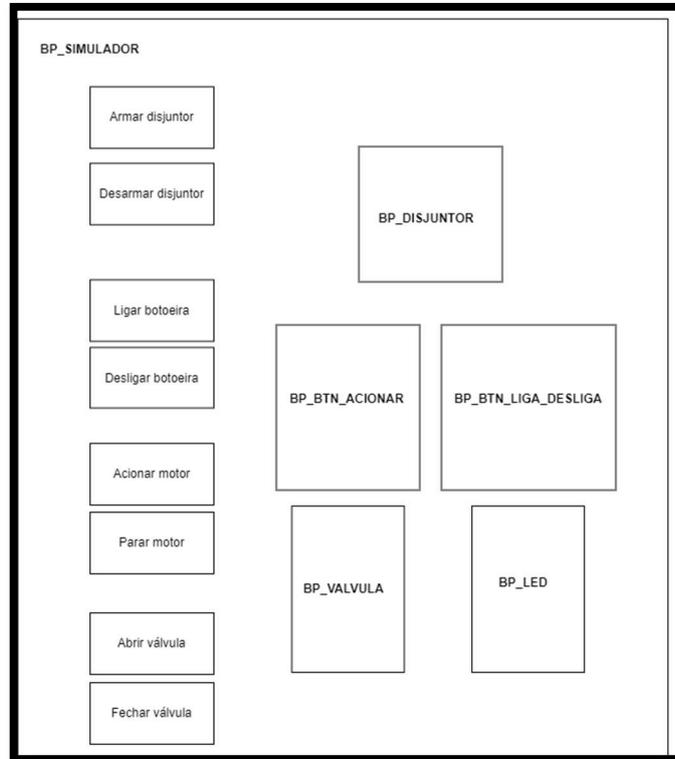


Figura 08 – Diagramas Lógicos-01

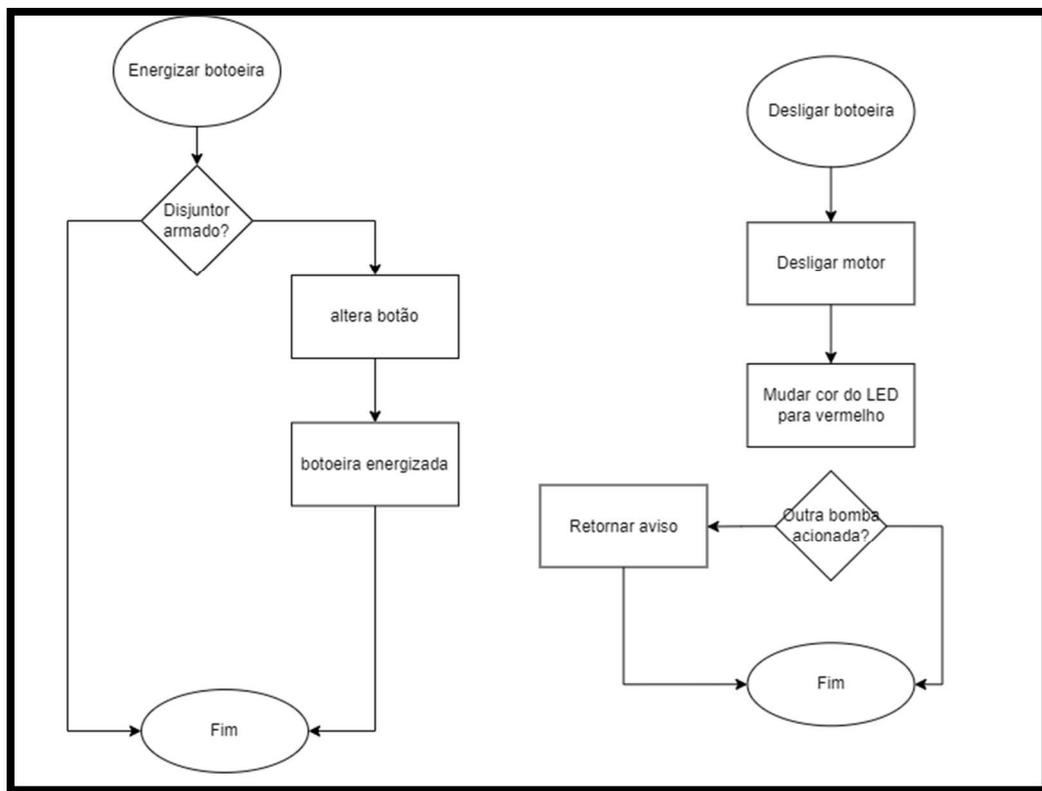
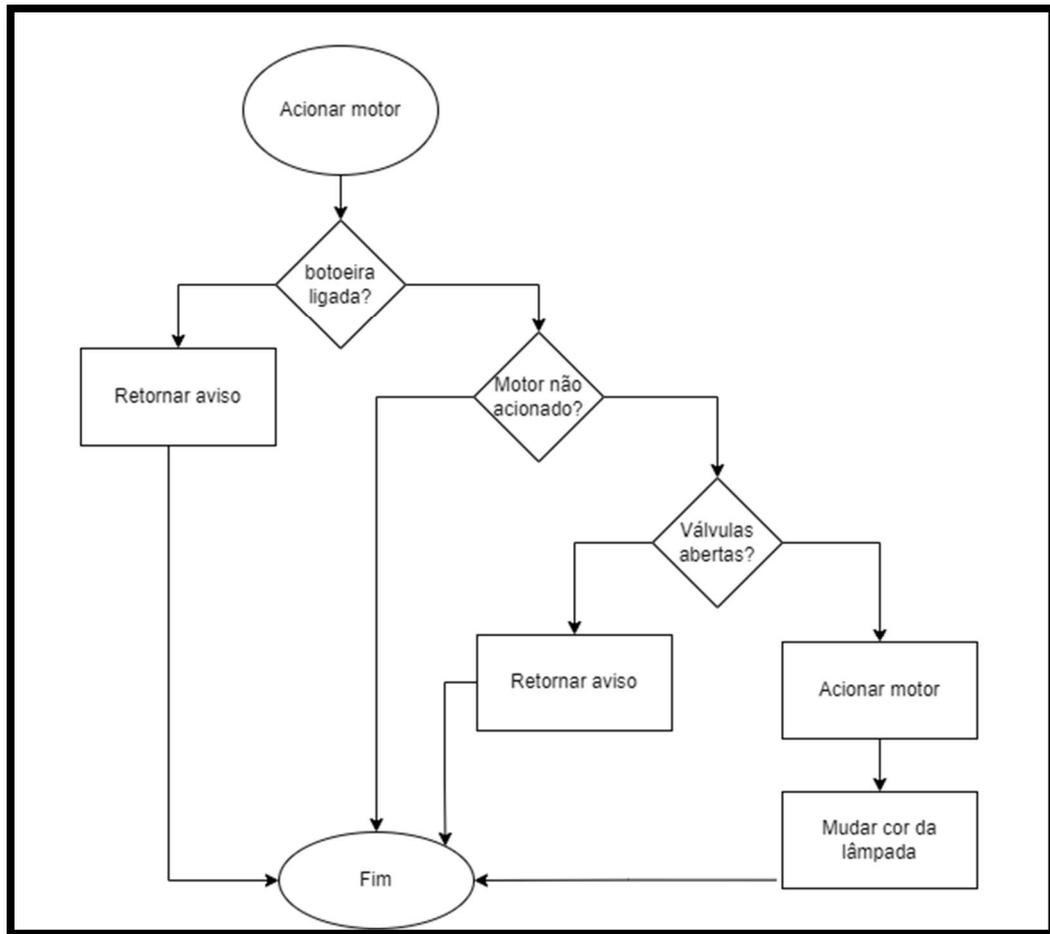


Figura 09 – Diagramas Lógicos-02

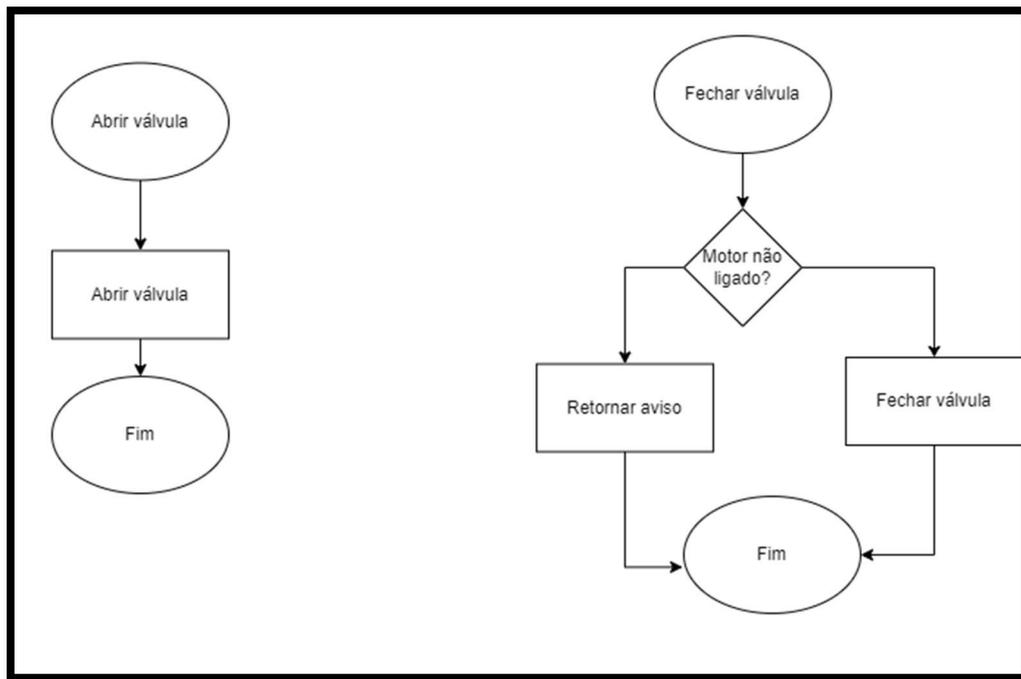


Figura 10 – Diagramas Lógicos-03

Criando um cenário para simulação voltado para o treinamento operacional, foi necessário levantar para aprendizado, os riscos gerados por ações indevidas que possam ser tomadas na simulação. Sendo assim, foram geradas mensagens a serem apresentadas em determinados momentos e após ações não esperadas pelo usuário (operador). Para termos um padrão de ações esperadas e corretas a serem tomadas, segue listadas abaixo como referência:

A seqüência de operações necessárias para cumprir a missão a ser apresentada, e portanto, apresentar os conhecimentos necessários serão as seguintes ações:

1. Observação do estado e status da Bomba reserva (B-231301A) que deverá está parada e bloqueada
2. Abrir válvulas de sucção e descarga da bomba parada na reserva
3. Partida da bomba reserva e observação local (barulho anormal, vazamentos, etc)
4. Parada da bomba a ser liberada (botoeira de Desliga)
5. Bloqueio das válvulas de sucção e descarga da bomba a ser liberada. (observação da pressão na bomba em queda (despressurização))
6. Desenergizar o motor elétrico com a abertura do disjuntor na Subestação e indicação pelas lâmpadas de status do motor no Disjuntor e no equipamento.

Visando a estruturação, organização e lógica para definição das Blueprints que servirão de verificação das ações executadas pelo Treinando foram definidas as operações

para a realização da simulação, bem como os pontos críticos, riscos existentes e erros possíveis, para realização de textos a serem inseridos na cena quando for necessário.

Segue em seguida o conjunto destes textos (mensagens criadas) com as condições, erros e acertos:

## CONDIÇÕES E TEXTOS A SEREM APRESENTADOS PARA SIMULAÇÃO:

1 – **Missão:** Liberar Bomba B-231301B para manutenção.

Garantir a continuidade de fluxo para o processo

Garantir liberação da bomba para manutenção (Mecânica e/ou Elétrica) de forma segura para execução dos serviços

Erros possíveis e textos a serem apresentados:

### 1-PARADA DE FLUXO PARA O PROCESSO

Bloqueio indevido da única bomba em operação

Parada das duas bombas simultaneamente

#### RISCOS:

- Vazamentos e danos ao equipamento (bomba operando com válvulas bloqueadas)
- Perda de produção pela parada do fluxo, e danos a outros equipamentos pela parada indevida do fluxo pela falta de bombeamento.

### 2- PARTIDA DA BOMBA DE FORMA INDEVIDA

Partida com válvulas de sucção ou descarga bloqueadas

#### RISCOS:

- Vazamentos e danos ao equipamento (bomba operando com válvulas bloqueadas)

### 3-LIBERAÇÃO DE FORMA INDEVIDA

Liberação da bomba para manutenção com  
válvulas de sucção e descarga abertas

#### RISCOS;

- Lesão pessoal da manutenção durante serviços (abertura/desmontagem do equipamento ou trecho de tubulação) por passagem de produto do processo para local indevido (vazamentos)

### 4- LIBERAÇÃO DE FORMA INDEVIDA

Liberação da bomba para manutenção com circuito elétrico energizado

#### RISCOS:

Lesão pessoal da manutenção durante serviços (choque elétrico, ou movimentação do motor e bomba por partida indevida do motor elétrico)

Para permitir as interações necessárias para que a simulação da liberação de uma bomba em operação ocorra numa sequencia adequada, foram necessárias a criação de Blueprints com os objetos/equipamentos envolvidos.

### **3.2 Escolhas dos Assets, ambientes e objetos dinâmicos.**

Para implementação do projeto simples de simulação de operações necessárias para a realização de liberação de equipamento desenergizado em área industrial conforme NR-10 de forma a agilizar a execução e comprovar várias técnicas citadas no uso da Unreal Engine, utilizando a versão 5.03 da Unreal, foram feitas buscas por ambientes industriais na área de Marketplace da Epic Games onde foi encontrada e utilizada o template 4 IN 1 Modular Research Facility / Mega Bundle, que estava disponível na área de Market da Unreal e livre para download sem custos (free) donde apresenta 4 ambientes diferentes divididos em 04 Packs: 01- Modular Underground Environment, 02 Modular Secret Military Base, 03 Modular Research Facility e 04 Modular Research Center / Exterior Building, onde foi utilizado como base para e preparação do ambiente o PACK 01, e de onde foram

realizadas várias adaptações visando atender a uma área operacional industrial com diversos equipamentos como vasos, tanques, tubulações, dentre outros.

Para adequar estes templates a necessidade do projeto, vários ambientes (Maps) foram retirados e após ajustes, foram realizadas algumas operações para permitir utilizar equipamentos e área operacional, semelhantes as existentes em algumas indústrias, como: Ambientes abertos e fechados, com adequação da iluminação. Segue abaixo algumas figuras de ambientes do template original antes da adequação:



Figura 11 – Imagens de ambientes do Pack 01- *Modular Underground Environment*



Figura 12 – Imagens de ambientes do Pack 01- *Modular Underground Environment*



Figura 13 – Imagens de ambientes do Pack 01- *Modular Underground Environment*



Figura 14 – Imagens de ambientes do Pack 01- *Modular Underground Environment*

A etapa seguinte, foi a busca por modelos 3D (3D Assets) para compor o cenário e permitir as ações interativas necessárias para criar uma simulação operacional industrial visando atender os requisitos da NR-10 para liberação de equipamentos elétricos desenergizados. Para isto, foram utilizados muitos sites que disponibilizassem modelos e materiais que permitem serem utilizados diretamente na Unreal Engine ou que possa ser editado no Blender 3.0 para em seguida ser exportado para uso na Unreal.

Visando elaborar um projeto de simulação com redução de custos, como já citamos anteriormente, buscamos obter modelos 3D disponíveis de forma gratuita e assim, também reforçar esta característica que permite a criação de projetos de diversas áreas com ótimos recursos gráficos e baixo custo.

Preferencialmente buscamos arquivos no formato para o Blender (blend) e para o Autodesk FBX (fbx) . Outros formatos também foram utilizados por não haver disponibilidade de modelos necessários neste dois formatos anteriores, mas que apesar de haver redução de informações e acabamento, puderam ser aproveitados, como os formatos OBJ (obj) e Alias/WaveFront Material (mtl).

Dentre os sites e aplicativos que foram utilizados para esta etapa de busca e utilização de modelos baixados de forma gratuita, tivemos o Sketchfab (<https://sketchfab.com>), o cubebrush (<https://cubebrush.co/>) , o ALL3DP (<https://all3dp.com/pt/>), o Poly Haven (<https://polyhaven.com>), o cgtrader (<https://www.cgtrader.com>) além do Quixel MegaScans (<https://quixel.com/megascans/home/>) que também está disponível através da própria Unreal Engine 5.0. Também foi possível adicionar modelos diretamente do Blender para Unreal através de plugin adicionado, inicialmente no Blender para exportar para Unreal, através do plugin Addon Send to Unreal Epic Games e ativação do Plugin na Unreal Python Editor Script Plugin, que torna possível com os dois aplicativos abertos, a exportação do Blender diretamente para Unreal.

Alguns dos modelos baixados dos sites listados, estavam com algum tipo de problema e necessitaram de pequenos ajustes, como inversão da Normal em algumas faces, alguma falha que gerava erros no modelo final, e alteração para adequar a necessidade de uso na Unreal, como isolar partes do objeto como um novo objeto para permitir a utilização com interação e dinâmica através da criação de Blueprints, como por exemplo, a separação do volante da válvula usada nos bloqueios das bombas para permitir a dinamização do volante ao abrir e fechar a válvula com rotação do mesmo, alteração de cor, etc.

Para permitir esta “animação” de modelos 3D já existente no projeto utilizado com a template, foi realizada a exportação do modelo, para importação no Blender e separação das partes em objetos distintos e em seguida realizada a importação na Unreal para assim, permitir a criação da Blueprint com o conjunto dos objetos e implementada a animação, como o exemplo do ventilador existente no ambiente.

Segue abaixo alguns exemplos de modelos 3D importados, alguns modificados e utilizados no projeto:

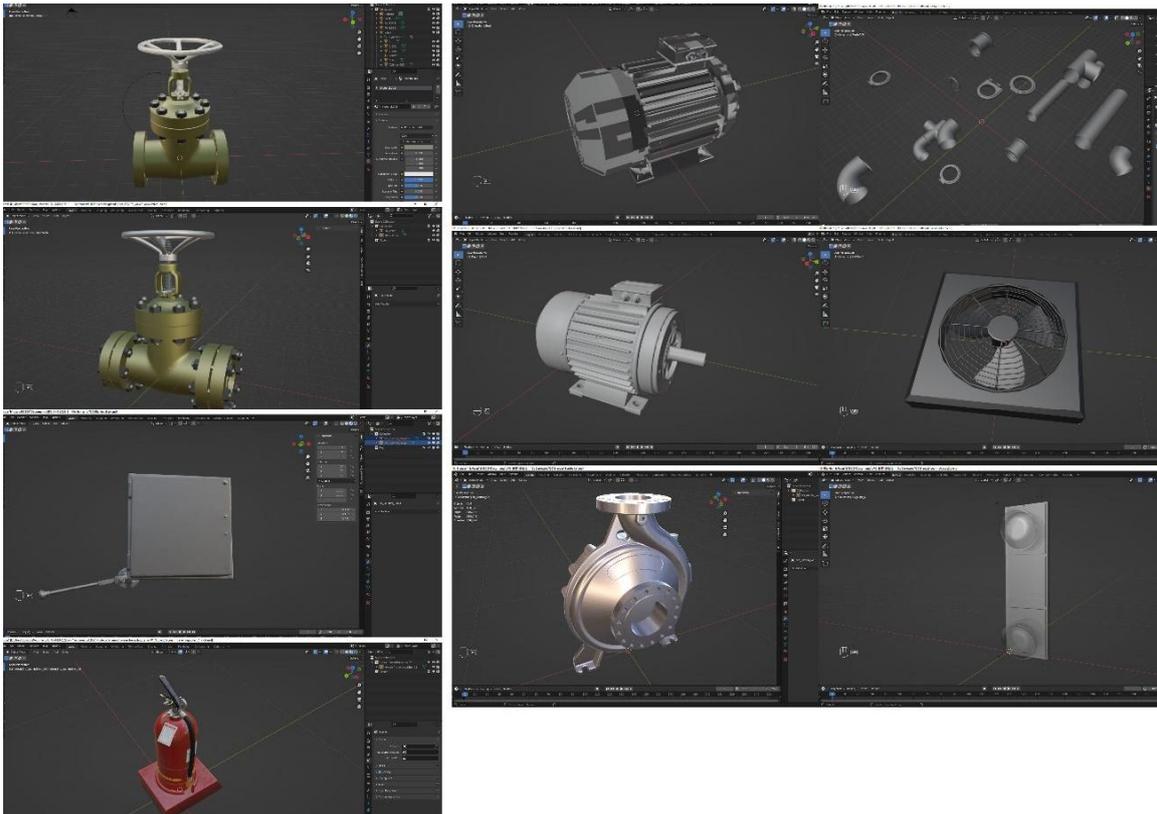


Figura 15 – Imagens de modelos 3D importados e utilizados através do Blender

### 3.3 Construção do ambiente para simulação

De forma a simplificar o projeto, alguns ambientes da template, foram removidos e outros adaptados. O processo de alteração e construção do ambiente para simulação foi realizado visando a utilização em treinamentos, onde podemos abordar vários cenários com vários aspectos de itens de segurança a serem observados, além de permitir a utilização de conhecimentos após treinamento da NR-10.

Para permitir uma avaliação de riscos operacionais nos ambientes criados, muitos objetos e equipamentos foram mantidos e inseridos visando tornar as operações simuladas com obstáculos e criar uma visão crítica dos usuários da simulação de pontos importantes tanto para segurança operacional, segurança dos equipamentos e segurança das pessoas envolvidas, tendo em vista que representam condições possíveis e que ocorrem com frequência em áreas industriais onde além de haver ações pelo pessoal de operação, ocorre serviços de engenharia e de manutenção envolvendo pessoal próprio ou terceirizados.

Portanto, poderemos perceber que existem muitos objetos existentes no ambientes que não deveriam permanecer no local após a realização de serviços como pneus,

flanges, mesas, armários, tambores, paletes de madeira usados com empilhadeiras, obstáculos, cilindros de gás, caixas, etc.

Segue em seguida algumas figuras de imagens das cenas após retirar ambientes e adequar para obter cenário onde teremos equipamentos localizados em área aberta, com equipamentos e limitações físicas para evitar passagens indevidas das pessoas para locais inadequados, em preparação para a colocação de novos equipamentos necessários para simulação. Nestas imagens ainda não foram realizadas as modificações na iluminação, como veremos posteriormente.

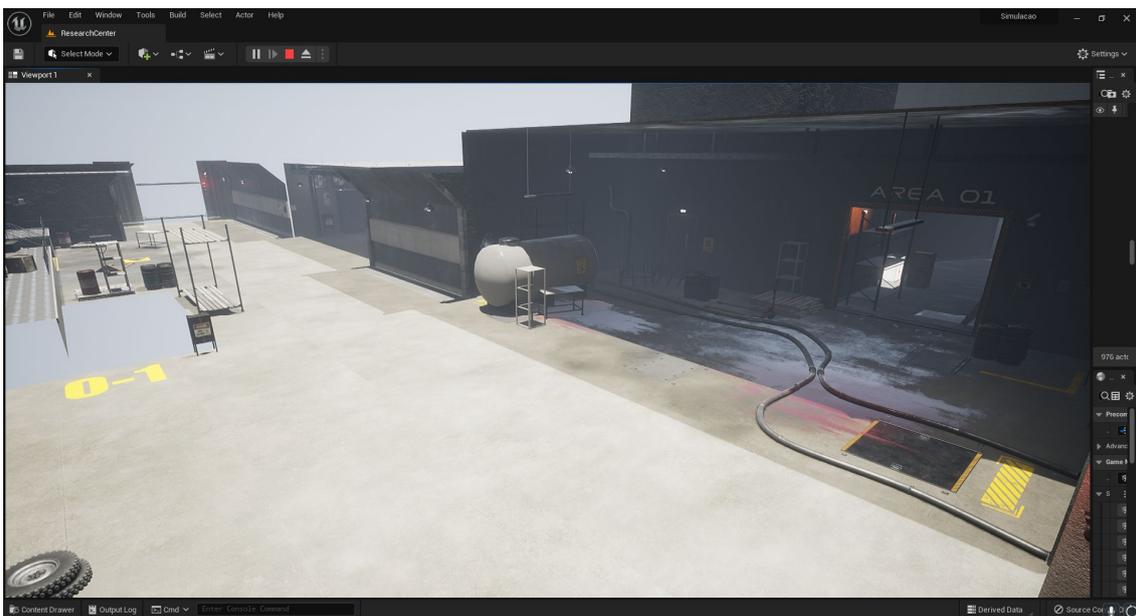


Figura 16 – Imagens de ambiente-01 do Pack 01 modificadas (ainda não finalizadas)

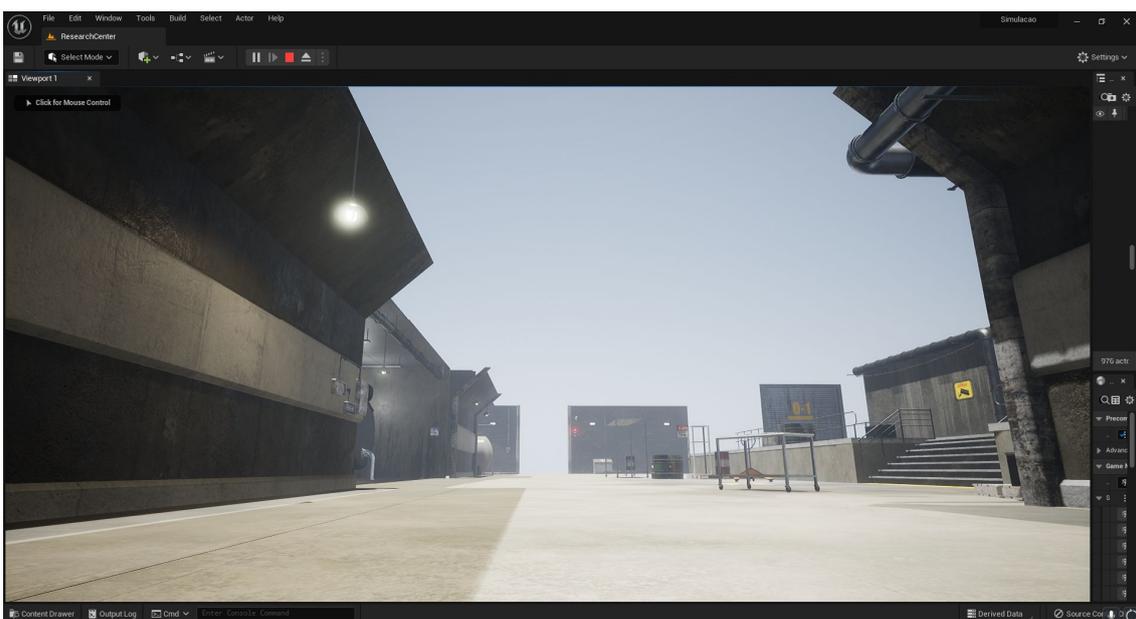


Figura 17 – Imagens de ambiente-02 do Pack 01 modificadas (ainda não finalizadas)

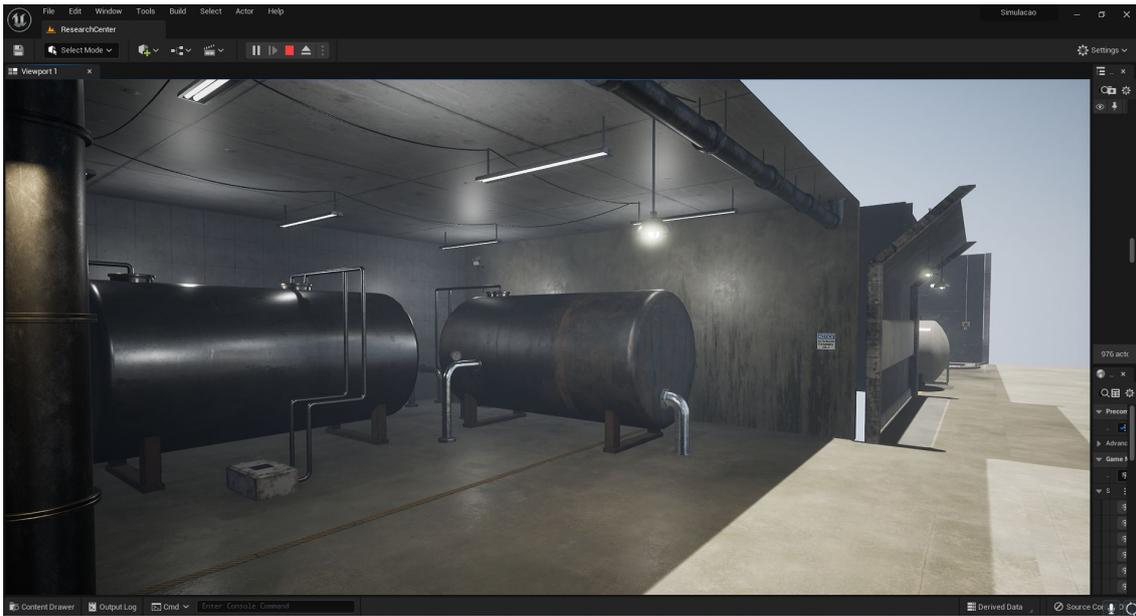


Figura 18– Imagens de ambiente-03 do Pack 01 modificadas (ainda não finalizadas)

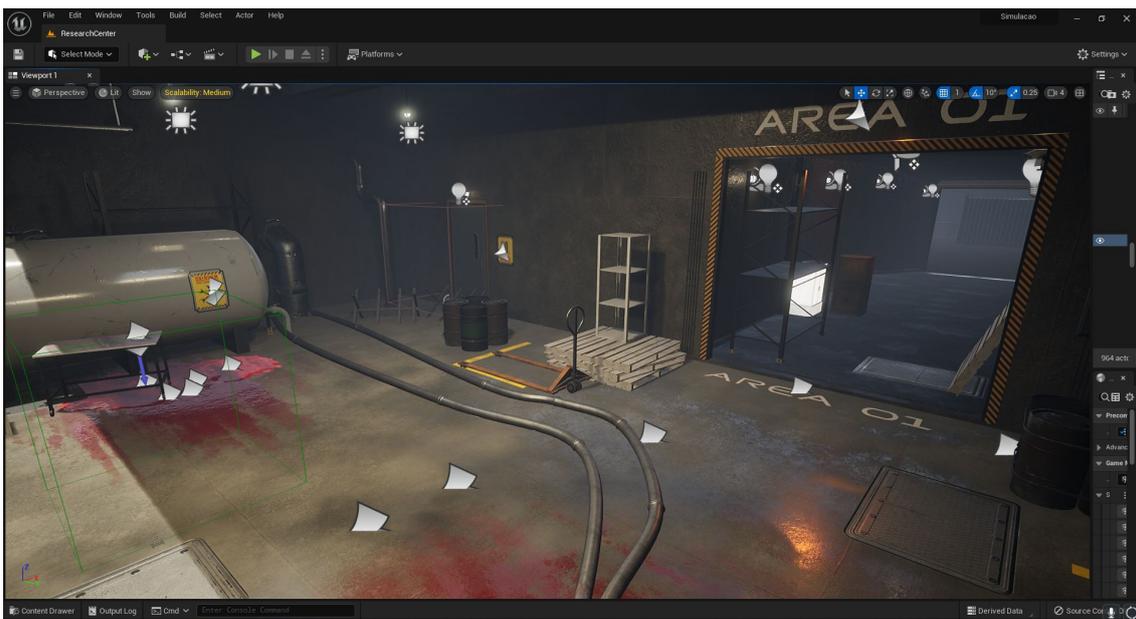


Figura 19 – Imagens de ambiente-04 do Pack 01 modificadas (ainda não finalizadas)

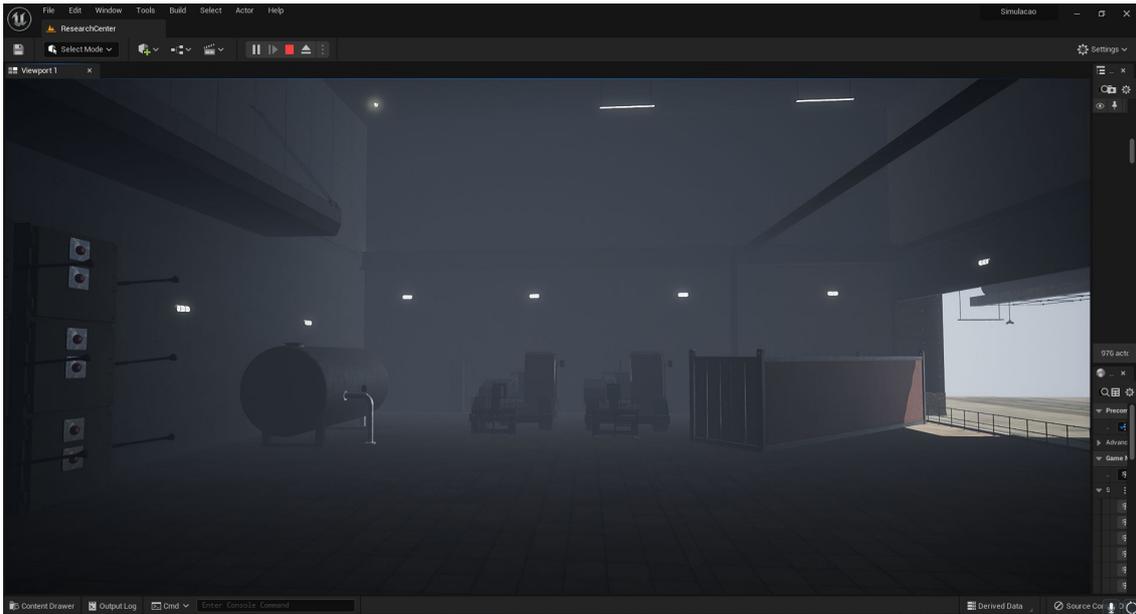


Figura 20 – Imagem de ambiente-05 do Pack 01 modificadas (ainda não finalizadas)

Como etapa seguinte, foram feitas modificações na iluminação dos ambientes de forma a atender as necessidades de locais abertos e mais iluminados que os originais fornecidos na template utilizada e incluídos os objetos necessários para criação da cena com os detalhes necessários para implementação da simulação.

Outro tarefa realizada, foi a organização dos objetos na Label e a estrutura de arquivos, de forma a facilitar a localização e visualização de grupo de objetos e também de separar na estrutura o que foi criado pelas importações de bibliotecas (templates) e o que foi criado no projeto.

Para organização dos arquivos foram criadas pastas e subpastas com título de “Treinamento” separando os arquivos por tipo, para Blueprints, Mapa, Material, Meshes e Texturas. Segue figura abaixo:

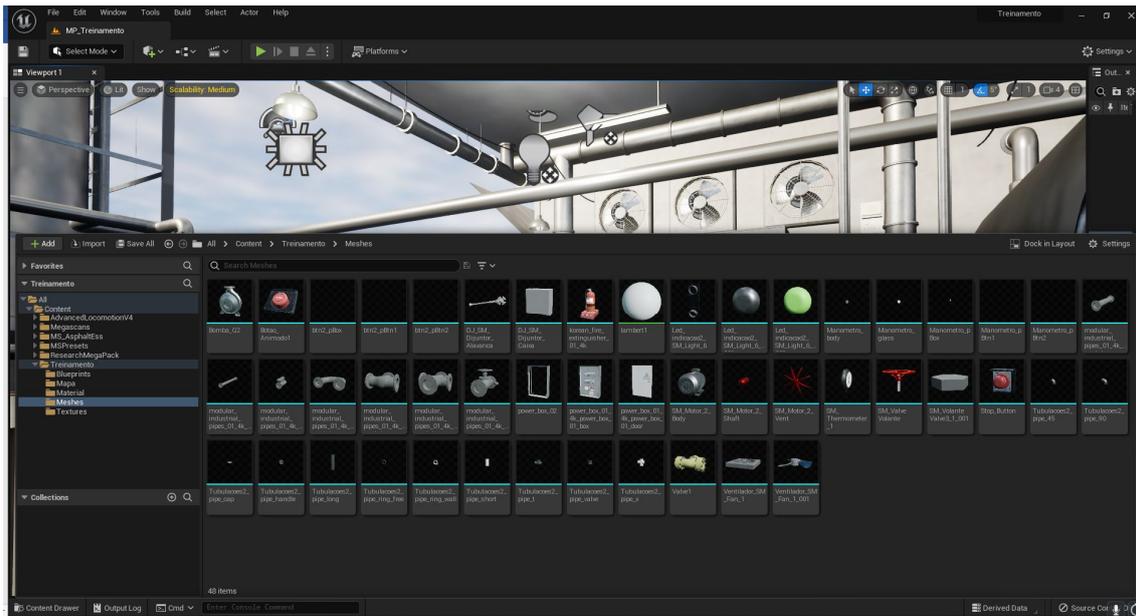


Figura 21 – Estrutura criada para arquivos e objetos importados e utilizados

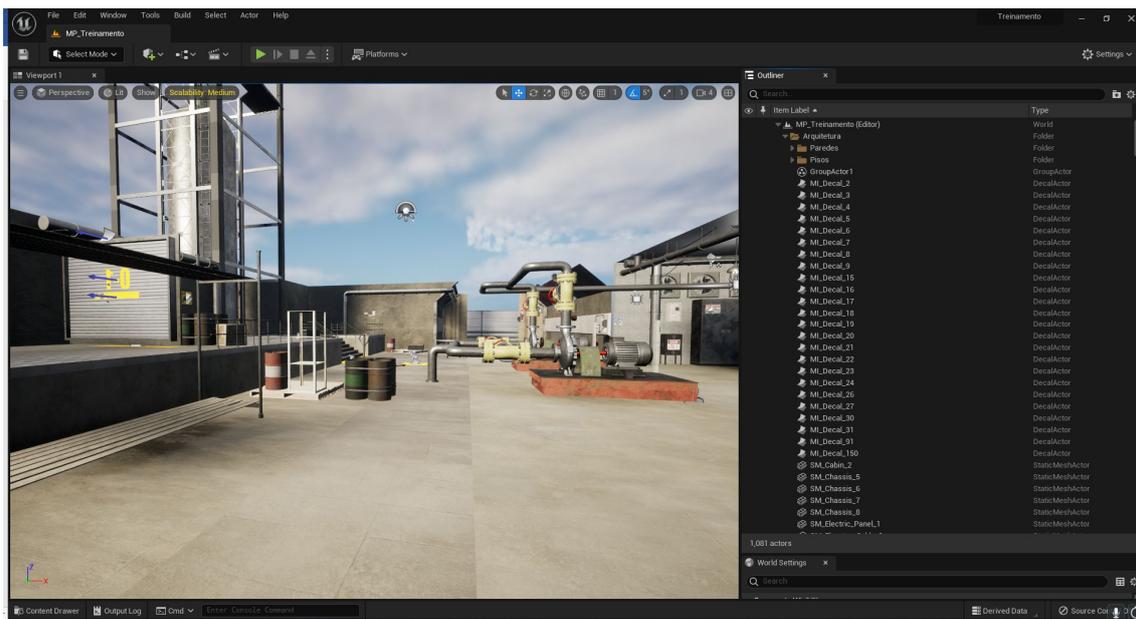


Figura 22 – Estrutura criada para organizar e agrupar objetos do projeto na Label

### 3.4 Montagem dos equipamentos no ambiente industrial

Para facilitar a visualização durante a simulação das ações do “Treinando” foi adicionado ao projeto um conjunto de arquivos através de uma nova template contendo tanto o personagem como o conjunto de Blueprints necessária para executar as ações necessárias para deslocamento, posicionamento, áudio, dentre outras características que também foram disponibilizadas de forma gratuita na área de Marketplace da Unreal, chamada Advanced Locomotion V4. Desta forma quando colocamos no modo “Play” podemos visualizar o personagem no modo de 3ª pessoa.

Segue abaixo as imagens dos ambientes após a correção da iluminação e criação dos cenários criados com os conjuntos de bombas para bombeamento dos produtos entre vasos, bem como a colocação dos disjuntores elétricos no ambiente coberto, de forma a atender as necessidades da simulação.

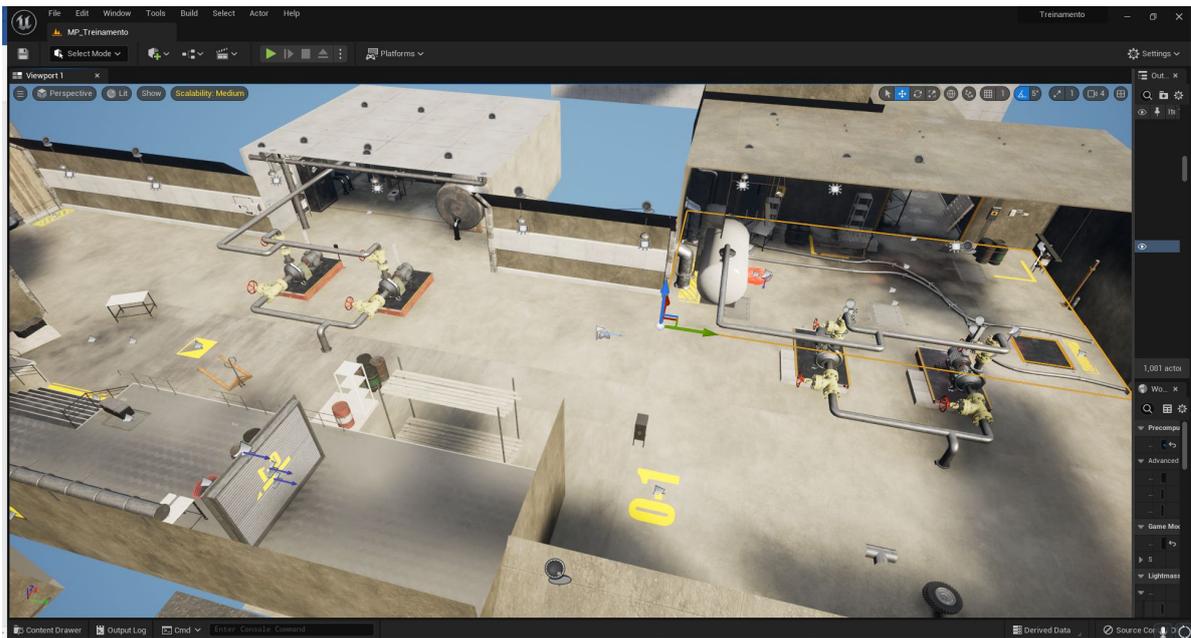


Figura 23 – Imagens do ambiente com os objetos inseridos e correção da iluminação

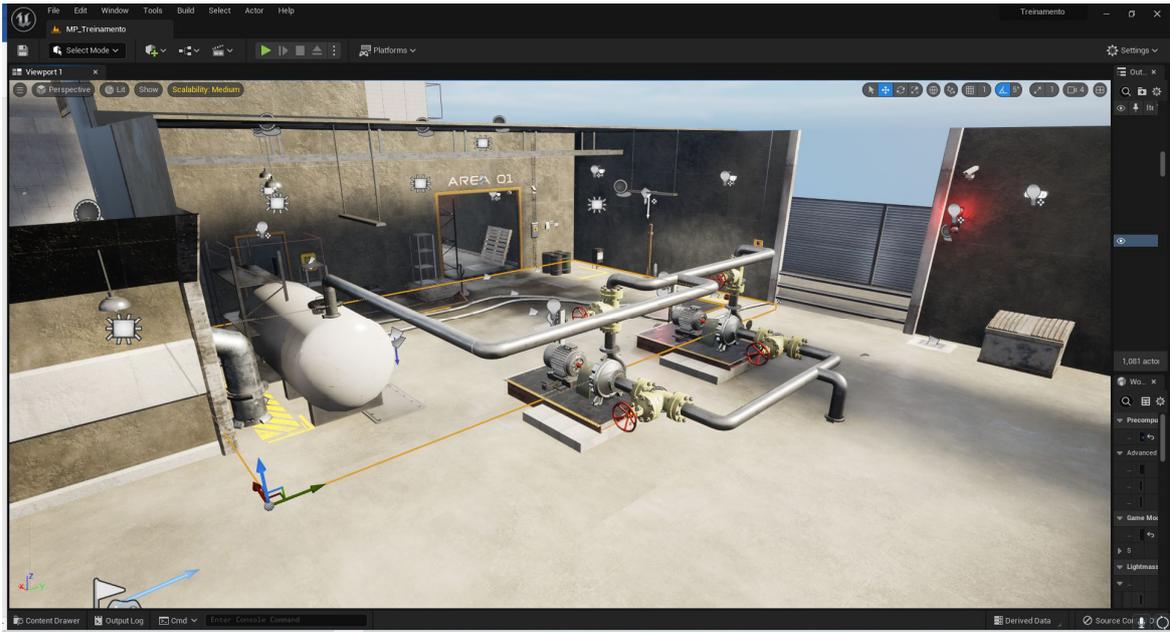


Figura 24 – Imagens do ambiente com um conjunto de bombas para simulação

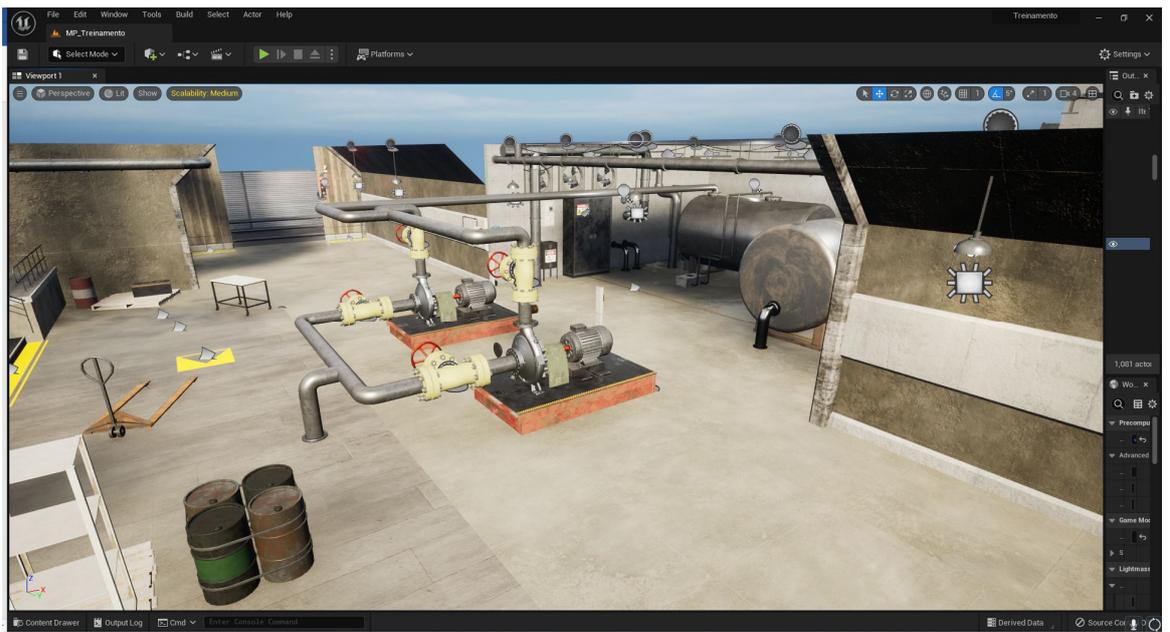


Figura 25 – Imagens do ambiente com um outro conjunto de bombas para simulação

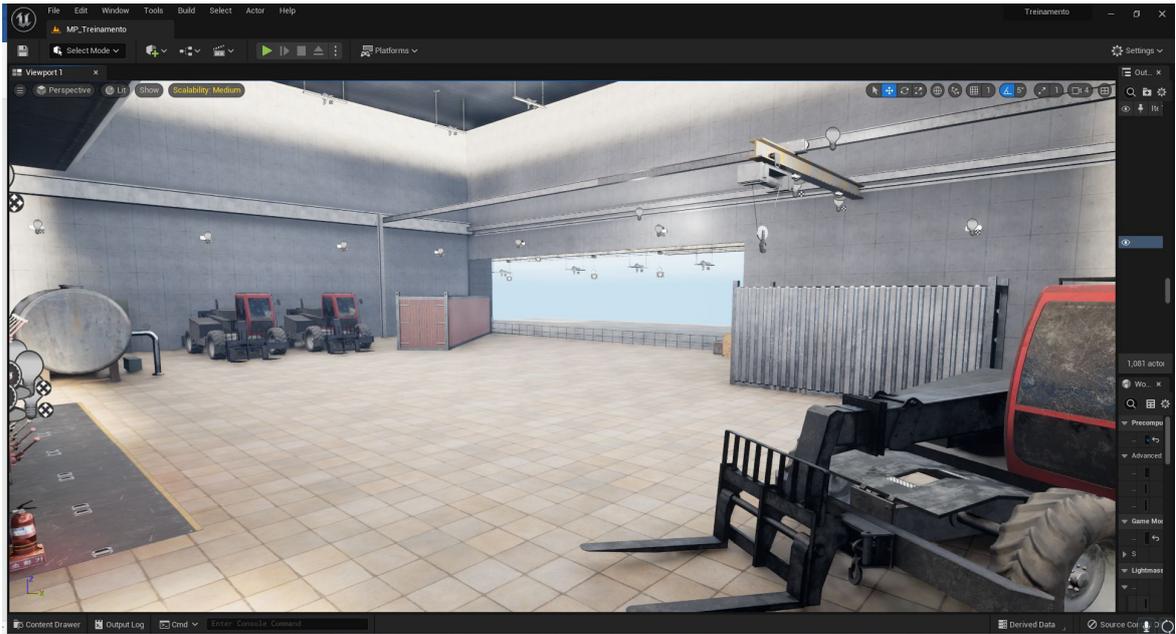


Figura 26 – Imagens do ambiente com os objetos inseridos e correção da iluminação (Local coberto contendo os Disjuntores Elétricos)

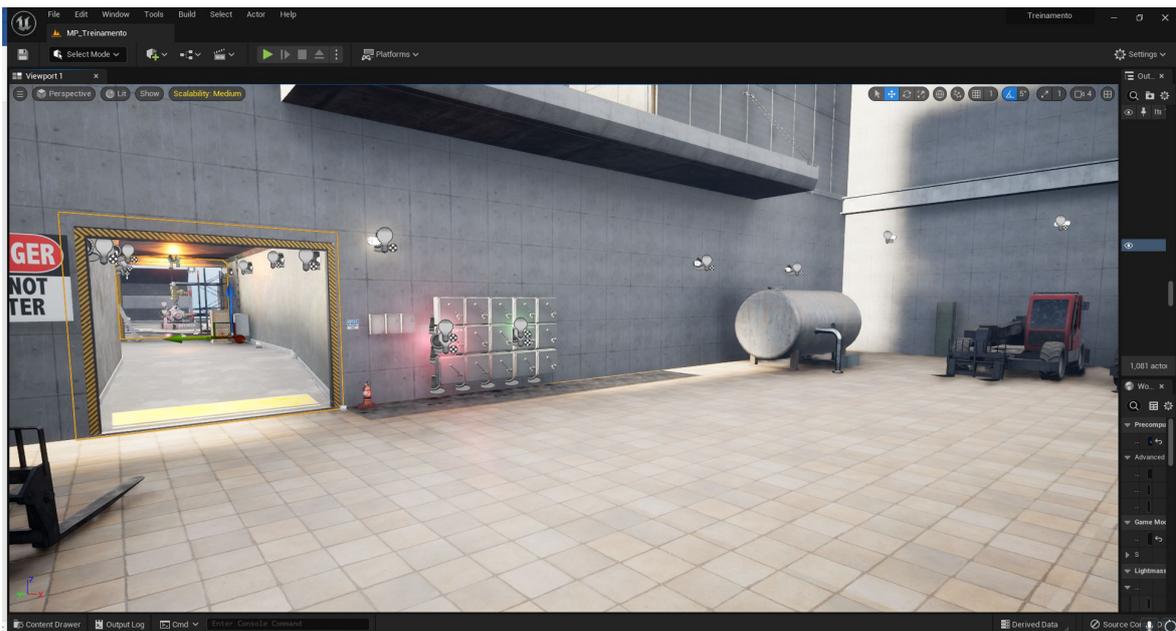


Figura 27 – Imagens do ambiente com os objetos inseridos e correção da iluminação (Local coberto contendo os Disjuntores Elétricos)

### 3.5 Interação por Blueprint

O uso do recurso chamado Blueprint na Unreal, permitiu agilizar o conhecimento necessário para criar as dinâmicas e interações. Muitas Blueprints foram adicionadas ao projeto, por fazerem parte dos pacotes importados, como lâmpadas, portas, etc. Para criação de novas Blueprints com os objetos necessários para montagem da parte interativa, foram avaliados os objetos a serem dinamizados, no aspecto visual. Para separar as partes dinâmicas das estáticas, foram realizados agrupamentos de objetos de forma a manter a parte a ser dinamizada, adequada para atender a forma da dinâmica utilizada, após a definição das lógicas para executar a interação e dinamização, a etapa seguinte foi inseri-las no cenário formando um objeto mais complexo. Esta etapa foi criada com vários objetos como: motores, ventiladores, válvulas de bloqueio, disjuntores, botoeiras, lâmpadas de status, etc.

Outra etapa para permitir o uso da simulação no modo de 3ª pessoa, foi adicionado ao projeto uma biblioteca disponível no Marketplace da Epic Games chamada: AdvancedLocomotion SystemV onde agilizou bastante os trabalhos com o uso desta biblioteca completa para os movimentos e ações do personagem.

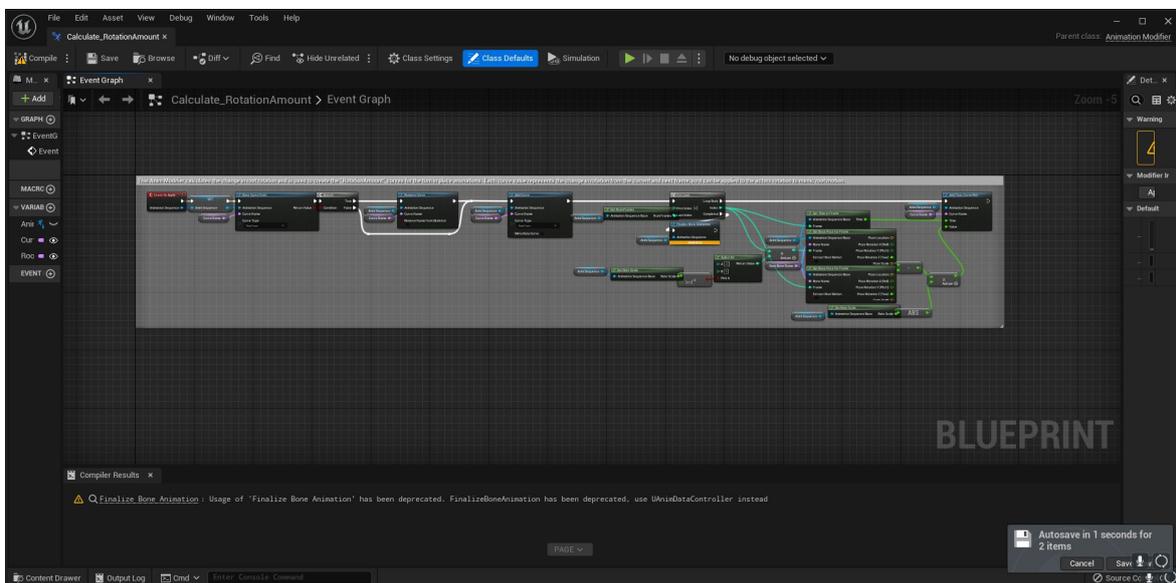


Figura 28 – Imagem de uma Blueprint da animação do personagem

A criação das blueprints para execução parte interativa da simulação, é uma etapa onde não tenho domínio suficiente, e para conseguir realizá-la, foi necessário do apoio e conhecimento do Professor Adriano A. Oliveira e dos alunos João Victor Alves e Fernando.

Foram contruídas as lógicas para avaliar as ações do operador e para casos de acertos e erros, feedback eram apresentados. Em seguida a criação das Blueprints e testes iniciais para avaliação das mesmas.

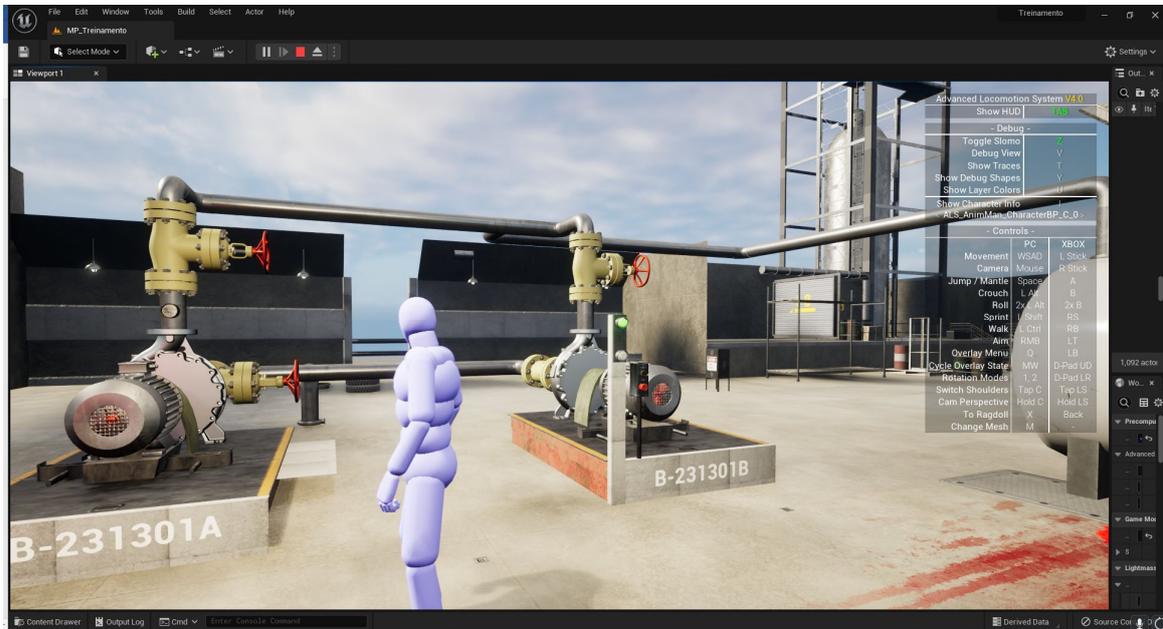


Figura 29 – Imagem do ambiente no modo de execução com o personagem na 3ª Pessoa.

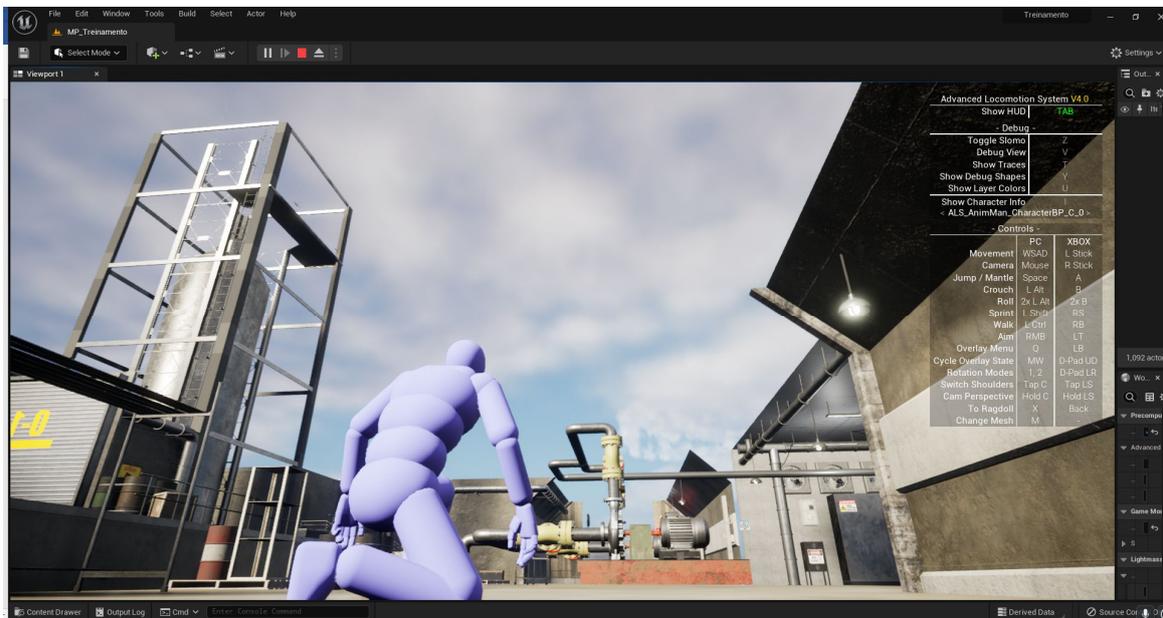


Figura 30 – Imagem do ambiente no modo de execução com o personagem na 3ª Pessoa.

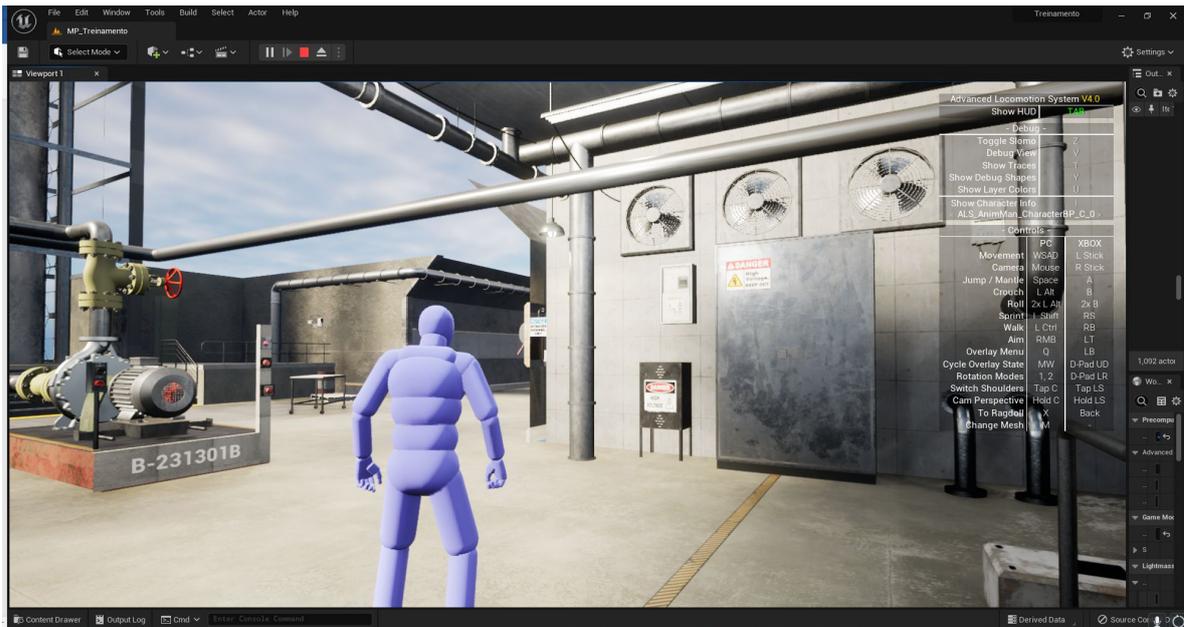


Figura 31 – Imagem do ambiente no modo de execução com o personagem na 3ª Pessoa.

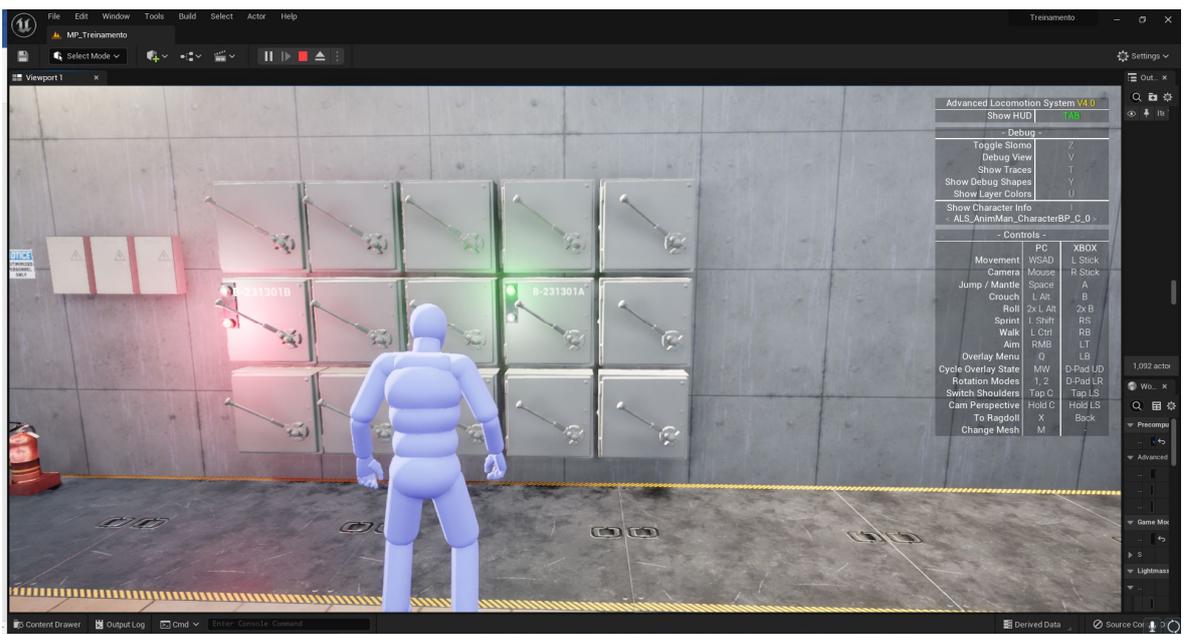


Figura 32 – Imagem do ambiente no modo de execução com o personagem na 3ª Pessoa.

### **3.6 Testes**

Após a conclusão de cada fase, alguns testes simples foram realizados, visando observar alguns aspectos do ambiente, como iluminação, resolução e a execução de algumas Blueprints de dinamização dos ventiladores, lâmpadas e alguns objetos.

Outros testes foram realizados após a conclusão da simulação, de forma a evitar erros nas condições e nas mensagens a serem apresentadas após ações.

Nesta fase, poderemos perceber algum erro de lógica, falhas nas malhas e objetos e assim, permitir a correção até a entrega total do projeto.

Entendemos que após a finalização das interações, serão necessários novos testes com pessoas treinadas neste tipo de processo, antes de iniciar os treinamentos.

#### 4. CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste trabalho, tem uma grande importância para o aprofundamento e o descobrimento de uma área de conhecimento que sempre buscamos descobrir. O uso de aplicativos digitais em 3D de forma apresentar alto grau de qualidade e aproximação com a realidade com o uso da interação em tempo real. O curso de Sistemas e Mídias Digitais apresenta uma diversidade de opções para o aprendizado, mas neste trabalho pudemos aplicar muito do que foi estudado, e aplicar esta grande variedade de uso interligado com o apoio e auxílio de pessoas especialistas em determinado conhecimento, produzindo algo extraordinário. Percebemos a importância de uma equipe para a produção de um projeto e como numa equipe o conhecimento é multiplicado. É fundamental ter uma base do conhecimento de várias áreas para facilitar o entendimento e a comunicação entre colaboradores, e assim, elevar a motivação de todos e o envolvimento pelo trabalho a ser desenvolvido.

A experiência de trabalho de vários anos na indústria do Petróleo, associada a tudo que foi acrescentado neste curso, motivou bastante a busca por modernização nos processos de treinamento e aprendizado. Percebemos a importância da capacitação para segurança de todos e valorização da vida. Analisar os riscos foi sempre uma constante na vida profissional e estudantil.

Percebemos que muito pode ser aperfeiçoado para criação de simulação, treinamentos, vídeos educativos, uso de Realidade Virtual através de novos equipamentos existentes e temos a expectativa de fazer crescer o uso destes recursos existentes nas Games Engines que facilitam bastante a produção de trabalhos como este.

Podemos pensar que num futuro próximo, poderemos evitar acidentes, mortes e danos ao patrimônio (equipamentos) levando pessoas a não errar nas atividades “Reais” pois com o conhecimento obtido nas simulações, nos Games, nos vídeos produzidos, estes erros tenham ocorrido apenas no “Virtual” e assim, poder trazer a experiência e o conhecimento necessários para agir com segurança e de forma correta, quando demandados nas suas atividades complexas, cheias de riscos.

Pudemos perceber que o trabalho em equipe consegue resolver mais facilmente as dificuldades, afinal assim como nosso curso, existem muitas áreas do conhecimento e quase sempre não dominamos muitas delas. Assim, conseguimos obter o apoio e o conhecimentos necessários para a realização do trabalho, nos amigos que nos ajudaram para esta conclusão.

## Referências

ALVES, Juliano B.; HAYDU, Nicholas B.; SOUZA, Rodrigo M. de. O uso de simuladores para treinamento em áreas de alta periculosidade–Case Simulador de Guindastes Petrobras. **SBGAMES, IX**, p. 161-169, 2010.

Anuário Estatístico de acidentes de origem elétrica (2022- ano base 2021), Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade -  
<https://tinyurl.com/bddjd9rr>

Baillie, K. (2020, November 11). *Fireside Chat with Robert Zemeckis and Kevin Baillie*. Unreal Build.Virtual Production.  
[https://www.youtube.com/watch?v=SFygRkwurV0&ab\\_channel=UnrealEngine](https://www.youtube.com/watch?v=SFygRkwurV0&ab_channel=UnrealEngine)

BUYUKSALIH, Ismail et al. 3D MODELLING AND VISUALIZATION BASED ON THE UNITY GAME ENGINE--ADVANTAGES AND CHALLENGES. **ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences**, v. 4, 2017.

FREITAS, P. J. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em Arena**. Visual Books, 2001.

GUIDA, Hilka Flávia Saldanha; FIGUEIREDO, Marcelo Gonçalves; HENNINGTON, Élide Azevedo. Perfil dos acidentes de trabalho fatais em empresa de petróleo no período de 2001 a 2016. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 45, 2020.

<https://tinyurl.com/mwnuzfyu>

MARKS, Stefan; WINDSOR, John; WÜNSCHE, Burkhard. Evaluation of game engines for simulated clinical training. 2008.

MOREIRA, Juliana Fisher Marques. Acidentes na indústria de petróleo e seus impactos na segurança operacional e preservação ambiental. 2017.

<https://tinyurl.com/5bp6masm>

NR-10 SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE e teve sua última modificação pela Portaria SEPRT 915 de 30/07/2019

<https://tinyurl.com/px6rbsr2>

Oliveira, E. R. (2013). “*O uso de Engines para o desenvolvimento de jogos*”. PhD thesis, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.

Painel SIPAER - Panorama dos acidentes aéreos – CENIPA - <https://tinyurl.com/3x6tk3dn>

RAMOS, C. Simulações e jogos para formação e treinamento de administradores. In: (Ed.). **Simulações e jogos para formação e treinamento de administradores**: Fundação Escola Nacional de Administração Pública, 1991.

TORI, R.; KIRNER, C. Fundamentos de Realidade Virtual. Em: TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada. Livro do Pré-Simpósio VIII Symposium on Virtual Reality (SVR). Belém, PA: Ed SBC, 2006. Cap.1, p. 2-21

### **Links de aplicativos e bibliotecas de modelos 3D**

Unreal Engine - <https://www.unrealengine.com/en-US/>

Cubebrush - Modelos 3D - <https://www.cubebrush.co/>

Poly Haven Modelos 3D- <https://polyhaven.com/models>

Sketchfab – Modelos 3D - <https://sketchfab.com/feed>