

---

# ESTRATÉGIAS DE APRENDIZADO TANGENCIAL APLICADAS EM UM JOGO DE MODELAGEM 3D PARA ANIMAÇÃO

## TANGENTIAL LEARNING STRATEGIES APPLIED IN A 3D MODELING FOR ANIMATION GAME

*Denis Marcelino*

Graduado no curso de Animação da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, Brasil

*Nicholas Bruggner Grassi*

Professor Doutor em Mídia e Tecnologia pela Unesp - atua como professor na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, Brasil; e-mail: nicholas.grassi@ufsc.br

### RESUMO

Este trabalho consistiu em desenvolver um protótipo de jogo para computador com intuito de facilitar o aprendizado sobre práticas corretas de modelagem 3D para Animação. A abordagem do aprendizado tangencial foi utilizada, já que ela consiste em ensinar como consequência de uma experiência divertida, impulsionando o jogador a buscar além do material contido no jogo. No caso do projeto, utilizou-se fontes de ensino sobre modelagem 3D para animação para a elaboração das fases, levando dois momentos ao jogador: aprender para a resolução da fase, e um modo desafio da mesma fase. Dentre os motores de jogos disponíveis no mercado, foi escolhido a *Unity* devido a uma afinidade pessoal com o método de desenvolvimento de jogos que a própria apresenta. O resultado foi uma das três fases em uma versão reduzida explicando conceitos chave de modelagem 3D para animação, possuindo apenas o modo aprendizado. Futuramente, após finalizar a implementação do modo desafio, serão realizados testes com um número arbitrário de jogadores para avaliar a diversão e o ensino tangencial percebidos por diferentes perfis. A métrica utilizada para avaliar o aspecto divertido de cada fase será a disposição espontânea e voluntária do jogador em tentar concluir o desafio ao menos uma vez em cada fase.

**Palavras-chave:** Modelagem 3D, Aprendizagem Tangencial, Modelagem para Animação, Jogo Digital.

### ABSTRACT

This work consisted of developing a computer game prototype aimed at facilitating learning about correct 3D modeling practices for Animation. The approach used was tangential learning, as it focuses on teaching as a consequence of an enjoyable experience, encouraging the player to seek beyond the material contained in the game. In the case of this project, educational resources on 3D modeling for animation were used to design the game stages, providing two moments for the player: learning for stage resolution and a challenge mode

within the same stage. Among the available game engines in the market, Unity was chosen due to a personal affinity with its game development method. The outcome resulted in three stages in a condensed version explaining key concepts of 3D modeling for animation, featuring only the learning mode. In the future, upon completing the implementation of the challenge mode, tests will be conducted with an arbitrary number of players to evaluate the perceived fun and tangential learning by different profiles. The metric used to assess the fun aspect of each stage will be the player's spontaneous and voluntary willingness to attempt the challenge at least once in each stage.

**Keywords:** 3D modeling; Tangential Learning; Modeling for Animation; Video Game.

## 1 INTRODUÇÃO

Esta pesquisa apresenta o desenvolvimento de um protótipo de jogo, inicialmente projetado somente para computadores, com intuito de ensinar sobre práticas corretas de modelagem 3D para animação. Incorporando princípios de *game design* e aprendizado tangencial, buscou-se desenvolver um jogo envolvente, sendo a aprendizagem uma consequência da diversão. Foi documentado separadamente todos os passos do desenvolvimento do jogo, compilados e relatados posteriormente neste trabalho.

A modelagem 3D apropriada para animação consiste em possuir o máximo de polígonos quadriláteros enquanto evita-se triângulos e polígonos com mais de quatro lados, densidade de malha em áreas de alta deformação e desenhos de malha específicas para solução de alguns casos. No caso de manter os polígonos com quatro lados, a prática pode ajudar (ANDALÓ, 2015).

Dessa forma, o objetivo do projeto é prover um protótipo de uma ferramenta de prática de modelagem 3D em que seja divertido resolver os problemas propostos, podendo ser utilizado em sala de aula de forma didática, no tempo individual de estudo dos jogadores ou até mesmo apenas como entretenimento.

Este projeto adotou os oito elementos recomendados por Sweetser e Wyeth (2005) para atingir o *game flow*. Isto incluiu a criação de uma breve história como motivação de jogo, uma mascote simples para simpatizar com o jogador e o mapeamento das mecânicas de jogabilidade, interface de usuário e fluxo do jogo. Tudo foi documentado no *Game Design Document*.

Neste projeto, o objetivo principal consistiu no desenvolvimento e na apresentação de dois momentos distintos ao jogador. Para a elaboração das fases do jogo, foram consultadas e aplicadas fontes de ensino especializadas em modelagem 3D para animação. Esses momentos foram delineados para oferecer duas experiências distintas ao jogador: o primeiro destina-se ao aprendizado para a resolução da fase, enquanto o segundo corresponde a um modo desafiador da mesma etapa.

Desta maneira, o jogador consegue desafiar o que aprendeu no próprio jogo, mas apenas se julgar necessário. O modo desafio contabiliza a quantidade de movimentos realizados para a resolução do problema e quanto tempo foi decorrido do início da fase até a conclusão. Pontos são calculados utilizando as métricas descritas anteriormente, dando ao jogador um total por fase e, no menu inicial, uma soma de todas as pontuações obtidas para comparar com outros jogadores.

Foram planejadas fases que consistem em: Densidade de loop, Triângulos e N-Gons, e Hexágonos. Pretendeu-se facilitar o aprendizado em, respectivamente, como adicionar mais loops em local de alta deformação, resolver polígonos vizinhos (triangular e pentagonal), e resolver topo de um cilindro hexagonal, transformando o topo em quadriláteros.

Para o protótipo desenvolvido nesta pesquisa, foi escolhida a fase que ensina sobre densidade de loops, explicando conceitos chave de modelagem 3D para animação e possuindo o modo aprendizado e o modo desafio, além do total de pontos obtidos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para a elaboração deste projeto, foi necessário realizar pesquisas sobre aprendizado tangencial, *game flow*, *game design* e motor de jogos a fim de fornecer um maior conhecimento na área de estudo.

### 2.1 APRENDIZADO TANGENCIAL

O aprendizado tangencial ocorre ao incentivar a busca pelo conhecimento como resultado de uma experiência envolvente, estimulando o jogador a explorar além do conteúdo presente no jogo. (FLOYD e PORTNOW, 2008). Por meio da integração de elementos de *game design*, *game flow* e aprendizado tangencial, buscou-se elevar a efetividade do aprendizado por meio do jogo.

Segundo Martins et al (2019), a aprendizagem tangencial se baseia na ideia de que um jogo é capaz de apresentar temas, técnicas e conceitos para uma audiência interessada e engajada, inspirando essa mesma audiência a se aprofundar no assunto de forma autônoma, promovendo assim um processo educativo significativo.

Para que a aprendizagem tangencial seja efetiva, o design do jogo deve prever não apenas elementos referentes ao tema principal, mas também incentivar a busca por informações adicionais que possam proporcionar aprendizado, mesmo que não sejam o foco central do interesse do jogador. Isso pode ser alcançado por meio de recursos como links para páginas da web, informações pertinentes ou até referências à Wikipédia, por exemplo (FLOYD; PORTNOW, 2008).

O aprendizado tangencial apresenta a ideia de que o lúdico facilita o aprendizado, e que o aprendizado que vem da pessoa interessada é mais efetivo do que a do aluno passivo. Para facilitar

esse aprendizado de forma divertida, foi criada uma história para motivar os jogadores, um personagem estilizado para criar apego e empatia por meio de seus aspectos lúdicos, referências para as técnicas utilizadas, além de desafios extras para despertar a autonomia do jogador em relação ao conteúdo e despertar interesse.

## 2.2 GAME FLOW

*Game flow* é o estado de foco elevado atingido quando certos elementos acontecem simultaneamente na relação jogador-jogo. Segundo Sweetser e Wyeth (2005), “*Game-Flow* consiste em oito elementos – concentração, desafio, habilidade, controle, objetivos claros, *feedback*, imersão e interação social”.

No caso deste projeto, foi levado em consideração cada ponto para alcançar o *game flow* da seguinte forma: Concentração – Modo aprendizagem; Desafio – Modo desafio; Habilidade – Forma exigente em que os pontos no modo desafio são contabilizados; Controle – A intenção do jogador com sua ação e o resultado em jogo são satisfatórios; Objetivos claros – Explicando claramente o objetivo de cada fase antes dela começar; *Feedback* – Uma resposta positiva ou negativa ao completar a fase.

## 2.3 GAME DESIGN DOCUMENT

*Game design* diz respeito ao ato de criar um jogo a partir de certas regras ou métodos pré-estabelecidos. Há inúmeros métodos diferentes utilizados no *game design*, porém, neste projeto optou-se pelo uso do documento de design de jogo. Essa ferramenta oferece uma melhor organização dos diversos componentes que compõem um jogo, além de um registro mutável que pode ser utilizado para a elaboração e evolução de ideias.

O documento de design de jogo, ou *game design document (GDD)* é uma ferramenta textual produzida por um *game designer* que descreve todas as características de um jogo, desde informações básicas de premissa, conceitos, passando por personagens e cenários, informações mais detalhadas como projeto de *levels* e até sons (MOTTA e TRIGUEIRO JUNIOR, 2013).

De acordo com Main Leaf Games (2023), existem três tipos de GDD mais utilizados na indústria: Página única, 10 páginas e Bíblia. Para este projeto foi escolhido o modelo de 10 páginas, pois foi julgado o tamanho ideal para conter todo o conteúdo necessário para a elaboração deste projeto, como as fases, desafios, personagens, construção do mundo, elementos de *gameplay*, *design* de nível, resumo da história, entre outros.

Foi utilizado o aplicativo Notion como ferramenta de composição do GDD pois possibilita a adição de elementos como link, imagens, vídeos, texto, entre outros. Além de todas essas ferramentas e ser disponível gratuitamente, o Notion também permite criar

ligações entre diferentes páginas contidas em si mesmo, acrescentando um nível de dinamismo e organização ao conteúdo que se remete a enciclopédias virtuais, também conhecidas como *wikis*.

## 2.4 MOTOR DE JOGOS

Para que um jogo exista, há necessidade de um mecanismo capaz de dar vida aos elementos de acordo com seus criadores. Um motor de um carro, por exemplo, é responsável por fazê-lo andar. Ao dar a ignição do veículo, o motorista coloca o motor em funcionamento e começa a mover-se com ele, sem precisar saber como funciona todo o processo mecânico. A transferência do movimento dos eixos para as rodas, a sincronização das explosões dos pistões, a injeção de combustível na câmara de combustão, tudo fica a cargo do motor. Um *engine* para jogos basicamente segue o mesmo princípio de funcionamento (CLUA e BITTENCOURT, 2005).

É por meio do motor de jogos, ou *game engine* em inglês, que o desenvolvedor de jogos aplica tanto a programação, que define como os elementos dentro do jogo devem se comportar, quanto os elementos gráficos, que consiste em renderizar modelos gráficos, partículas e interface de usuários, além de outros fatores necessários para jogos modernos.

No mercado atual de jogos, há três principais *engines* utilizadas: *Unreal Engine*, *Unity* e *Godot*. Cada um deles possuem suas próprias vantagens e desvantagens em sua utilização e funcionalidades. Para este projeto foi escolhida a *Unity* devido ao seu modelo de negócio, permitindo que jogos de graça utilizem o motor sem custo. Além disso, a *Unity* é conhecida por sua relativa facilidade de uso, suporte à linguagem de programação C# e pela vasta quantidade de conteúdo para apoio no desenvolvimento disponível gratuitamente na internet.

## 3 DESENVOLVIMENTO

Para iniciar o desenvolvimento do projeto foi necessário definir os elementos fundamentais que compõem o objetivo final e seu escopo imaginado. Para definir esses elementos de forma mais organizada e intuitiva, foi utilizado exemplos de *Game Design Documents* encontrados na internet, extraindo os tópicos que são usados com mais frequência, mas apenas os que são relevantes para este projeto em específico. Desta forma, foram definidos os tópicos “Descrição do Projeto”, “Descrição Técnica”, “Estilo de Arte”, “Personagem”, “Enredo”, “Fluxo de Jogo”, “*Gameplay*” e “Fases”.

Em “Descrição do Projeto”, é onde se detalha o objetivo, conteúdo e os conceitos que

compõem o jogo. Na “Descrição Técnica”, em qual plataforma o jogo será jogável, línguas suportadas, qual motor de jogo será utilizado e a descrição dos preços. “Estilo de Arte” diz respeito a parte visual do jogo, tanto como a interface de usuário se parece quanto o design das fases e estilo dos personagens. “Enredo” é a história contida no jogo sem muito detalhes, a premissa por trás da trama. Em “Fluxo do Jogo”, se define através de fluxogramas como será a experiência do jogador navegando as telas, menus e transição de fases. Na “Gameplay”, detalha-se exatamente o que o jogador fará para atingir os objetivos do jogo, o que está dentro de sua liberdade dentro de cada fase. Em “Fases”, cada fase, mecânica, diálogo e interações contida nela é detalhada.

Ao definir todos esses tópicos, o escopo esperado e os elementos fundamentais estão definidos, e o próximo passo é aplicá-lo. É necessário ressaltar que durante o desenvolvimento do jogo, é normal e esperado que essas definições mudem, serem desconsideradas ou novas definições surgirem. O GDD não é uma regra absoluta, apenas uma base para iniciar o desenvolvimento, evoluir ideias e manter todos os envolvidos informados.

### 3.1 PRÉ-PRODUÇÃO

Para gerar apelo e carisma para o jogador, foi criado uma mascote. Inspirado no programa de modelagem 3D Blender<sup>1</sup>, ele seria um liquidificador antropomórfico chamado Blendy. Sua personalidade é carismática, amigável, otimista e paciente. Foi criado alguns esboços iniciais para definir sua forma e silhueta, conforme demonstra a figura 1.

Figura 1 - Esboços do personagem



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

<sup>1</sup> Blender, também conhecido como blender3d, é um programa de computador de código aberto, desenvolvido pela Blender Foundation, para modelagem, animação, texturização, composição, renderização, e edição de vídeo.

Após definir sua forma, foram realizados alguns testes de cor (figura 2), utilizando a opinião de diversas pessoas para alcançar a opção mais carismática. Primeiramente, a paleta de cores gerais, depois detalhes faciais para mais destaque, e finalmente alguns toques de saturação e alteração de cores.

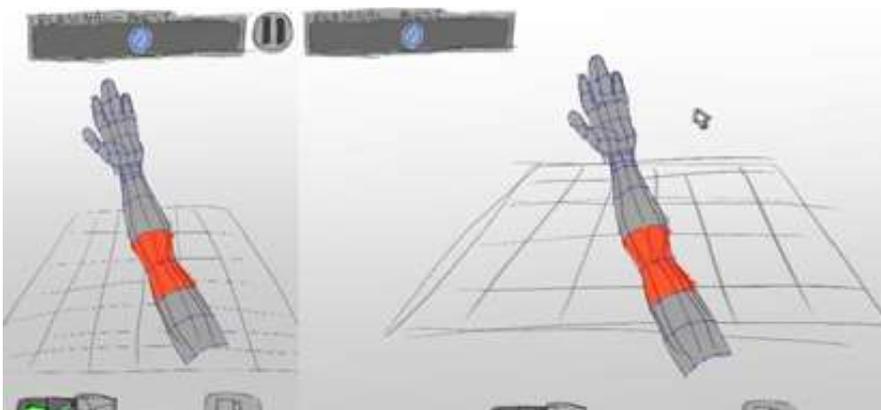
Figura 2 - Testes de cor do personagem



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Após definir o personagem, foi criado esboços de como a interface de usuário principal durante a *gameplay* se pareceria. Objetivou-se com a interface trazer elementos parecidos com outras ferramentas de modelagem 3D, mas de uma forma mais simplificada. O esboço (figura 3) contempla uma versão para celular e uma para computador, com a única diferença entre os dois sendo a escala dos elementos e sua disposição.

Figura 3 - Esboço da interface no modo celular e computador, respectivamente



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Após analisar os esboços, houve apenas uma alteração sugerida relacionada aos ícones das ferramentas: ao analisar exemplos de ferramentas de corte em outros programas 3D, ficou claro que a maioria utiliza o bisturi como ícone. Portanto, o ícone no jogo foi alterado de acordo.

Também foram realizados esboços da etapa de diálogo entre o personagem e o jogador, contemplados na figura 4, onde ele receberia as instruções de como completar a fase. No esboço, o diálogo do personagem foi substituído por rabiscos apenas para ilustrar a interface.

Figura 4 - Esboço do diálogo no modo celular e computador, respectivamente

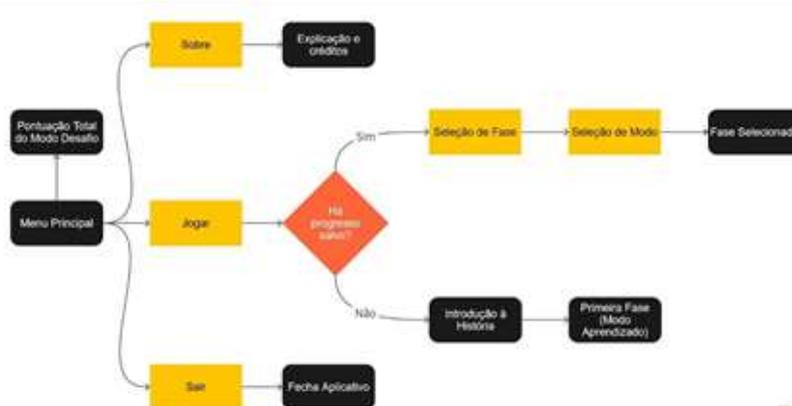


Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Em relação ao fluxo de *gameplay*, inicialmente foi definido por texto todas as etapas em que o jogador pode interagir, e posteriormente foi produzido um fluxograma. A imagem foi produzida com a ferramenta online Miro no modo gratuito.

Os retângulos pretos definem etapas ou ações executadas independentemente do jogador, os retângulos amarelos são ações que o jogador pode tomar, e o losango laranja representa uma divergência condicional.

Figura 5 - Fluxograma representando o fluxo da jogabilidade



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Em quesito de definir as fases do jogo, ao pesquisar sobre técnicas de modelagem 3D para animação na internet, livros, artigos e até consultando professores da própria universidade sobre o assunto, foi concluído inicialmente três assuntos: densidade de loops, triângulos e N-Gons, e hexágonos.

Para cada fase, foi detalhado em um manuscrito todas as falas que o personagem apresentará na tela, além de qualquer outra informação que será apresentada ao jogador. Para manter este trabalho breve, será apresentado o manuscrito por inteiro apenas da primeira fase.

O manuscrito segue como: Objetivo: Adicionar mais loops em local de alta deformação; Modelo: Braço.

Blendy: “Olá, colega! Você acabou de se transferir para a Incrível Escola de 3D do Professor Max, não é? Você acabou perdendo algumas semanas de conteúdo, mas não tema! Blendy está aqui para te ajudar!”

“Primeiro, vamos falar de loops. Loops são quando a malha 3D faz voltas ao redor do modelo, como aqui!” *Ele mostra um exemplo no modelo do braço.*

“Para que o modelo se mova corretamente quando for animá-lo, algumas áreas precisam de loops mais próximos uns dos outros para deformar corretamente. Bem assim!” *Ele mostra uma densidade de loops na dobra do braço, o braço dobra.*

“Se não houver loops o suficiente, isso acontece...” *Ele mostra um braço com poucos loops, deformando mal ao dobrar.*

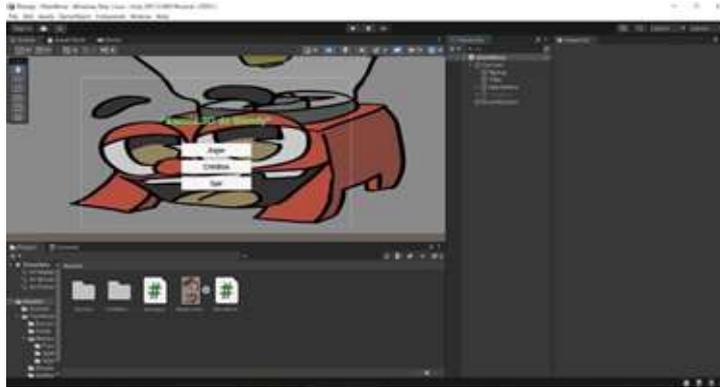
“Faz sentido? Utilizando a ferramenta de corte, tente corrigir este modelo adicionando mais loops na área destacada!” *A ferramenta de corte é destacada. Logo em seguida, o modelo do braço com poucos loops tem sua dobra marcada em vermelho.*

Ao completar a fase: “Muito bem! Identificar as áreas que você acha que vão ter muita deformação e adicionar mais loops é essencial para ter uma animação bonita.

### 3.2 PRODUÇÃO

Após definir cada etapa no GDD, a primeira coisa implementada foi a tela do menu inicial com três botões, título e imagem de fundo provisórios, como mostra a figura 6. O botão “Jogar” inicia o diálogo. O botão “Créditos” apresenta um breve créditos ao jogo, escondendo o botão “Jogar” e transformando o botão “Sair” em “Voltar”, que retorna para a tela principal. O botão “Sair” fecha o aplicativo.

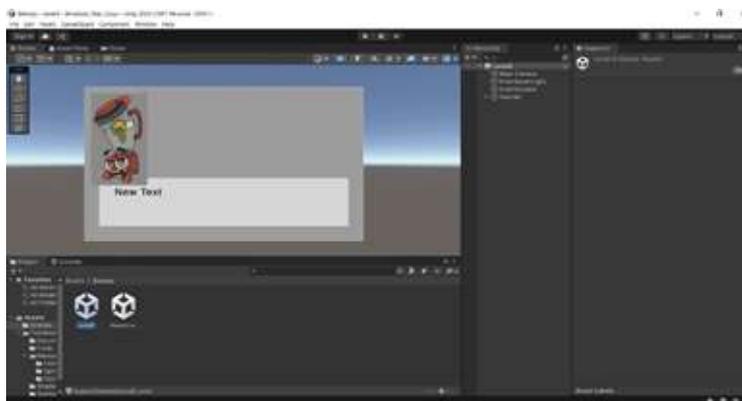
Figura 6 - Tela do menu inicial



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Ao pressionar “Jogar”, foi definido que uma breve história contextualizando o jogo é apresentada. Para que isso aconteça, foi desenvolvido uma interface de diálogo, como demonstra a figura 7. O texto é apresentado de forma lenta na caixa de diálogo, se completando gradualmente. Clicar antes do texto se completar avança o mesmo para sua forma final. Clicar quando o texto está em sua forma final avança para a próxima linha do diálogo. Também foi adicionado uma função para que seja possível fechar a aplicação ao pressionar a tecla ESC em qualquer parte do jogo.

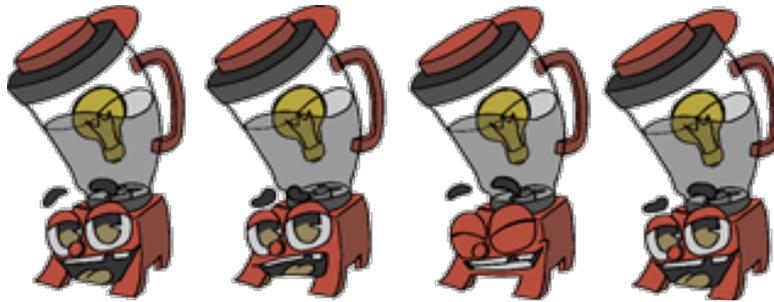
Figura 7 - Tela de diálogo



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Para melhor transmitir as emoções contidas no diálogo, foi criado diferentes expressões para o Blenny (figura 8), em conjunto do sistema para mudar a expressão em jogo de acordo com a fala em amostra na tela.

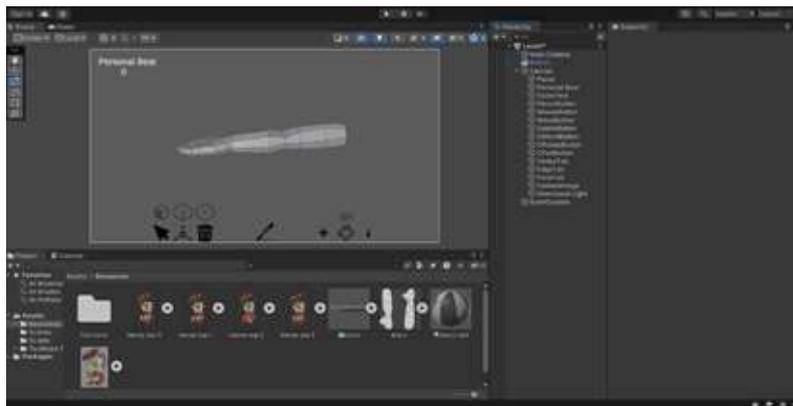
Figura 8 - Novas expressões do personagem



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Após o diálogo, a próxima tela implementada foi a que onde ocorre a *gameplay*. Para isso, foi criado uma interface de usuário com as ferramentas utilizadas na jogabilidade principal, modelado e importado um modelo de braço com texture wireframe (figura 9). Os ícones das ferramentas foram retirados da internet de forma gratuita.

Figura 9 - Primeira interface de usuário



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Em seguida, foram adicionados elementos extras na UI para que os botões pareçam interageíveis, adicionado instruções em jogo sobre as ferramentas e suas funcionalidades, junto com o botão “?” para apresentar essas instruções novamente. As funcionalidades das ferramentas de manipulação de câmera foram implementadas em seguida, sendo elas, respectivamente, movimentação, rotação e ampliação. Também foi adicionado uma música de fundo obtida de forma gratuita na internet para todas as telas do jogo.

Para melhor indicar que as informações bloqueiam outras interações na tela, foi adicionado uma sobreposição cinza junto com as informações de jogabilidade. Foi implementado também um botão para redefinir a posição do modelo e da câmera para seu estado original. Também foi removida a textura de wireframe do modelo do braço, ao melhor analisar, iria causar problemas no futuro quando a geometria do braço fosse ser alterada.

Para satisfazer a necessidade de fontes externas de ensino sobre o assunto, foi implementado um botão que apresenta links de fontes e recursos extras na etapa de diálogo no jogo. As fontes foram encontradas ao pesquisar na internet sobre o assunto, todas estão disponíveis de forma gratuita. Ao compilar essas fontes, um aspecto importante foi obter variedade no formato da fonte, obtendo vídeos e postagem em blogs como resultado.

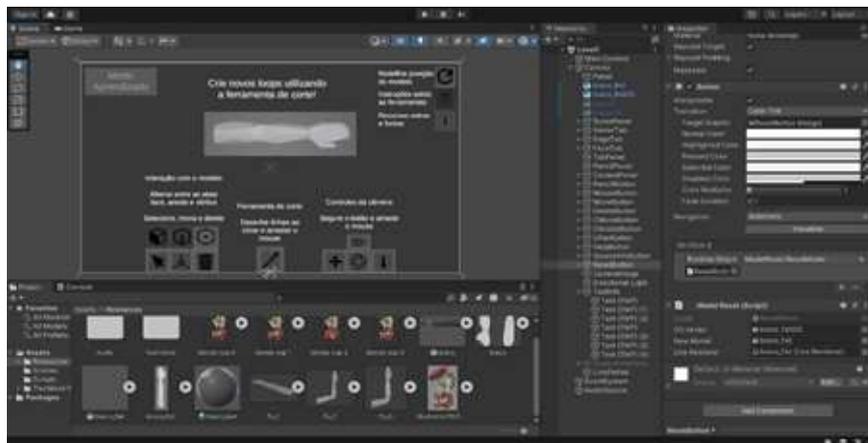
Para manter a experiência consistente, também foi adicionado um botão para mostrar fontes e recursos extras na tela de jogabilidade principal. Também foi alterado o texto “personal best” para “modo aprendido” nesta tela, para contemplar o modo atual do jogo.

Devido às limitações de tempo e experiência em desenvolvimento de jogos, o modelo 3D do braço foi substituído por um plano 2D com uma imagem do modelo, visualizável na figura 10. A gameplay principal mudou de alterar a geometria do modelo do braço para desenhar onde essas alterações ocorreriam na representação do braço.

Para contextualizar essa mudança na história do jogo, Blendy menciona que será utilizado uma representação de um objeto 3D por conta de corte de gastos.

Apesar dessa mudança, o objetivo de prover uma ferramenta de prática de modelagem 3D ainda é possível de ser alcançado, já que a lógica utilizada na modelagem real seria a mesma necessária para concluir cada fase no jogo.

Figura 10 - Alteração do modelo do braço para um plano 2D



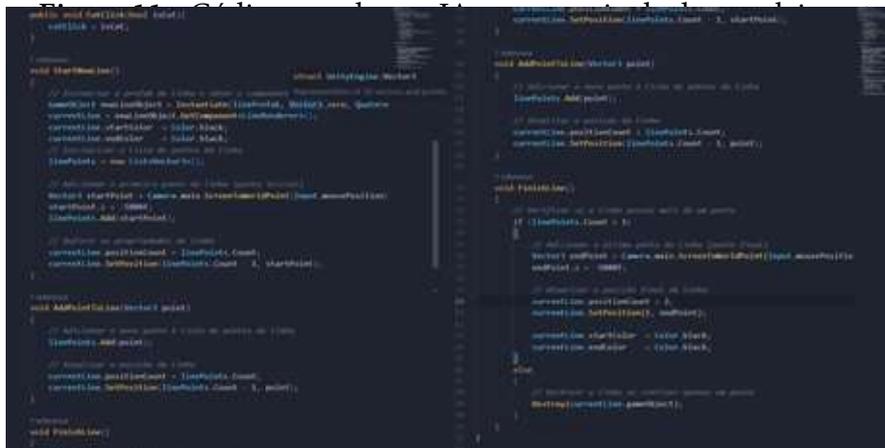
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Por fins estéticos, foi alterada a rotação do braço em 180 graus. Também foi adicionado um botão para checar se o objetivo foi cumprido e concluir a fase. A ferramenta de linha foi alterada de possibilitar o jogador a desenhar linhas com múltiplos pontos para que a linha sempre seja reta, utilizando o ponto inicial e final do clique.

Ao concluir a fase com sucesso, foi necessário implementar mais uma tela para que o jogador entenda que é o fim do protótipo. Para isso, foi desenvolvido uma tela final em que Blenny, a mascote, avisa ao jogador que é o fim do jogo.

É interessante informar que, para suplementar códigos mais complexos no projeto, foi utilizado o apoio de ferramentas de inteligência artificial baseadas em texto gratuitas, como ChatGPT<sup>2</sup>. Na figura 11, é possível ver um exemplo de código gerado pela IA utilizado no jogo.

É importante ressaltar que a utilização de IA no projeto foi de modo não dependente da ferramenta, mas utilizado de forma restritiva e aditiva. A programação em Unity é vasta, o motor possui diversas funções com diversas aplicações. A ferramenta foi utilizada mais como um guia do que um gerador bruto de código.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Para definir o projeto um sucesso, seria necessário o modo desafio da jogabilidade implementada até o momento e a adição de funcionalidade das outras ferramentas. Porém, devido a restrição de tempo, foi decidido implementar o restante posteriormente a conclusão deste projeto.

## 4 RESULTADOS

Como resultado deste projeto se obteve um protótipo de jogo com uma história que contextualiza a jogabilidade, um personagem para gerar apelo e conduzir o jogador, fontes de informação

<sup>2</sup> ChatGPT é um robô de conversa online de inteligência artificial desenvolvido pela OpenAI, lançado em novembro de 2022. O nome “ChatGPT” combina “Chat”, referindo-se à sua funcionalidade de *chatbot*, e “GPT”, que significa *Generative Pre-trained Transformer*, um tipo de modelo de linguagem grande.

para o que é ensinado dentro do jogo, e uma jogabilidade reduzida em escopo, mas que ainda aplica a lógica necessária para a modelagem 3D.

Na tela do menu principal (figura 12) existe quatro botões: Alternar Tela Cheira, Jogar, Créditos e Sair. Suas funções são, respectivamente, alterar entre o modo janela e modo tela cheia da aplicação, sendo a tecla F11 um atalho para essa função em qualquer outra tela do jogo, inicia o jogo começando pelo diálogo do personagem, apresenta os créditos na mesma tela (figura 13), e fecha a aplicação.

Figura 12 - Menu Principal



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

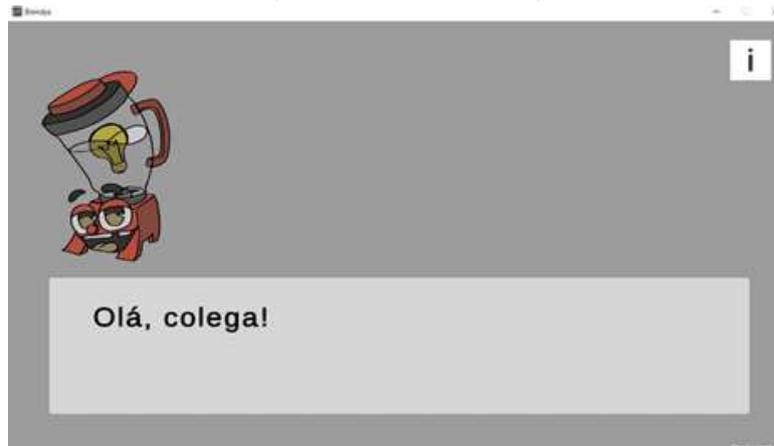
Figura 13 - Créditos no menu principal



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Na tela de diálogo (figura 14), existe uma imagem mutável do personagem que se adapta a emoção da fala apresentada, uma caixa de diálogo que se preenche lentamente, um botão para apresentar fontes e conteúdos extras sobre o assunto da fase (figura 15) e uma caixa de diálogo usada para apresentar imagens extras caso seja necessário durante a fala (figura 16).

Figura 14 - Tela de diálogo



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Figura 15 - Botão de recursos extras na tela de diálogo



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Figura 16 - Caixa de diálogo para imagens suplementares



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Após a contextualização através das telas de diálogo, é apresentado a tela contida na figura 17 para o jogador. Ela contém uma caixa indicando qual modo a fase está (aprendizado ou desafio), as ferramentas planejadas para o jogo, botões para auxiliar o jogador, informações sobre cada elemento presente na tela, e a representação 2D do modelo do braço. Ao clicar na tela, as informações são removidas e os outros elementos na tela ficam interativa (figura 18).

As ferramentas presentes em tela, da esquerda para a direita, são: selecionar, mover, deletar, ferramenta de corte, mover câmera, rotacionar câmera e ampliar câmera. As funções de selecionar, mover e deletar podem ser especificadas qual elemento do modelo elas irão interagir através das abas acima dos seus respectivos botões. As abas, da esquerda para a direita, são: face, aresta e vértice. Devido à mudança do modelo do braço 3D para 2D, as ferramentas selecionar, mover e deletar não estão implementadas.

Para utilizar a ferramenta de corte, primeiro clique nela. Em seguida, clique e arraste no modelo do braço para desenhar uma linha. Ao soltar o clique do mouse, a linha se torna reta. Enquanto a ferramenta de corte está selecionada, todas as outras funções na tela, com exceção do botão de terminar fase, são desativadas para facilitar o cálculo da linha.

Para utilizar as funções de manipulação de câmera, clique e arraste no botão da manipulação desejada. É importante notar que o quanto a câmera se moverá é calculada baseado na diferença da posição do clique inicial e a posição atual do mouse, ou seja, quanto mais longe arrastar o mouse do botão, mais a câmera mudará.

Os botões de auxílio, de cima para baixo, são: Redefinir modelo, informações sobre as ferramentas, recursos extras, e terminar fase. Suas funções são, respectivamente, redefinir

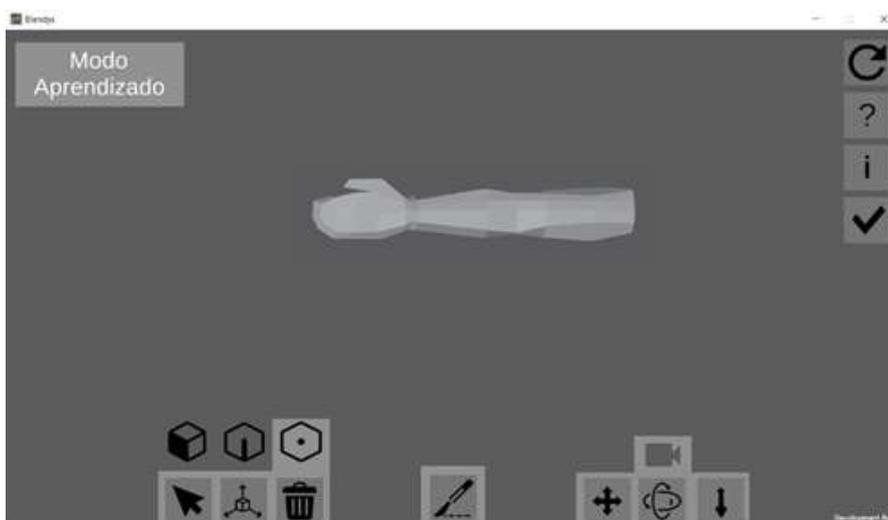
a posição do modelo e da câmera para seu estado original, apresentar as informações sobre os elementos em tela, apresentar a caixa de diálogo com recursos extras e fontes (figura 19), verifica se o objetivo foi alcançado e prossegue para terminar a fase.

Figura 17 - Tela de jogabilidade principal com informações



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Figura 18 - Tela de jogabilidade principal



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

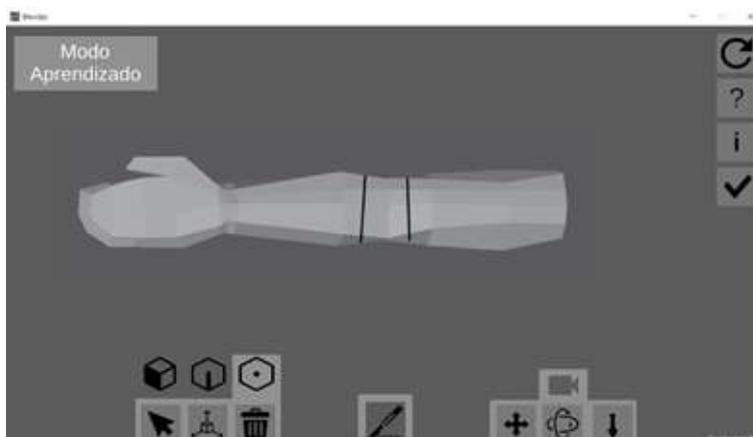
Figura 19 - Recursos extras e fontes na tela de jogabilidade principal



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Ao pressionar o botão “Terminar Fase”, é verificado a posição das linhas desenhadas pelo jogador. Para a fase se considerada completa com sucesso, é necessário que duas linhas estejam em ambos os lados da dobra do braço, como demonstra a figura 20. As linhas não precisam estar centralizadas, em um ângulo de 90 graus e cobrir a vertical do braço por completo para serem consideradas corretas.

Figura 20 - Exemplo de condição de vitória



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

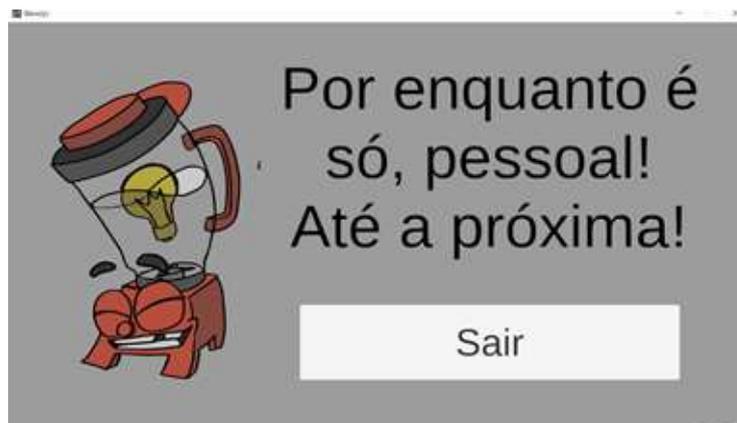
Caso essa condição seja cumprida, a caixa de diálogo contida na figura 21 é apresentada ao jogador. Clicar no botão “Eba!” leva o jogador à tela contida na figura 22, onde clicar no botão “Sair” fecha a aplicação.

Figura 21 - Caixa de diálogo ao completar a fase



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Figura 22 - Tela de despedida do jogo



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Caso o jogador não satisfaça essa condição, a caixa de diálogo na figura 23 é apresentada. Clicar no botão “Oops...” fecha a caixa de diálogo e redefine a posição do braço, as linhas desenhadas e a posição da câmera.

Figura 23 - Caixa de diálogo de falha



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido a dificuldades apresentadas durante o processo de programação e a falta de experiência em algumas dessas etapas, o projeto acabou tendo um corte no escopo geral para que fosse possível desenvolver um protótipo dentro do tempo estipulado capaz de utilizar a abordagem do aprendizado tangencial que contemplasse etapas do *game flow*.

Apesar de o escopo ter sido reduzido durante o desenvolvimento, o objetivo foi parcialmente alcançado. Dessa forma, foi criada uma história para motivar os jogadores, referências para as técnicas utilizadas e um personagem lúdico para criar apelo e empatia. Ou seja, criou-se o necessário para aplicar a ideia do aprendizado tangencial, restando apenas implementar os desafios extras para despertar a autonomia do jogador em relação ao conteúdo. Essa falta pode ser suplementada pela prática de modelagem 3D fora do jogo, por conta própria do jogador.

Produzir um protótipo de jogo, apesar dos desafios, foi gratificante. Desde a concepção do conceito do projeto, definir os objetivos e parâmetros a se alcançar, até implementá-los e vê-los funcionando como deveriam foi muito satisfatório. A utilização de IA no projeto foi relevante para obter os caminhos corretos a se seguir utilizando as funções geradas pela ferramenta, porém é necessário ressaltar que ela deve ser usada em moderação. No seu estado atual, não é recomendado utilizar o que a ferramenta gera de forma bruta, ela é mais efetiva como um guia experiente.

Acredita-se que analisar o escopo, planejamento de tempo e considerando todas as técnicas que o projeto necessita antes de iniciá-lo, ajudaria a alinhar melhor os objetivos. A programação necessária para simular um aplicativo de modelagem 3D é complexa e, durante o tempo de desenvolvimento, não foi encontrada uma forma de replicá-los na *Unity*.

Futuramente, planeja-se continuar com a implementação do jogo até atingir o escopo original do projeto e conduzir testes com um número arbitrário de jogadores para avaliar a diversão e o ensino tangencial percebidos por diferentes perfis. Para estes testes, a métrica utilizada para avaliar o aspecto divertido de cada fase será a disposição espontânea e voluntária do jogador em tentar concluir o desafio ao menos uma vez em cada fase.

## REFERÊNCIAS

ANDALÓ, Flávio. *Modelagem e Animação 2D e 3D para Jogos*. São Paulo: Editora Érica, 2015. 136 p.

CLUA, Esteban Walter Gonzalez; BITTENCOURT, João Ricardo. Desenvolvimento de Jogos 3D: Concepção, Design e Programação. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 25., 2005, São Leopoldo. *Anais [...]*. São Leopoldo: Unisinos, 2005. p. 1313-1357. Disponível em: <https://www.academia.edu/download/31065567/003.pdf>. Acesso em: 20 set. 2023.

GLÓRIA JÚNIOR, Irapuan. A Unificação dos Game Design Document: A Hora do Jogo. *Fasci-Tech*, São Caetano do Sul, v. 1, n. 10, p. 6-18, jan. 2016.

MAIN LEAF GAMES. *GDD exemplo e guia completo para criar seu jogo*. 2023. Disponível em: <https://mainleaf.com/pt/gdd-exemplo-e-guia-completo-para-criar-o-seu-jogo/>. Acesso em: 04 out. 2023.

MARTINS, Daniel de Sant'anna et al. Tabuleiro com História: Uma abordagem de aprendizagem baseada em jogos com aprendizagem tangencial. *Anais do Seminário de Jogos Eletrônicos, Educação e Comunicação*, 2019.

MOTTA, Rodrigo L.; TRIGUEIRO JUNIOR, José. *Documento de game design aplicado a jogos de pequeno porte e advergames: um estudo de caso do adverggame rockergirl bikeway*. 2013. 7 f. Monografia (Especialização) - Curso Superior de Jogos Digitais, Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas, Campina Grande, 2013.

RATH, Robert. *Game Criticism as Tangential Learning Facilitator: The Case of Critical Intel*. 2015. Disponível em: <https://gamescriticism.org/articles/rath-2-1>. Acesso em: 26 jun. 2023.

SWEETSER, Penelope; WYETH, Peta. GameFlow. *Computers In Entertainment*, [S.L.], v. 3, n. 3, p. 3-3, jul. 2005. Association for Computing Machinery (ACM). <http://dx.doi.org/10.1145/1077246.1077253>.

VIDEO Games and Learning. Produção de Dan Floyd, James Portnow. [S.I.]: Brain Training, 2008. Son., color. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=rN0qRKjfX3s>. Acesso em: 26 jun. 2023.

WEXELL-MACHADO, Luís Eduardo; MATTAR, João. Aprendizagem Tangencial: Revisão de Literatura sobre os Usos Contemporâneos do Conceito. *Educaonline*, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 16-36, jan. 2017. Disponível em: [https://repositorio.conacyt.gov.py/bitstream/handle/20.500.14066/3375/14-inv-355art\\_9.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.conacyt.gov.py/bitstream/handle/20.500.14066/3375/14-inv-355art_9.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 26 jun. 2023.