GRADE: AMBIENTE GRÁFICO DE DESENVOLVIMENTO PARA ENSINO DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA

Natália Sens Weise, Dalton Solano dos Reis – Orientador

Curso de Bacharel em Ciência da Computação

Departamento de Sistemas e Computação

Universidade Regional de Blumenau (FURB) – Blumenau, SC – Brasil

nweise@furb.br, dalton@furb.br

**Resumo:** O resumo é uma apresentação concisa dos pontos relevantes de um texto. Informa suficientemente ao leitor, para que este possa decidir sobre a conveniência da leitura do texto inteiro. Deve conter OBRIGATORIAMENTE o OBJETIVO, METODOLOGIA, RESULTADOS e CONCLUSÕES. O resumo não deve ultrapassar 10 linhas e deve ser composto de uma sequência corrente de frases concisas e não de uma enumeração de tópicos. O resumo deve ser escrito em um único texto corrido (sem parágrafos). Deve-se usar a terceira pessoa do singular. As palavras-chave, a seguir, são separadas por ponto, com a primeira letra maiúscula. Caso uma palavra-chave seja composta por mais de uma palavra, somente a primeira deve ser escrita com letra maiúscula, sendo que as demais iniciam com letra minúscula, desde que não sejam nomes próprios.]

**Palavras-chave**: Ciência da computação. Sistemas de informação. Monografia. Resumo. Formato.

# Introdução

Conforme dito por Manssour e Cohen (2006, p. 1), a Computação Gráfica (CG) “é uma área da Ciência da Computação que se dedica ao estudo e desenvolvimento de técnicas e algoritmos para a geração (síntese) de imagens através do computador.”. Para realizar as devidas transformações nas imagens, é preciso fazer uso da matriz de transformação, que é responsável por proporcionar escala, rotação e translação aos objetos gráficos da cena. Também é necessário o conhecimento de outros assuntos dentro dessa temática, sendo eles: grafo de cena, objetos gráficos, transformações geométricas homogêneas (matriz de transformação), câmera sintética e iluminação. Contudo, ainda é preciso que se tenha uma boa fundamentação teórica em geometria, visto que os conceitos de CG se baseiam nessa área da matemática (Azevedo; Conci; Vasconcelos, 2022).

Como Settimy e Bairral (2020) observaram, os alunos possuem dificuldade na abstração do espaço 3D pelo fato do ensino básico não abordar a Geometria de forma mais clara e aprofundada. Segundo Settimy e Bairral (2020, p. 3), “a Geometria é um campo fértil para perceber e entender as formas geométricas presentes em nosso cotidiano, sendo possível desenvolver habilidades importantes como a experimentação, representação, descrição e argumentação [...]”, sendo fundamental para o entendimento de CG. Dentre as diversas ferramentas de apoio existentes, uma que se destaca no âmbito da Geometria é o Geogebra 3D, que permite criar objetos 3D e manipular os valores de suas propriedades, o que contribui muito para o aprendizado da matéria como visto por Fassarella e Rocha (2018).

Outro material de apoio que se sobressai é o VisEdu-CG, construído por Buttenberg (2020) com o objetivo de auxiliar os alunos da Fundação Universidade Regional de Blumenau (FURB) no entendimento dos assuntos abordados na disciplina de CG do curso de Ciência da Computação. O projeto apresenta uma tela dividida em quatro seções: Fábrica de Peças, na qual o usuário pega os blocos para programar; Renderer, em que o usuário deposita as peças que coletou na Fábrica de Peças; Ambiente Gráfico, em que é possível visualizar os eixos, grade e objetos colocados em cena; e Visualizador, que mostra o resultado da execução do que foi projetado pelo usuário. Todavia, nem todos os objetivos propostos por Buttenberg (2020) foram concluídos. Algumas funcionalidades propostas, como os objetos Polígono e Spline e algumas propriedades da câmera não foram implementadas. Além disso, o tutorial desenvolvido ficou limitado a poucas funções básicas.

Sendo assim, esse projeto visa auxiliar os alunos de CG a entenderem os assuntos abordados em aula continuando com o desenvolvimento do antigo VisEdu-CG (Buttenberg, 2020), implementando as funcionalidades faltantes e trazendo novas, como a interface com mudança de tema (claro e escuro) para o usuário escolher o que mais lhe agrada à vista, além de exercícios para fixação do conteúdo e um tutorial mais completo.

## OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é disponibilizar uma nova versão do VisEdu-CG, agora chamado de ambiente GRÁfico de Desenvolvimento para Ensino de computação gráfica (GRADE), para ser utilizado na disciplina de Computação Gráfica na forma de material de apoio.

Os objetivos específicos são:

1. validar se o ambiente desenvolvido consegue representar objetos gráficos 3D definidos em um Grafo de Cena;
2. validar se estes objetos gráficos 3D podem ser manipulados por Transformações Geométricas;
3. avaliar se a utilização de exercícios, usando o ambiente desenvolvido, pode auxiliar no entendimento dos assuntos abordados em aula.

# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nessa seção serão descritos os principais conceitos que servirão como base para esse projeto (abstração do espaço 3D e computação gráfica) (subseção 2.1), além de uma subseção sobre o projeto anterior (subseção 2.2) e sobre os trabalhos correlatos (subseção 2.3).

## CONCEITOS, TÉCNICAS e/ou FERRAMENTAS

Nessa seção serão descritos os principais conceitos que servirão como base para esse projeto: abstração do espaço 3D (subseção 2.1.1) e Computação Gráfica (subseção 2.1.2).

### ABSTRAÇÃO DO ESPAÇO 3D

Segundo Azevedo, Conci e Vasconcelos (2022, p. 35), “[...] a abstração matemática dita Sistema de Coordenadas é explorada pela Computação Gráfica como ferramenta que permite escolher e alterar a representação de objetos gráficos de maneira que for mais conveniente a cada operação de processamento visual.”. Como Settimy e Bairral (2020) observaram, os alunos possuem dificuldade na abstração do espaço 3D pelo fato do ensino básico não abordar a geometria de forma mais clara e aprofundada. Segundo Settimy e Bairral (2020, p. 3), “[...] a Geometria é um campo fértil para perceber e entender as formas geométricas presentes em nosso cotidiano, sendo possível desenvolver habilidades importantes como a experimentação, representação, descrição e argumentação.”.

Entre as ferramentas de auxílio para aprendizado de Geometria se tem o Geogebra 3D. Com o Geogebra 3D, os usuários podem construir qualquer figura geométrica 3D e manipular seus valores de escala, rotação e translação. Dessa forma, utilizando esse espaço de visualização 3D, contribui mais com o aprendizado, conforme observado por Fassarella e Rocha (2018). Ao considerar que a Computação Gráfica se baseia fundamentalmente em Geometria, esta se torna indispensável para o aprendizado de CG.

Conforme observado por Settimy e Bairral (2020) e Azevedo, Conci e Vasconcelos (2022) isso se dá pelo fato de que, além de abstrair o espaço 3D, também é necessário entender o conceito de matriz de transformação homogênea e aplicá-la a objetos gráficos da cena, sendo necessário conhecimentos da área da geometria

### COMPUTAÇÃO GRÁFICA

Conforme dito por Manssour e Cohen (2006, p. 1), computação gráfica "[...] é uma área da Ciência da Computação que se dedica ao estudo e desenvolvimento de técnicas e algoritmos para a geração (síntese) de imagens através do computador.". E, como visto por Azevedo, Conci e Vasconcelos (2022, p. 183), “isso se faz a partir da descrição da geometria dos objetos [...], dos materiais associados às suas superfícies [...], das fontes de luz e do modelo de representação da iluminação adotado, da definição de uma câmera virtual que estabelece a posição de observação de cena, [...].”. Sendo assim, para maior entendimento do assunto, é necessário o conhecimento de outros conceitos dentro dessa temática, sendo eles: grafo de cena, objetos gráficos, transformações geométricas homogêneas, câmera sintética e iluminação.

Conforme Silva, Raposo e Gattas (2004, p. 3), “[...] grafos de cena são ferramentas conceituais para representação de ambientes virtuais tridimensionais nas aplicações de computação gráfica.”. Isso significa que o grafo é uma espécie de mapa para a cena construída, mostrando quais objetos gráficos fazem parte dela, quais objetos possuem filhos e quais suas características (cor, textura, posicionamento etc.). Azevedo, Conci e Vasconcelos (2022, p. 183) também afirmam que “[...] é comum que os objetos sejam descritos como malhas poligonais, compostas por conjuntos de vértices e arestas.”. Sendo assim, objetos gráficos são formas compostas por coordenadas que são mapeadas e representadas no mundo gráfico.

Para entender o conceito de transformações geométricas homogêneas, primeiro é preciso conceituar transformação em si. Conforme dito por Azevedo, Conci e Vasconcelos (2022, p. 52), transformação “[...] é qualquer função f que realiza um mapeamento de um conjunto de entrada, dito domínio, em um conjunto de saída, dito contradomínio.”. Dito isso, transformações geométricas homogêneas são funções que alteram o valor inicial das coordenadas e são aplicadas igualmente a todos os pontos de um objeto gráfico. Dentre as transformações existentes, destacam-se: rotação, escalamento e translação. A função de rotação é responsável por rotacionar os pontos, podendo ser no sentido horário ou anti-horário, para uma nova posição a partir da sua origem. Escalamento seria a transformação usada para alterar o tamanho de um objeto gráfico, podendo tanto aumentar quanto diminuir sua escala. Já a translação, é o módulo necessário para mudar a posição de um objeto a partir de sua origem. Esses três tipos de transformações são comumente usados em conjunto para se obter o resultado desejado e, por isso, acabam sendo complementares umas das outras (Azevedo; Conci; Vasconcelos, 2022).

Uma câmera sintética, também conhecida como câmera virtual, “[...] define um ponto de vista sob o qual a cena será visualizada e com isso cria uma representação no sistema de Computação Gráfica para o observador da cena.” (Azevedo; Conci; Vasconcelos, 2022, p. 38). Dessa forma, ela é necessária para a visualização dos objetos gráficos na cena. Vale ressaltar que apenas serão vistos em cena os objetos gráficos alinhados com o volume de visão da câmera, que seria toda a área visível a partir da sua localização. Para dispor devidamente a câmera, é preciso ter sua localização e orientação no espaço, o tipo de projeção que realizará e como ela interpretará os dados das imagens que serão visualizadas (Azevedo; Conci; Vasconcelos, 2022).

Como a câmera fica na cena junto com os outros objetos, ela também é um objeto gráfico, sendo preciso definir suas coordenadas e sua orientação (para onde ela está olhando). A projeção trata sobre como o objeto gráfico será visto em cena, podendo ser do tipo paralela, que mantem a linha de projeção seguindo os pontos de forma paralela entre si (muito usado em projeção 2D), ou sob perspectiva, fazendo com que objetos mais próximos apareçam maiores do que os mais distantes do ponto de visualização (projeção mais usada no 3D). A forma em que a câmera interpretará se relaciona com os outros dois aspectos anteriores. Para projetar a imagem, é preciso saber seu centro (para inserir no lugar correto) e sua escala (para ficar do tamanho desejado), para então mostrá-la de forma adequada (Azevedo; Conci; Vasconcelos, 2022).

Para que os objetos gráficos sejam percebidos em cena, é preciso a presença de iluminação para a percepção de suas cores e texturas. Existem quatro tipos de luz: a ambiente, a direcional, a pontual e a holofote. A luz ambiente é a mais comum e simples de se utilizar. Ela funciona como uma luz global, iluminando a cena de forma igualitária, permitindo que todos os objetos sejam visualizados, mas sem produzir grande efeitos de reflexão e sombreamento. A luz direcional é a utilizada para simular a luz solar: ela vem de um ponto em específico e segue a angulação, traçando raios paralelos de luz entre si. É importante lembrar que esse tipo de iluminação considera que todos os raios emitem quantidade equivalente de luz. A luz pontual é um ponto no espaço que ilumina em todas as direções e apresenta intensidades de luz diferentes conforme afastamento da origem. Por se tratar de um ponto, é usada para representar lâmpadas, explosões, entre outros tipos de objetos com pontos luminosos. Por fim, a luz holofote, como o próprio nome diz, é a luz proveniente de uma lâmpada do tipo holofote, iluminando apenas a região abrangente pelo seu ângulo de abertura, reduzindo de intensidade conforme afastamento (Azevedo; Conci; Vasconcelos, 2022).

## Versão anterior DO SOFTWARE

Ao longo dos anos, o VisEdu-CG já passou por diversas versões: tendo as duas primeiras em C++ (Araújo, 2012; Schramm, 2012), as três seguintes em Three.js (Nunes, 2014; Montibeler, 2014; Koehler, 2015) e a atual em Unity (Buttenberg, 2020), cuja tecnologia se manterá nessa nova versão proposta. Inicialmente chamado de Adubo e posteriormente de VisEdu-CG, a ferramenta surgiu com o objetivo de auxiliar os alunos da disciplina de Computação Gráfica do curso de Ciência da Computação da FURB a compreender melhor os temas abordados em aula, os principais sendo: grafo de cena, objetos gráficos, transformações geométricas homogêneas, câmera sintética e iluminação.

Buttenberg (2020) projetou a última versão do antigo nomeado VisEdu-CG em Unity, na versão 2018.2.6f1, a fim de aprimorar para uma ferramenta mais popular. Ao inicializá-la, o usuário pode optar por um tutorial de sete passos para aprender a usar a ferramenta. Nesta ferramenta são apresentadas quatro seções de tela distintas: Fábrica de Peças (Figura 1 (a)), na qual o usuário pega os blocos para programar; Renderer (Figura 1 (b)), em que o usuário deposita as peças que coletou na fábrica; Ambiente Gráfico (Figura 1 (c)), no qual é possível visualizar os eixos, grade e objetos colocados em cena; e Visualizador (Figura 1 (d)), que mostra o resultado da execução do que foi programado pelo usuário sem a presença da grade e dos eixos de orientação presentes na tela de Ambiente Gráfico.

Figura 1 - Tela inicial do VisEdu-CG

Interface gráfica do usuário, Aplicativo

Descrição gerada automaticamente

Fonte: Buttenberg (2020).

A Fábrica de Peças (Figura 1 (a)) apresenta nove diferentes tipos de objetos e componentes de cena, sendo eles: Câmera, Objeto Gráfico, Cubo, Polígono, Spline, Transladar, Rotacionar, Escalar e Iluminação. O Objeto Gráfico, Cubo, Polígono e Spline são formas geométricas para dispor no espaço gráfico. Os objetos Transladar, Rotacionar e Escalar são responsáveis pela matriz geométrica (transformações geométricas homogêneas), podendo mudar a posição, orientação e o tamanho no espaço do objeto em que forem aplicados. A Câmera e Iluminação são fundamentais para o funcionamento da aplicação, visto que a Câmera possibilitará a visualização do resultado e a Iluminação permitirá que os objetos sejam vistos em cena (Buttenberg, 2020).

Ao selecionar o bloco desejado, o usuário deve arrastá-lo até o Renderer (Figura 1 (b)), encaixando conforme formato da peça. Ao inserir um objeto geométrico, é possível adicionar tanto a iluminação quanto os objetos da matriz geométrica. Ao selecioná-los, é possível excluir o objeto ou editar suas propriedades, que aparecerem no canto superior esquerdo. Enquanto o aluno vai adicionando blocos, é possível pré-visualizar o resultado na tela de Ambiente Gráfico (Figura 1 (c)), podendo fazer alterações nos valores de Transladar, Rotacionar e Escalar para obter o resultado desejado, que é apresentado na tela Visualizador (Figura 1 (d)) (Buttenberg, 2020).

Ao concluir o projeto, Buttenberg (2020) demonstra que os objetivos específicos foram parcialmente cumpridos, visto que algumas funcionalidades propostas, os objetos Polígono e Spline e algumas propriedades da câmera, não foram implementados. Além disso, o tutorial desenvolvido ficou limitado a poucas funções básicas. Ademais, o projeto não possui a funcionalidade de se fazer exercícios de treinamento do conteúdo relacionado a Computação Gráfica.

## TRABALHOS CORRELATOS

Essa seção expõe três trabalhos selecionados com características em comum ao que se desenvolveu, os quais são apresentados em quadros. O Quadro 1 traz um jogo desplugado para ensinar pensamento computacional às crianças, proposto por Rodrigues, Gomes e Carneiro (2022). O Quadro 2 aborda o jogo GeNiAl desenvolvido por Barros, Sousa e Viana (2022), que busca ensinar a tabela periódica para estudantes do ensino superior. O Quadro 3 apresenta uma plataforma com jogos que ensinam astronomia projetada por Siedler *et al.* (2022).

Quadro 1 – Trabalho Correlato 1

|  |  |
| --- | --- |
| Referência | Rodrigues, Gomes e Carneiro (2022) |
| Objetivos | Trazer o Scratch para meio físico, a fim de ajudar os alunos de escolas sem acesso à tecnologia e internet a desenvolverem o pensamento computacional durante cenário pandêmico (Rodrigues; Gomes; Carneiro, 2022). |
| Principais funcionalidades | Encaixar blocos para atingir o objetivo de cada tarefa proposta (Rodrigues; Gomes; Carneiro, 2022). |
| Ferramentas de desenvolvimento | Blocos de materiais acessíveis e coloridos (exemplo: EVA) (Rodrigues; Gomes; Carneiro, 2022). |
| Resultados e conclusões | Os alunos conseguiram concluir as atividades e adquiriram o conhecimento desejado. Contudo, os alunos levaram mais tempo por não terem apoio presencial dos professores para tirar dúvidas (Rodrigues; Gomes; Carneiro, 2022). |

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 2 - Trabalho Correlato 2

|  |  |
| --- | --- |
| Referência | Barros, Sousa e Viana (2022) |
| Objetivos | Ajudar estudantes de ensino superior, que estejam na área das ciências ou que apenas tenham interesse no assunto, a aprender sobre a tabela periódica (Barros; Sousa; Viana, 2022). |
| Principais funcionalidades | Nele, existe um quiz e mais três trilhas para treinar diferentes conhecimentos da área, sendo que cada uma delas está ligada a um objetivo proposto (Figura 2): Germânio (Ge), com exercícios de agilidade para memorizar nome, símbolo e número atômico do elemento; Níquel (Ni), um minijogo da memória com o objetivo de relacionar elementos químicos com artigos do cotidiano; e Alumínio (Al), com atividades de lógica que buscam relacionar a posição do elemento na tabela com suas características (Barros; Sousa; Viana, 2022). |
| Ferramentas de desenvolvimento | O jogo foi desenvolvido para web em Next.js e React,js (Barros; Sousa; Viana, 2022). |
| Resultados e conclusões | Com base nas respostas obtidas, notou-se que a aplicação contribuiu com o fortalecimento e aprimoramento dos saberes dos alunos, visto que obterem alto desempenho nas atividades do jogo. Os pesquisados também informaram que obtiveram sentimento de satisfação ao concluir as tarefas pré-estabelecidas com êxito (Barros; Sousa; Viana, 2022). |

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 3 - Trabalho Correlato 3

|  |  |
| --- | --- |
| Referência | Siedler *et al.* (2022) |
| Objetivos | Para obter o aprimoramento das técnicas de ensino sobre astronomia em sala de aula, Siedler *et al.* (2022) criaram uma plataforma com jogos para auxiliar os professores a ensinarem o tema de forma mais interessante aos alunos, promovendo engajamento (Siedler *et al.*, 2022). |
| Principais funcionalidades | Primeiro jogo: apresenta dois módulos, Professor e Aluno. Em Professor, o docente pode inserir mais informações sobre o tema, aplicar questionários, coletar dados de desempenho dos discentes, entre outras funcionalidades. No modo Aluno, o estudante pode visualizar as informações postadas clicando em cada um dos planetas alinhados na tela, além de realizar questionários e salvar em arquivo no formato PDF tanto o conteúdo sobre planetas quanto as questões com suas respostas registradas (Siedler *et al.*, 2022). Segundo jogo: apresenta dinâmica de fases. Cada fase é um planeta e, para ganhar o jogo, o usuário deve viajar de planeta em planeta, começando pelo Sol e terminando o trajeto em Netuno. Para alcançar ao próximo astro, o aluno deve completar tarefas e ao chegar no destino pode acessar informações sobre aquele planeta (Siedler *et al.*, 2022). Terceiro jogo: o usuário lê com a câmera do smartphone com sistema Android cartas que funcionam como marcadores. Ao ler a imagem, o aplicativo projeta o respectivo astro em 3D na tela. Caso o usuário não possua os cartões, pode visualizar as imagens em 2D (sem a experiência de Realidade Aumentada) (Siedler *et al.*, 2022). |
| Ferramentas de desenvolvimento | Primeiro jogo: HyperText Markup Language 5 (HTML5), JavaScript, NodeJS e MongoDB (Siedler *et al.*, 2022).  Segundo jogo: Unity (Siedler *et al.*, 2022).  Terceiro jogo: Unity e Vuforia (Siedler *et al.*, 2022). |
| Resultados e conclusões | Ao testar a plataforma com alunos do quinto ano, notou-se maior interesse e aprendizado do conteúdo. Além disso, as crianças fizeram uso de trabalho em equipe no segundo jogo, como estratégia para passar de fase (Siedler *et al.*, 2022). |

Fonte: elaborado pelo autor.

# DESCRIÇÃO DO SOFTWARE

Nesta seção serão abordados a especificação, a qual apresentará diagramas e lista de requisitos, e a implementação, que mostrará de forma aprofundada o desenvolvimento do projeto em questão.

## Especificação

### DIAGRAMAS

Figura 2 - Diagrama de classe Exercício e Resposta

Interface gráfica do usuário, Aplicativo

Descrição gerada automaticamente

Fonte: elaborado pelo autor.

### REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO

Os requisitos do projeto definem que o ambiente gráfico deve:

1. permitir que o usuário possa seguir um tutorial para auxiliar o entendimento da ferramenta (Requisito Funcional – RF);
2. permitir que o usuário possa arrastar os blocos e editar suas informações conforme for desejado (RF);
3. permitir que o usuário possa mexer no tema da aplicação (modo claro ou modo escuro) conforme melhor lhe agradar (RF);
4. permitir que o usuário tenha os blocos Spline e Polígono disponibilizados na Fábrica de Peças (RF);
5. permitir que o usuário possa fazer uso da câmera com todas as suas propriedades para que funcione correta e completamente (RF);
6. permitir que o usuário possa realizar atividades pré-definidas, a fim de treinar seus conhecimentos adquiridos (RF);
7. permitir que o usuário saiba se acertou a atividade de treinamento ou não e que tenha uma explicação do porquê do erro (RF);
8. permitir que o usuário possa importar e exportar a cena de blocos criada em formato JavaScript Object Notation (JSON) (RF);
9. utilizar o motor de jogos Unity em conjunto com a Integrated Development Environment (IDE) Visual Studio (Requisito Não Funcional – RNF);
10. utilizar a linguagem de programação C# para implementação (RNF);
11. ser desenvolvido para plataforma desktop (apenas para Windows) e web (RNF).

## implementação

Para o desenvolvimento do projeto, foi preciso primeiramente converter a última versão do VisEdu (Buttenberg, 2020) para uma versão mais recente, sendo a 2022.1.13f da Unity escolhida para esse propósito. Em conjunto, foi utilizada a IDE Visual Studio 2019 na versão 16.11.34 para implementar os códigos em C#. Para auxiliar na implementação, foram usados diagramas, desenvolvidos no software draw.io na versão 1.0. Na etapa da construção do novo tutorial, que será abordada mais à frente, o Paint 3D (disponibilizado pelo próprio sistema Windows) foi usado para criar telas, a partir de imagens já existentes dentro do projeto, para auxiliar o usuário no entendimento do uso da ferramenta.

Além das imagens, a criação do novo tutorial foi baseada no artigo “How to design a perfect game tutorial?”, da Karolina Cieslak no site try\_evidence. Nele, ela aborda 8 regras para serem seguidas na hora de criar um tutorial para jogos, tais como “não fazer um tutorial com menos de 5 etapas nem com mais de 9 etapas” e “não se alongar nos textos”. A partir disso, o tutorial do GRADE ficou com 9 telas: 8 para as etapas e uma parabenizando o usuário. As telas ficam visíveis até o momento em que o que se pede é feito, indo para próxima até acabar e mostrar a mensagem dando os parabéns. Caso for desejado, o tutorial pode ser refeito. Basta acessar a aba Configurações e clica no botão Refazer.

# RESULTADOS

De modo a ampliar o seu caráter científico, todos os TCCs devem apresentar e discutir resultados não limitados à comparação com os trabalhos correlatos. Devem ser apresentados os casos de testes do software, destacando objetivo do teste, como foi realizada a coleta de dados e a apresentação dos resultados obtidos, preferencialmente em forma de gráficos ou tabelas, fazendo comentários sobre eles. Também é sugerida a comparação com os trabalhos correlatos apresentados na fundamentação teórica.

# CONCLUSÕES

As conclusões devem refletir os principais resultados alcançados, realizando uma avaliação em relação aos objetivos previamente formulados. Deve-se deixar claro se os objetivos foram atendidos, se as ferramentas utilizadas foram adequadas e quais as principais contribuições do trabalho sociais ou práticas para o seu grupo de usuários bem como para o desenvolvimento científico e ou tecnológico da área.

Deve-se incluir também as limitações e as possíveis extensões do TCC.

Referências

ARAÚJO, Luciana P. de. Adubogl: Aplicação Didática usando a Biblioteca Open GL. 2012. 76f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2012. Disponível em: https://bu.furb.br//docs/MO/2012/350348\_1\_1.pdf. Acesso em: 04 maio 2024.

INSERIR REF:https://tryevidence.com/blog/how-to-design-a-perfect-game-tutorial/

AZEVEDO, Eduardo; CONCI, Aura; VASCONCELOS, Cristina. **Computação Gráfica:** Teoria e Prática: Geração de Imagens. 1. ed. rev. Rio de Janeiro: Alta Books, 2022.

BARROS, Gabriel C.; SOUSA, Janyeid K. C.; VIANA, Davi. Jornada Química GeNiAl: um jogo sério para o ensino da tabela periódica e seus elementos. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 11., 2022, Manaus. **Anais** [...].Manaus: Publication chair, 2022. p. 1-12. Disponível em: https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/22432/22256. Acesso em: 27 nov. 2023.

BUTTENBERG, Peterson B. **VisEdu-CG 5.0: Visualizador de material educacional.** 2020. 19 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2020. Disponível em: https://www.furb.br/dsc/arquivos/tccs/monografias/2020\_1\_peterson-boni-buttenberg\_monografia.pdf. Acesso em: 27 nov. 2023.

FASSARELLA, Lucio S.; ROCHA, Rosângelo J. da. Geogebra 3D: Relato de uma experiência na superação de dificuldades de aprendizagem em geometria espacia**. Kiri-kerê**, São Mateus, v. 3, n. 5, p. 261-275, nov. 2018. Disponível em: https://periodicos.ufes.br/kirikere/article/view/20347/14547. Acesso em: 28 nov. 2023.

KOEHLER, William F. **VisEdu-CG 4.0:** Visualizador de Material Educacional. 2015. 90 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2015. Disponível em: https://www.furb.br/dsc/arquivos/tccs/monografias/2015\_1\_william-fernandes-koehler\_monografia.pdf. Acesso em: 28 nov. 2023.

MANSSOUR, Isabel H.; COHEN, Marcelo. Introdução à computação gráfica. **Revista de Informática Teórica e Aplicada,** Rio Grande do Sul, v. 13, n. 2, p. 1-25, 2006. Disponível em: https://www.inf.pucrs.br/manssour/Publicacoes/TutorialSib2006.pdf. Acesso em: 1 out. 2023.

MONTIBELER, James P. **VisEdu-CG:** Aplicação Didática para Visualizar Material Didático, Módulo de Computação Gráfica. 2014. 106 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2014. Disponível em: https://www.furb.br/dsc/arquivos/tccs/monografias/2014\_1\_james-perkison-montibeler\_monografia.pdf. Acesso em: 28 nov. 2023.

NUNES, Samuel A. **VisEdu-CG 3.0:** Aplicação Didática para Visualizar Material Didático:Módulo de Computação Gráfica. 2014. 89 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2014. Disponível em: https://www.furb.br/dsc/arquivos/tccs/monografias/2014\_1\_samuel-anderson-nunes\_monografia.pdf. Acesso em: 28 nov. 2023.

REIS, Dalton S. **Entrevista sobre aulas de Computação Gráfica**. Entrevistador: Natália Sens Weise. Blumenau. 2018. Entrevista feita através de conversação – não publicada.

RODRIGUES, Amanda K. M.; GOMES, Kamily C. O.; CARNEIRO, Murillo G. Scratchim: uma abordagem para o ensino do Pensamento Computacional para crianças de forma remota e desplugada*. In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 11., 2022, Manaus. **Anais** [...]. Manaus: Publication chair, 2022. p. 1-12. Disponível em: https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/22515/22339. Acesso em: 27 nov. 2023.

SCHRAMM. Elizandro J. **Adubogl ES 2.0:** Aplicação Didática usando a Biblioteca OpenGL EE 2.0 no iOS.2012. 64f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2012. Disponível em: https://bu.furb.br//docs/MO/2012/350319\_1\_1.pdf. Acesso em: 04 maio 2024.

SETTIMY, Thaís F. de O.; BAIRRAL, Marcelo A. Dificuldades envolvendo a visualização em geometria espacial. **VIDYA**, Santa Maria, v. 40, n. 1, p. 177-195, jan./jun. 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/343556166\_DIFICULDADES\_ENVOLVENDO \_A\_VISUALIZACAO\_EM\_GEOMETRIA\_ESPACIAL. Acesso em: 28 nov. 2023.

SIEDLER, Marcelo S. *et al.* OrbitAndo: uma plataforma para ensino de Astronomia de outro mundo. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 11., 2022, Manaus. **Anais** [...].Manaus: Publication chair, 2022. p. 1-11. Disponível em: https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/22434/22258. Acesso em: 27 nov. 2023.

SILVA, Romano J. M. da; RAPOSO, Alberto B.; GATTAS, Marcelo. **Grafo de Cena e Realidade Virtual.** Rio de Janeiro: PUC, 2004. Disponível em: https://web.tecgraf.puc-rio.br/~abraposo/INF1366/2007/02\_GrafoDeCena\_texto.pdf. Acesso em: 27 nov. 2023.

APÊNDICE A – DIAGRAMAS DE ESPECIFICAÇÃO

É fundamental que todo projeto apresente alguma forma de especificação do que foi desenvolvido. A descrição é opcional. Assim, **este apêndice deve conter os diagramas de especificação que não couberam ao longo do texto**. Os diagramas devem conter legendas numeradas na sequência do artigo.

Cada apêndice deve iniciar em uma nova página.

APÊNDICE B – XXX

Podem ser inseridos outros apêndices no artigo tais como códigos de implementação, telas de interface, instrumentos de coleta de dados, entre outros. **Apêndices são** **textos elaborados pelo autor** a fim de complementar sua argumentação. Os apêndices são identificados por letras maiúsculas consecutivas, seguidas de um travessão e pelos respectivos títulos. Deve haver no mínimo uma referência no texto anterior para cada apêndice. Colocar sempre um preâmbulo no apêndice. Caso existam tabelas ou ilustrações, identifique-as através da legenda, seguindo a numeração normal das legendas do artigo.

ANEXO A – DESCRIÇÃO

Elemento opcional, **anexos são documentos não elaborados pelo autor**, que servem de fundamentação, comprovação ou ilustração, como mapas, leis, estatutos, entre outros. Os anexos são identificados por letras maiúsculas consecutivas, seguidas de um travessão e pelos respectivos títulos. Deve haver no mínimo uma referência no texto anterior para cada anexo. Colocar sempre um preâmbulo no anexo. Caso existam tabelas ou ilustrações, identifique-as através da legenda, seguindo a numeração normal das legendas do artigo.

# DESCRIÇÃO DA FORMATAÇÃO

A seguir são apresentadas observações gerais sobre o texto do artigo do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). **Observa-se que esta descrição deve ser retirada do texto final.**

Na confecção do texto deve-se:

1. usar frases curtas. Segundo Teodorowitsch (2003, p. 3), “Frases com mais de duas linhas aumentam o risco de o leitor não compreender a ideia ou de entendê-la de forma equivocada.”;
2. usar linguagem impessoal (usar a terceira pessoa do singular) e verbo na voz ativa (a ação é praticada pelo sujeito), com conexão entre os parágrafos;
3. não usar palavras coloquiais;
4. não usar palavras repetidas em demasia;
5. usar verbos no presente quando for referir-se a partes do trabalho que já se encontram disponíveis no texto;
6. destacar palavras em língua estrangeira em itálico, conforme descrito abaixo:
   1. nome de software, ferramenta, aplicativo, linguagem de programação, plataforma, empresa: não deve ser escrito em itálico (exemplos: Delphi 7, Pascal, Object Pascal, Java, JavaScript, Java 2 Micro Edition, Basic, Microsoft Visual C++, C, Windows, Linux, MySQL, Oracle, Eclipse 3.0, Enterprise Architect, Rational Rose, Microsoft, Sun Microsystems),
   2. citações: o sobrenome do autor ou o nome da instituição responsável pela autoria do documento citado não deve ser escrito em itálico (exemplo: Segundo Sun Microsystems (2004), ...),
   3. palavras em língua estrangeira encontradas nos dicionários nacionais: não devem ser grafadas em itálico (exemplos: software, hardware, web, Internet),
   4. demais palavras em língua estrangeira: devem ser escritas em itálico (exemplos: *palmtop*, *classpath*, *play*, etc.). No entanto, Teodorowitsch (2003, p. 7), sugere que alguns termos em língua inglesa devem ser substituídos por termos em português (exemplos: núcleo em vez de *kernel*, aprendizagem de máquina em vez de *machine learning*, etc.);
7. observar as seguintes regras quanto ao uso de siglas:
   1. colocar as siglas entre parênteses precedidas pela forma completa do nome, quando aparecem pela primeira vez no texto (exemplos: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)). Caso exista uma lista de siglas na parte pré-textual do volume final, pode-se usar somente a sigla, quando aparecer pela primeira vez no texto,
   2. usar apenas a sigla nas demais ocorrências no texto,
   3. escrever as siglas em letras maiúsculas e não usar itálico,
   4. escrever o plural das siglas sem apóstrofo (exemplos: PCs, APIs, PDAs) e determinar o gênero da sigla conforme o gênero do primeiro substantivo do seu nome (exemplo: o TCC – o Trabalho de Conclusão de Curso).

## formatação

A formatação geral para apresentação do documento, descrita na NBR 14724 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011), é a seguinte:

1. o texto divide-se em capítulos, seções e subseções (até cinco divisões);
2. a apresentação de citações em documentos deve seguir a NBR 10520 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2002b);
3. a descrição das referências bibliográficas deve estar de acordo com a NBR 6023 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2002a).

Observa-se ainda que todo capítulo, seção ou subseção deve ter no mínimo um texto relacionado.

O artigo deve ser digitado usando as fontes e formatação de parágrafos deste modelo, indicadas no Quadro 2.

Quadro 4– Estilos do modelo

|  |  |
| --- | --- |
| **USO** | **FORMATO** |
| título de capítulo ou seção primária (1) | TF-TÍTULO 1 (Times New Roman, 10pt, negrito, maiúsculas) |
| título de seção secundária (1.1) | TF-TÍTULO 2 (Times New Roman, 10pt, maiúsculas) |
| título de seção terciária (1.1.1) | TF-Título 3 (Times New Roman, 10pt, minúsculas, exceto a 1a letra da 1a palavra do título e de nomes próprios) |
| título de seção quaternária (1.1.1.1) | TF-Título 4 (mesma formatação seção ternária) |
| título de seção quinária (1.1.1.1.1) | TF-Título 5 (mesma formatação seção ternária) |
| texto | TF-TEXTO (Times New Roman, 10pt) |
| citação direta com mais de três linhas | TF-CITAÇÃO (Times New Roman, 9pt, com recuo de 4 cm) |
| itens (alíneas) | ver descrição abaixo (Times New Roman, 10pt) |
| referência bibliográfica | TF-REFERÊNCIA ITEM (Times New Roman, 10pt, alinhada à margem esquerda) |
| fonte, legenda, texto de quadro/tabela e figura | TF-FONTE (Times New Roman, 9pt, centralizada)  TF-LEGENDA, (Times New Roman, 10pt, centralizada)  TF-TEXTO- QUADRO (Times New Roman, 10pt)  TF-FIGURA (Times New Roman, 10pt, centralizada) |

Fonte: elaborado pelo autor.

O espaçamento, também definido no modelo, deve ser conforme indicado no Quadro 3.

Quadro 5 - Espaçamento

|  |  |
| --- | --- |
| **USO** | **ESPAÇAMENTO** |
| título de capítulo ou seção primária (1)  título de seção secundária (1.1)  título de seção terciária (1.1.1)  título de seção quaternária (1.1.1.1)  título da seção quinária (1.1.1.1.1) | espaço simples, com 12pt antes do parágrafo |
| texto | espaço simples, com 6 pt antes do parágrafo |
| citação direta com mais de três linhas | espaço simples com 6pt antes e depois do parágrafo |
| itens (alíneas) | espaço simples, com 6 pt antes do parágrafo |
| referência bibliográfica | espaço simples, com 6 pt antes do parágrafo |
| legenda e texto de ilustração/tabela | espaço simples, com 6 pt antes do parágrafo |
| fonte | espaço simples, com 0pt antes do parágrafo |

Fonte: elaborado pelo autor.

Na disposição gráfica de itens (alíneas) devem ser observados os seguintes quesitos:

1. o texto que antecede os itens termina com dois pontos;
2. cada item deve iniciar com uma letra minúscula seguida de fecha parênteses e terminar com um ponto e vírgula, sendo que o último item termina com ponto (FORMATO: TF-ALÍNEA);
3. o texto de cada item inicia com letra minúscula, exceto nomes próprios;
4. quando contiver subitens, os mesmos devem iniciar com hífen colocado sob a primeira letra do texto do item correspondente (FORMATO: TF-SUBALÍNEA nível 1 ou TF-SUBALÍNEA nível 2, conforme o caso). Nesse caso, cada subitem deve terminar com uma vírgula, exceto o último que termina com ponto ou com ponto e vírgula.

Segue um exemplo:

1. cada item inicia com letra minúscula, cada item inicia com letra minúscula, cada item inicia com letra minúscula, cada item inicia com letra minúscula (FORMATO: TF-ALÍNEA);
2. cada item inicia com letra minúscula, cada item inicia com letra minúscula, cada item inicia com letra minúscula, cada item inicia com letra minúscula (FORMATO: TF-ALÍNEA):
   1. cada subitem (nível 1) inicia com letra minúscula, cada subitem (nível 1) inicia com letra minúscula (FORMATO: TF-SUBALÍNEA nível 1):
      1. cada subitem (nível 2) inicia com letra minúscula, cada subitem (nível 2) inicia com letra minúscula (FORMATO: TF-SUBALÍNEA nível 2),
      2. cada subitem (nível 2) inicia com letra minúscula, cada subitem (nível 2) inicia com letra minúscula (FORMATO: TF-SUBALÍNEA nível 2),
   2. cada subitem (nível 1) inicia com letra minúscula, cada subitem (nível 1) inicia com letra minúscula (FORMATO: TF-SUBALÍNEA nível 1);
3. cada item inicia com letra minúscula, cada item inicia com letra minúscula, cada item inicia com letra minúscula, cada item inicia com letra minúscula (FORMATO: TF-ALÍNEA).

#### Exemplo de título de seção quaternária [FORMATO: TF-TÍTULO 4]

Formato: TF-TEXTO.

##### Exemplo de título de seção quinária [FORMATO: TF-TÍTULO 5]

Formato: TF-TEXTO.

### Formatação de quadros, figuras e tabelas

Um quadro contém apenas informações textuais, que podem ser agrupadas em colunas. Uma figura contém, além das informações textuais, pelo menos um elemento gráfico. Uma tabela é uma apresentação tabular de informações **numéricas** relacionadas.

Os quadros, figuras e tabelas são identificados na parte superior por uma legenda (a qual deve estar centralizada) composta pela palavra designativa (Figura, Quadro ou Tabela, conforme o caso), seguida de seu número em algarismo arábico (usar numeração progressiva, uma sequência para os quadros, outra para as figuras e outra para as tabelas), de hífen e do título. As ilustrações devem:

1. aparecer centralizadas no texto;
2. estar delimitadas por uma moldura simples (com exceção das tabelas não quais não devem ser usadas bordas (linhas) verticais em suas extremidades);
3. aparecer numa única página (quando o tamanho não exceder o da página), inclusive a legenda;
4. serem inseridas o mais próximo possível do trecho a que se referem pela primeira vez.

Toda ilustração deve ter fonte, centralizada. Quando foi o próprio autor que fez a ilustração, deve inserir o texto: “Fonte: elaborado pelo autor”.

Observa-se que quando um código fonte for descrito dentro de um quadro, deve-se utilizar letra do tipo courier new 9pt. (TF-CÓDIGO-FONTE)

Exemplos de como se deve referenciar uma figura, um quadro e uma tabela bem como descrevê-los são mostrados a seguir.

Um exemplo de uma rede de Petri pode ser visto na Figura 1.

Figura 3 – Exemplo de uma rede de Petri



Fonte: Schubert (2003, p. 18).

Um exemplo de código fonte gerado a partir de uma especificação pode ser visto no Quadro 4.

Quadro 6 – Funções que verificam se as transições estão sensibilizadas

|  |
| --- |
| function TestruturaMalha.T1Sensibilizada: Boolean;  begin  result := (Fp2 and Fp4);  end;  function TEstruturaMalha.T2Sensibilizada: boolean;  begin  result := (Fp1 and Fp3);  end;  function TEstruturaMalha.T3Sensibilizada: boolean;  begin  result := (Fp2 and Fp4);  end; |

Fonte: Schubert (2003, p. 63).

A quantidade de trabalhos finais realizados no Curso de Ciência da Computação (de 2010 até 2014) é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Trabalhos finais realizados no Curso de Ciência da Computação

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ano | Estágios | TCC´s | Totais |
| 2010/1 | 0 | 16 | 16 |
| 2010/2 | 0 | 21 | 21 |
| 2011/1 | 0 | 25 | 25 |
| 2011/2 | 0 | 23 | 23 |
| 2012/1 | 0 | 23 | 23 |
| 2012/2 | 0 | 22 | 22 |
| 2013/1 | 0 | 25 | 25 |
| 2013/2 | 0 | 16 | 16 |
| 2014/1 | 0 | 18 | 18 |
| 2014/2 | 0 | 13 | 13 |
|  | **0** | **202** | **202** |

Fonte: elaborado pelo autor.

### Exemplos de citações retiradas de documentos ou de nomes constituintes de uma entidade

A apresentação de citações em documentos deve seguir a NBR 10520 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2002b). O sistema a ser usado é o alfabético. Exemplos de citações são: “Numa publicação recente (SEBESTA, 2000) é exposto ...” e “Segundo Silva *et al.* (1987), execução controlada de programas é ...”.

Quando a citação referir-se a uma parte específica do documento consultado, especificar no texto do artigo a(s) página(s). Esta(s) deverá(ão) seguir a data, separada(s) por vírgula(s) e precedida(s) pelo designativo que a(s) caracteriza(m). Como exemplo, mostra-se: “(SCHIMT, 1999, p. 50)” ou “... visto que Schimt (1999, p. 50) implementou ...”.

As citações diretas (transcrição textual de parte da obra do autor consultado), no texto, com mais de três linhas, devem ser destacadas com recuo de 4 cm da margem esquerda, com letra menor que a do texto utilizado e sem as aspas (FORMATO: TF-CITAÇÃO), conforme o exemplo a seguir.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros). (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2002b, p. 1).

Quando da citação de um nome (identificador) constituinte de uma entidade ou de um elemento de interface em um texto, deve-se utilizar o tipo de letra *courier new*, com tamanho nove (9). Para facilitar a formatação, existe o estilo de palavra denominado TF-COURIER9. Como exemplo cita-se nome de classe, atributo ou método. A seguir são apresentados exemplos.

As classes TTabelaTransicao e TExpressaoRegular são classes de interface, porém estão sendo consideradas como classes de domínio da aplicação.

Ao clicar no botão Confirmar, o software abre uma nova tela.