

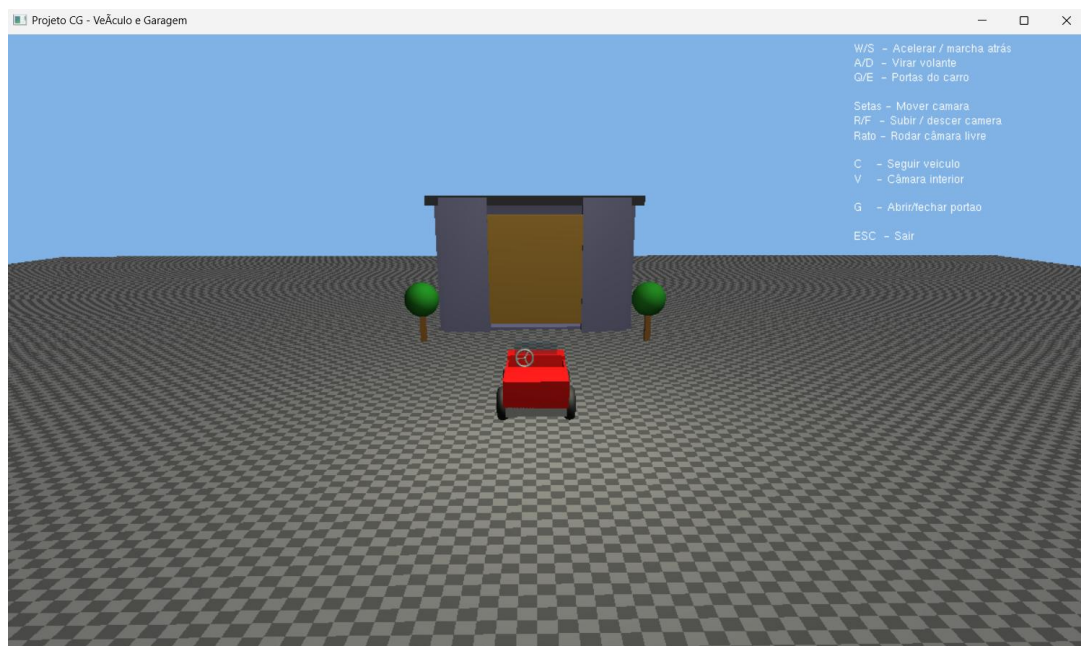
# Projeto de Computação Gráfica

## 2025/2026

DI-FCUL Grupo 27

Link para o projeto:

[https://github.com/N0bree/projetoCG\\_grupo27.git](https://github.com/N0bree/projetoCG_grupo27.git)



Trabalho realizado por:

Miguel Neves nº61819

Nuno Nobre nº61823

Danilo Kovalchuk nº61850

Horas despendidas no projeto

26 horas

27 horas

25 horas

## 1. Descrição da aplicação e mecanismos de interação

### 1.1 Visão geral

A aplicação apresenta uma cena 3D interativa implementada em Python + OpenGL/GLUT. A cena contém um veículo (carro) que pode deslocar-se tanto para a frente como para trás, virar, abrir portas, e entrar numa garagem cuja porta também abre por interação do utilizador. A cena inclui piso texturado (mosaico repetido), 2 fontes de iluminação e diversos materiais. A câmara pode ser usada em modo livre, seguir o veículo ou ser colocada no interior (ponto de vista do condutor).

### 1.2 Requisitos principais e sua implementação

Abaixo lista-se cada requisito principal e como foi implementado no código entregue.

- **Veículo com rodas traseiras maiores que as dianteiras**

A carroçaria é construída com cubos (glutSolidCube) e detalhes (para-choques, para-brisa) com esferas, torus e cilindros. As rodas foram implementadas por uma função reutilizável `draw_wheel(radius, width, flip=False)` que desenha o pneu (toro) e a jante (cilindro + raios) definindo `front_wheel_radius = 0.22` e `rear_wheel_radius = 0.28`. Ao desenhar as rodas traseiras usa-se o raio das mesmas (`draw_wheel(rear_wheel_radius, ...)`).

- **Portas do veículo abrem por interação do utilizador**

- Teclas: Q abre/fecha a porta direita; E abre/fecha a porta esquerda. A animação é interpolada com `animate_value(...)` e cada porta é desenhada por `draw_door(side, open_amount)` que aplica uma rotação até 70° em torno do hinge.

- **Volante giratório**

- O volante é desenhado por `draw_steering_wheel()` e a variável `vehicle.steering_angle` controla a rotação do volante. O volante rotaciona com um fator (4×) relativamente ao ângulo visível para amplificar o efeito.

- **Quando o carro se deslocar, as rodas giram**

- A rotação das rodas é atualizada em `update_vehicle(dt)` usando a distância percorrida e o perímetro da roda frontal (`vehicle.wheel_rotation += (distance / circumference_front) * 360`). As rodas traseiras aplicam uma rotação proporcional ao rácio entre raios (rodas maiores giram mais devagar).

- **Veículo pode deslocar-se e entrar na garagem e a porta da garagem abre por interação do utilizador**

- Tecla G alterna a porta da garagem (animação tratada por `garage.door_target` e `garage.door_open` via `animate_value`). Colisões são tratadas por `resolve_static_collisions(...)` que evita atravessar a porta quando ela estiver fechada e impede atravessar as paredes laterais e traseira.

- **Pelo menos duas fontes de iluminação na cena**
  - `setup_lighting()` cria `GL_LIGHT0` (luz direcional — sol) e `GL_LIGHT1` (luz pontual dentro da garagem) com propriedades de ambiente/difusa/especular e atenuação.
- **Pelo menos 5 materiais diferentes na cena**
  - Materiais definidos em `Material`:
    - `CAR_BODY`, `CAR_ACCENT`, `CAR_ROOF`, `GLASS / TINTED_GLASS`, `RUBBER`, `METAL`, `GARAGE_WALL`, `GARAGE_DOOR`, `CONCRETE`, `WOOD`, `LEAVES`.
- **Posição da câmara controlável pelo utilizador**
  - Câmera livre (mouse + setas + R/F). O rato altera *yaw* e *pitch* em modo livre; setas movem a câmara; R/F sobem/descem.
- **Chão texturado por repetição de mosaicos**
  - Textura de xadrez gerada em `create_checker_texture()` e aplicada em `draw_floor()` com repetição (wrap repeat) e múltiplos tiles numa grande extensão.

### 1.3 Requisitos secundários implementados

Listam-se as funcionalidades secundárias implementadas nesta versão:

- Rodas refletem o movimento (rotação mais lenta para as rodas maiores): a rotação das rodas traseiras é ajustada com o rácio `front_wheel_radius / rear_wheel_radius`.
- O carro pode virar além de se deslocar em linha reta: volante altera `vehicle.angle` enquanto o veículo se move.
- O volante controla o ângulo de viragem do veículo: `vehicle.steering_angle` influencia `vehicle.angle` em `update_vehicle`.
- Adição de elementos extras na cena (árvores): (`draw_tree(...)`).
- Câmera a seguir o veículo (tecla C): A posição da câmara é definida relativamente ao veículo. A câmara é colocada atrás e acima do carro (vista em terceira pessoa), aplicando a mesma rotação do veículo. Implementado com: `gluLookAt(cam_x, cam_y, cam_z, vehicle.x, 1.3, vehicle.z, 0, 1, 0)`
- Câmara Interior (vista do condutor) (tecla V): A câmara é colocada no cockpit, alinhada com o volante e com a direção do veículo e mantém-se sempre sincronizada com o ângulo do carro. Implementado com: `gluLookAt(eye_x, eye_y, eye_z, center_x, center_y, center_z, 0, 1, 0)`.

## 2. Descrição do Grafo de Cena — Geometria, Transformações e Materiais

### Nó Raiz — World

- **Geometria:** não possui geometria própria; funciona apenas como recipiente para os restantes elementos da cena.
- **Transformações:** nenhuma (matriz identidade).
- **Materiais:** não aplicável.
- **Descrição:** contém como filhos os nós Floor, Garage, Vehicle, Tree1 e Tree2.

### Nó Floor

- **Geometria:** draw\_floor() desenha uma grande malha de quads que formam o piso. São aplicadas coordenadas de textura repetidas para criar o efeito de mosaico.
- **Transformações:** nenhuma transformação adicional; desenhado diretamente no sistema de coordenadas do mundo.
- **Materiais:** Material.CONCRETE (valores de ambient, diffuse, specular e shininess), aplicado antes de ativar a textura.
- **Textura:** textura gerada por create\_checker\_texture(), aplicada com GL\_REPEAT para repetição do padrão no chão.

### Nó Garage

- **Geometria:** draw\_garage() desenha a garagem composta por:
  - piso interior (cubo escalado),
  - duas paredes laterais,
  - parede traseira,
  - vigas estruturais,
  - parte frontal com pilar lateral,
  - teto (cubo escalado),
  - porta da garagem (cubo estreito que roda para abrir).
- **Transformações:**
  - A garagem inteira é translada para (0, 2.4, -12) no início.
  - Cada subcomponente aplica a sua própria glTranslatef e glScalef.
  - A porta aplica glRotatef(garage.door\_open \* -85, 1, 0, 0) para animar a abertura.
- **Materiais:**
  - Estrutura das paredes/teto: Material.GARAGE\_WALL / Material.CAR\_ACCENT.
  - Porta: Material.GARAGE\_DOOR.
  - Vidros decorativos: Material.GLASS (com transparência via blending).

## Nó Vehicle

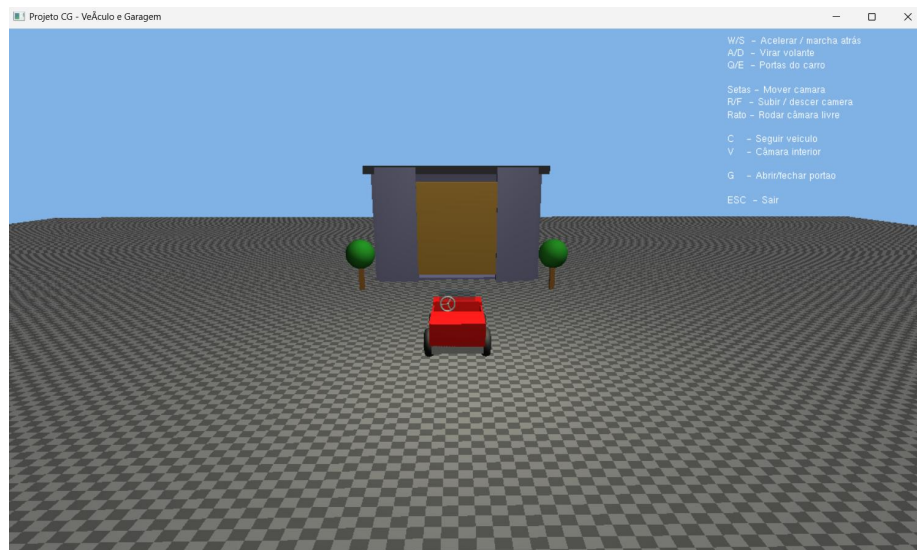
- **Geometria:** draw\_vehicle() desenha todas as partes do carro:
  - Carroçaria: vários cubos escalados que formam piso, laterais, frente e traseira; para-brisa em vidro com blending.
  - Portas: cubos escalados com hinge definido e rotação conforme vehicle.left\_door\_open ou right\_door\_open.
  - Rodas: pneus desenhados com glutSolidTorus e jantes com cilindros; raios da jante construídos com pequenos cubos.
  - Volante: toro + esfera + raios em cubos, com rotação conforme o ângulo de direção.
- **Transformações:**
  - glTranslatef(vehicle.x, 0, vehicle.z) posiciona o carro no mundo.
  - glRotatef(vehicle.angle, 0, 1, 0) ajusta a orientação do veículo.
  - Rodas:
    - dianteiras: rotação da direção vehicle.steering\_angle + rotação de rolamento vehicle.wheel\_rotation.
    - traseiras: apenas rolamento, com fator de correção devido ao raio maior.
  - Portas: rotação de até 70° em torno da dobradiça.
  - Volante: rotação local proporcional ao steering (-vehicle.steering\_angle \* 4).
- **Materiais:**
  - Carroçaria: Material.CAR\_BODY.
  - Detalhes e teto: Material.CAR\_ACCENT e Material.CAR\_ROOF.
  - Vidros: Material.GLASS com transparência.
  - Pneus: Material.RUBBER.
  - Jantes e peças metálicas: Material.METAL.

## Nós Tree1 e Tree2

- **Geometria:** draw\_tree(x,y,z) desenha:
  - Tronco: cubo escalado.
  - Copa: esfera desenhada acima do tronco.
- **Transformações:** cada árvore aplica internamente glTranslatef(x, y, z) para ser colocada no mundo.
- **Materiais:**
  - Tronco: Material.WOOD.
  - Folhas: Material.LEAVE.

### 3. Funcionalidades da aplicação

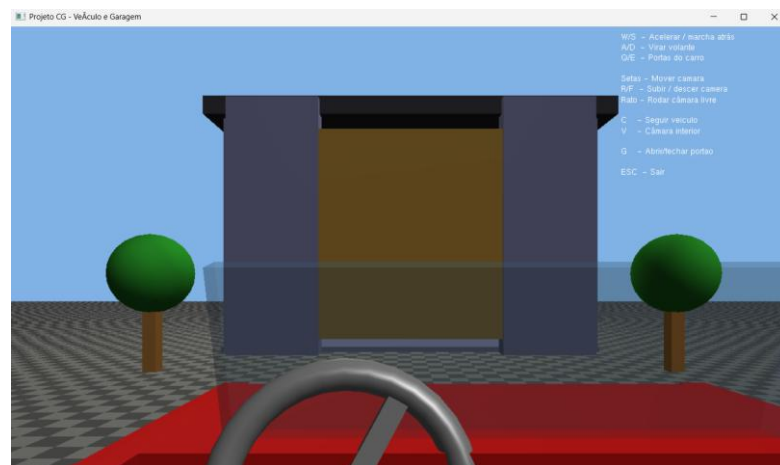
- **Visão geral da cena** - Carro estacionado fora da garagem, chão texturado e iluminação ambiente.



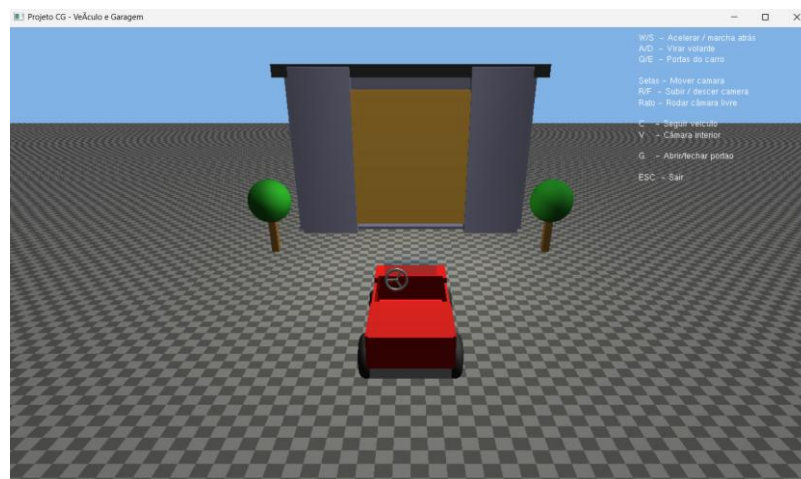
- **Câmera livre** – Controlada com as setas, rato e teclas R e F



- **Câmera interior** (tecla V) - Visão em primeira pessoa do condutor.



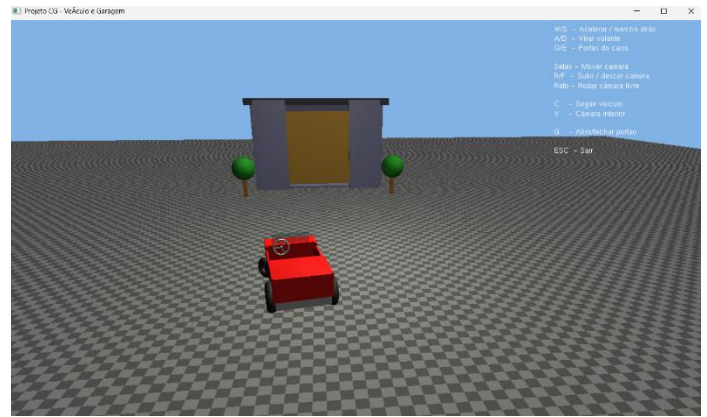
- **Câmera exterior** (tecla C) – Visão de terceira pessoa.



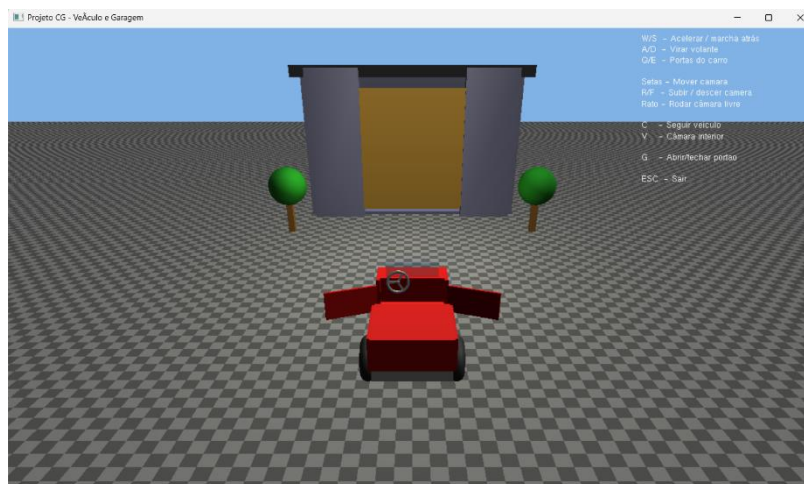
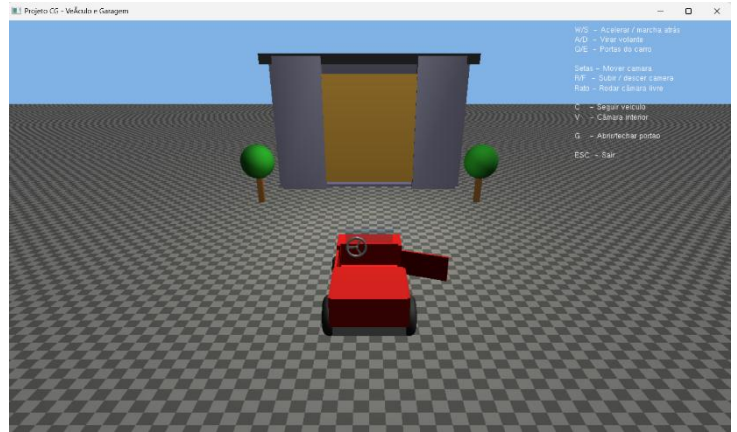
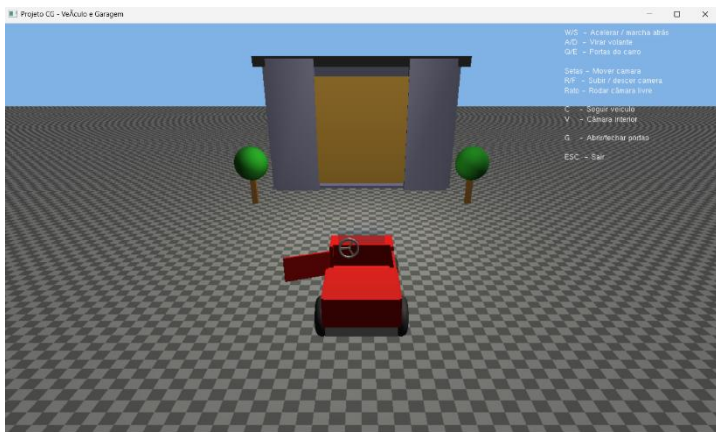
- **Conduzir o carro** – Acelerar na tecla W e fazer marcha atrás na tecla S e virar nas teclas A e D para a esquerda e a direita respetivamente







- **Portas do carro abertas** - Interação das portas do veículo (teclas Q/E).





- **Portão da garagem abrir/fechar** (tecla G) - Interação com o portão da garagem e comportamento de colisão quando fechada.

