

Teste de desempenho de GPU/CPU com OpenGL

Alexandro Pantoja dos Santos - 2115080001

28 de outubro de 2025

1 Introdução

Este estudo analisa o impacto de diferentes técnicas de renderização OpenGL na performance gráfica, comparando renderização básica, com iluminação e com texturas através de medições de FPS com variação da complexidade geométrica.

2 Metodologia

2.1 Configuração do Hardware

- **Processador:** Intel Core i7-10750H CPU @ 2.60GHz (12 CPUs)
- **GPU Principal:** NVIDIA GeForce GTX 1650 4GB GDDR6
- **GPU Integrada:** Intel UHD Graphics 128MB
- **Sistema:** Windows com drivers atualizados

2.2 Programas de Teste

Foram desenvolvidos três programas OpenGL testando geometria de 1.000 a 50.000 triângulos:

- **Básica:** Triângulos coloridos simples
- **Iluminação:** Modelo Phong com luz omnidirecional e spot light
- **Texturas:** Texturas procedurais + iluminação

2.3 Coleta de Dados

- **FPS:** Capturados automaticamente pela execução do código OpenGL
- **Utilização GPU/CPU:** Monitorados via MSI Afterburner durante os testes
- **Procedimento:** Execução manual dos programas com variação da geometria
- **Duração:** Aproximadamente 15 segundos por configuração para estabilização

3 Resultados

3.1 Performance Comparativa

Tabela 1: Resumo dos Resultados de Performance

Renderização	Amostras	FPS Médio	Redução
Básica	143	50.74	-
Iluminação	124	49.04	-3.4%
Texturas	101	42.57	-16.1%

3.2 Análise Gráfica

A Figura 1 mostra a comparação de performance entre as três técnicas de renderização.

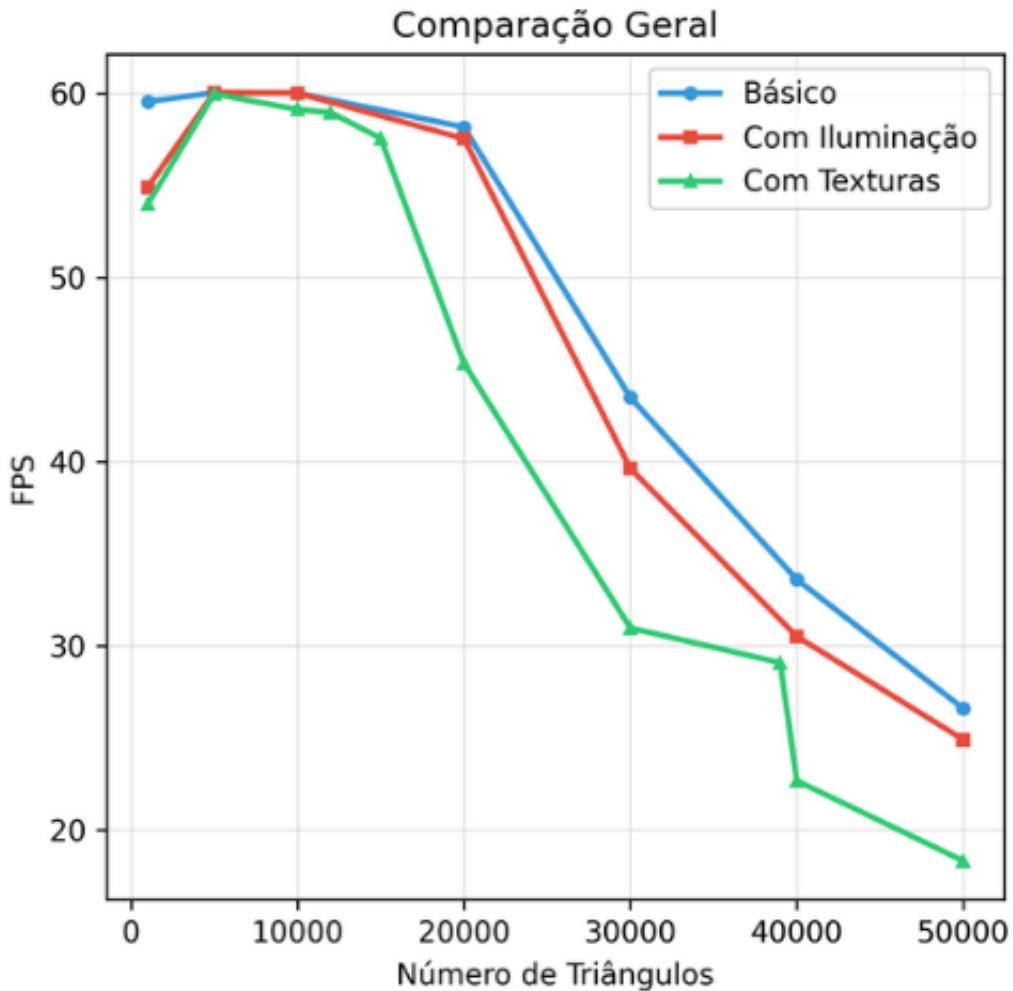


Figura 1: Análise comparativa de FPS entre diferentes técnicas de renderização

3.3 Utilização de Hardware

3.3.1 GPU NVIDIA GTX 1650

A GPU dedicada foi efetivamente utilizada, com utilização crescente conforme a complexidade:

Tabela 2: Utilização da GPU GTX 1650 (%)

Triângulos	Básica	Iluminação	Texturas
1.000	23%	24%	30%
5.000	35%	28%	36%
10.000	36%	36%	36%
20.000	34%	50%	53%
30.000	44%	58%	52%
50.000	42%	59%	53%

3.3.2 Processador Intel i7-10750H

A utilização da CPU variou significativamente entre os testes:

Tabela 3: Utilização do Processador (%)

Triângulos	Básica	Iluminação	Texturas
1.000	25%	11%	13%
5.000	9%	18%	15%
10.000	14%	21%	19%
20.000	14%	17%	18%
30.000	19%	18%	18%
50.000	21%	19%	21%

3.3.3 GPU Integrada Intel UHD

A GPU integrada manteve utilização baixa e constante (5-9%), confirmando que a renderização foi processada pela GPU dedicada.

3.4 Observações por Complexidade

- **1.000 triângulos:** Todas as técnicas atingem 60 FPS
- **5.000 triângulos:** Renderização básica mantém 60 FPS estável
- **15.000+ triângulos:** Texturas mostram degradação significativa
- **50.000 triângulos:** FPS cai para 20-24 com texturas

4 Discussão

4.1 Resposta às Questões de Pesquisa

4.1.1 GPU Utilizada

Sim, o sistema possui GPU dedicada: NVIDIA GeForce GTX 1650 4GB foi efetivamente utilizada para renderização, como evidenciado pelos dados de utilização que variam de 23% a 59% dependendo da complexidade da cena.

4.1.2 Sistema com Dupla GPU

Sim, sistema híbrido detectado: O sistema possui duas GPUs:

- **GTX 1650:** GPU principal para renderização (23-59% utilização)
- **Intel UHD Graphics:** GPU integrada com baixa utilização (5-9%)

A diferença na utilização confirma que o OpenGL utilizou corretamente a GPU dedicada.

4.1.3 Impacto da Iluminação na GPU

Sim, iluminação aumenta significativamente a carga da GPU:

- **20.000+ triângulos:** Iluminação causa aumento de 47-40% na utilização da GPU
- **30.000 triângulos:** Pico de 58% vs 44% da renderização básica
- **Tendência:** Luz omnidirecional + spot light elevam substancialmente a carga

4.1.4 Alteração na Utilização do Processador

Sim, padrões distintos observados:

- **Renderização básica:** Alta utilização inicial (25%) que decresce
- **Iluminação/Texturas:** Utilização mais estável (11-21%)
- **Comportamento:** CPU trabalha mais na preparação de geometria básica

4.2 Impacto da Iluminação

A implementação de iluminação Phong resulta em overhead computacional moderado de apenas 3.4% no FPS, mas **aumenta significativamente a utilização da GPU** (até +40% em cenas complexas), indicando que os cálculos de iluminação são processados eficientemente pelo hardware gráfico.

4.3 Impacto das Texturas

As texturas representam o maior gargalo (16.1% de redução), principalmente devido a:

- Largura de banda de memória para sampling de texturas
- Fill rate limitado para fragmentos texturizados
- Overhead de operações de mapeamento UV

4.4 Escalabilidade

Os resultados mostram que o hardware testado:

- **GPU GTX 1650:** Utilização cresce progressivamente com complexidade (23% → 59%)
- **Processador:** Comportamento variável, maior carga em geometria básica
- **Iluminação:** Maior impacto na GPU que no processador
- **Limitação:** Utilização da GPU atinge 58-59% em cenas complexas

5 Conclusões

Este estudo confirma que a GPU dedicada NVIDIA GeForce GTX 1650 foi usada corretamente, enquanto a Intel UHD permaneceu com baixa utilização (5%-9%).

Iluminação Phong: pequena redução de FPS (3.4%) mas aumento significativo da carga da GPU (até +40%). Texturas: maior impacto — queda de 16.1% no FPS e GPU em 50%-53%.

CPU (i7-10750H): maior utilização inicial na renderização básica (25%), 11%-21% com efeitos, indicando delegação de cálculos para a GPU.

Recomendações: otimizar texturas (atlas, compressão), aplicar LOD e frustum culling e balancear qualidade versus performance. O sistema é adequado para aplicações educacionais e protótipos e permite estudos futuros de otimização.

6 Anexos - Capturas dos Testes

6.1 Renderização Básica

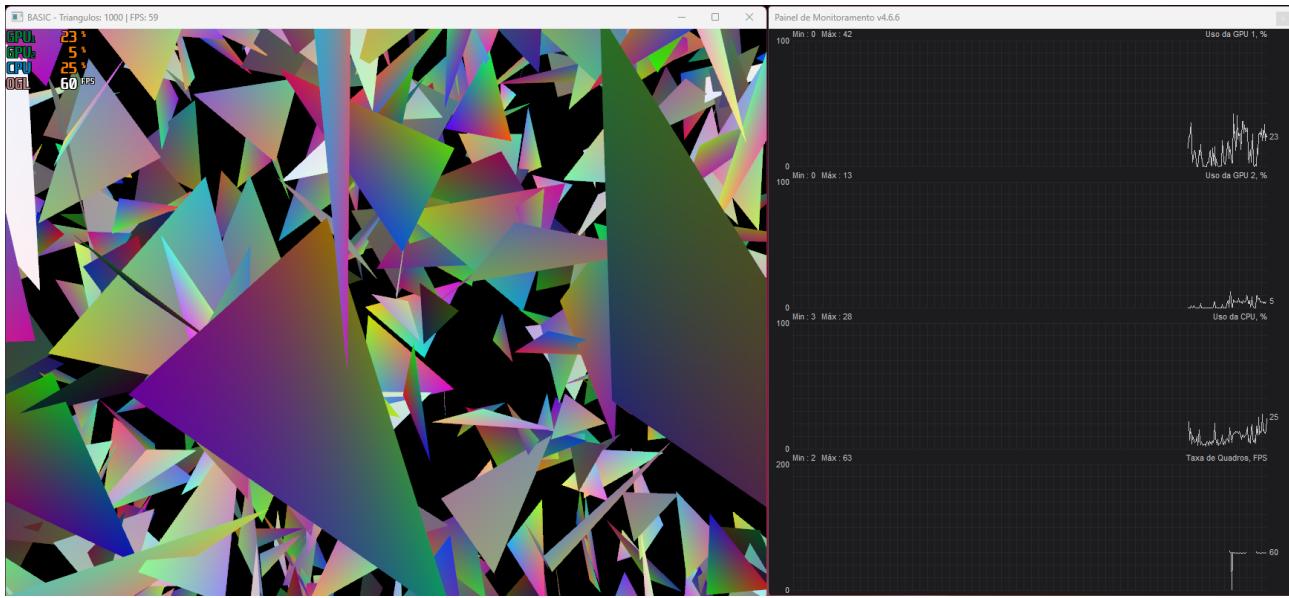


Figura 2: Renderização Básica - 1.000 triângulos

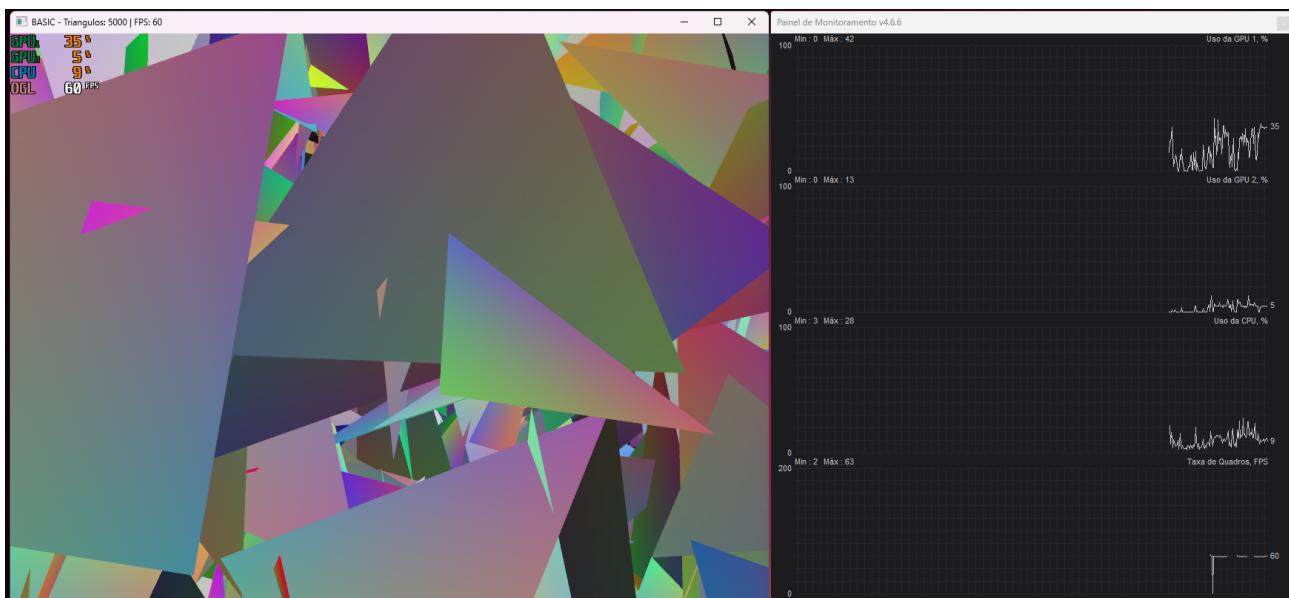


Figura 3: Renderização Básica - 5.000 triângulos

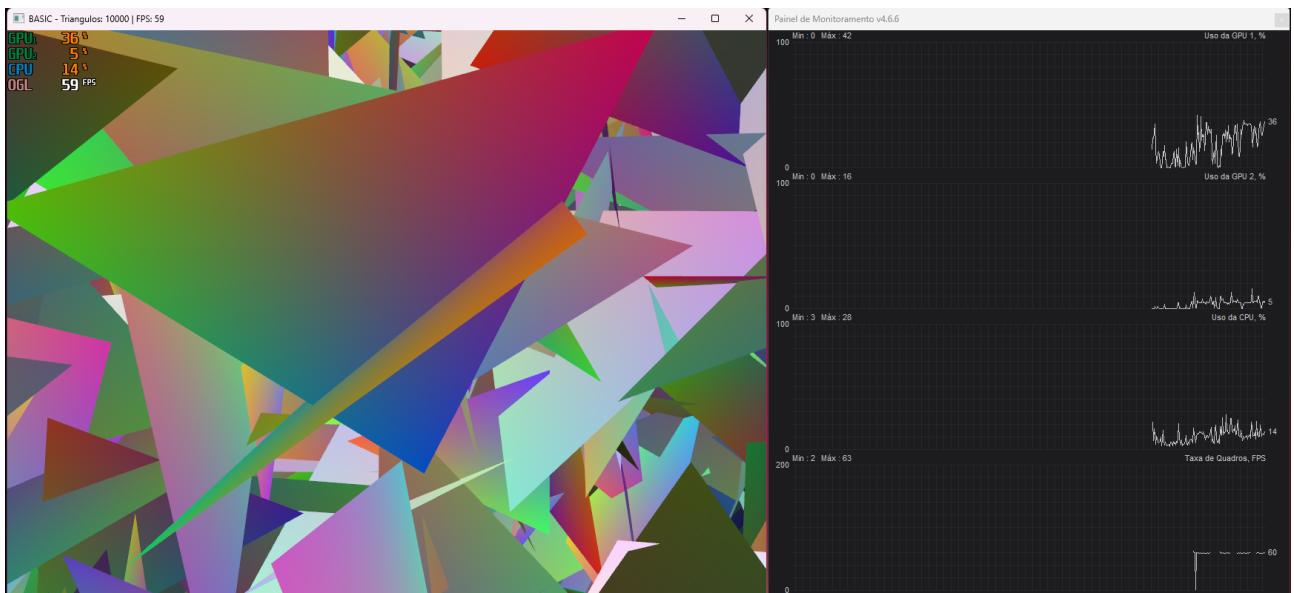


Figura 4: Renderização Básica - 10.000 triângulos

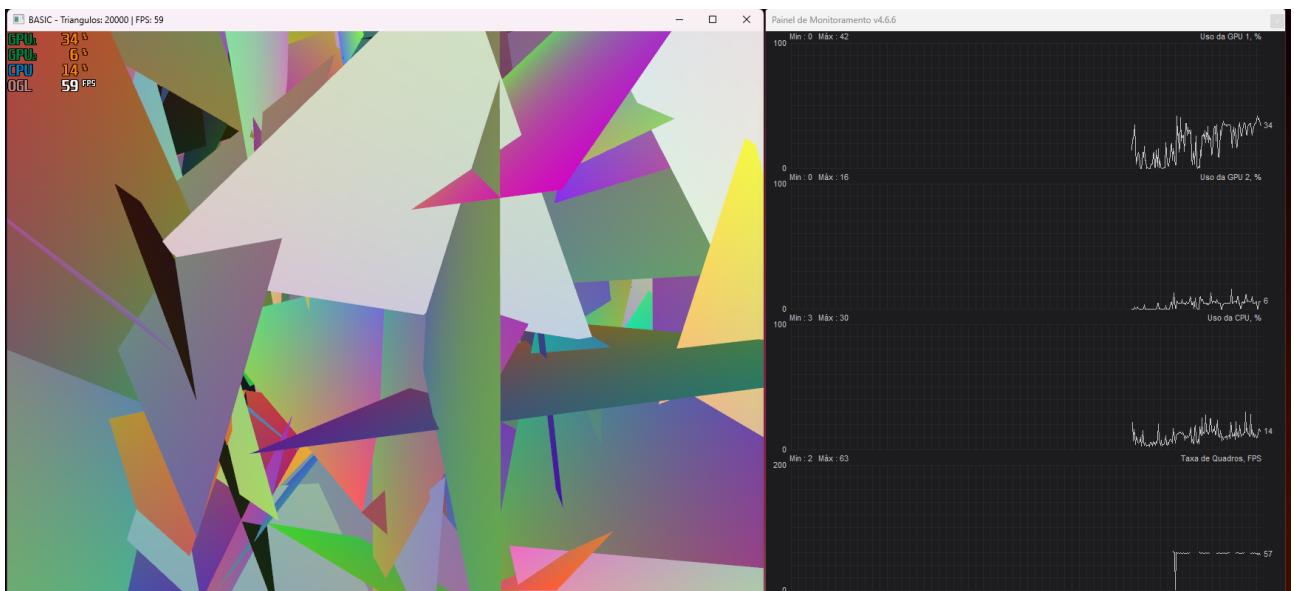


Figura 5: Renderização Básica - 20.000 triângulos

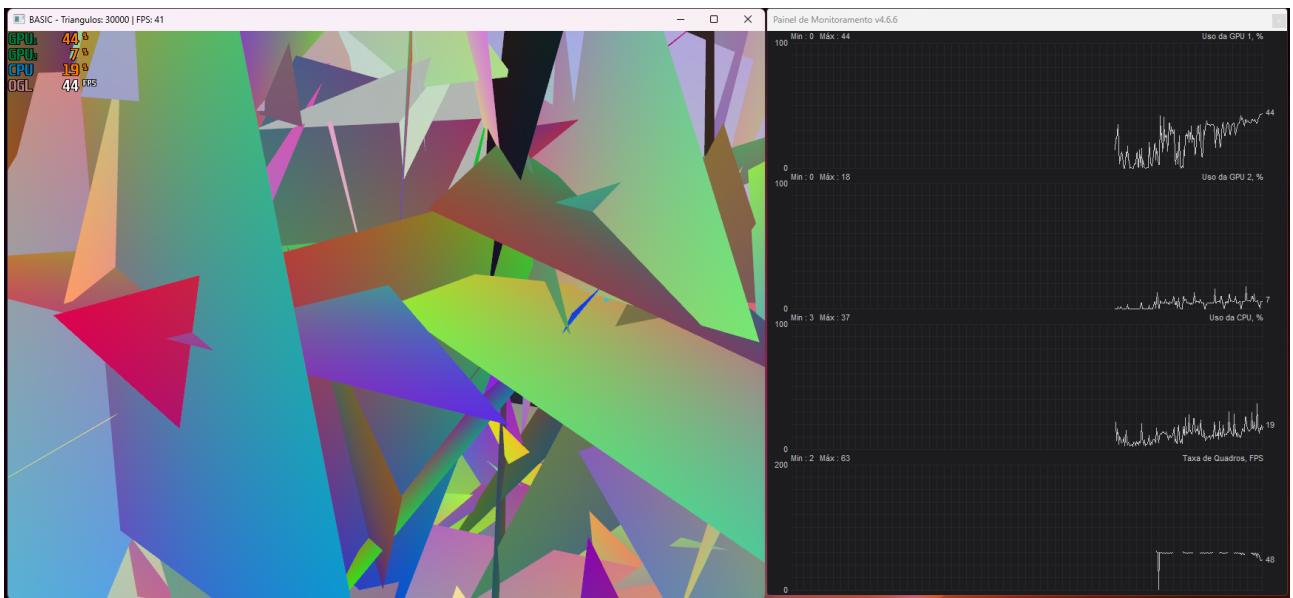


Figura 6: Renderização Básica - 30.000 triângulos

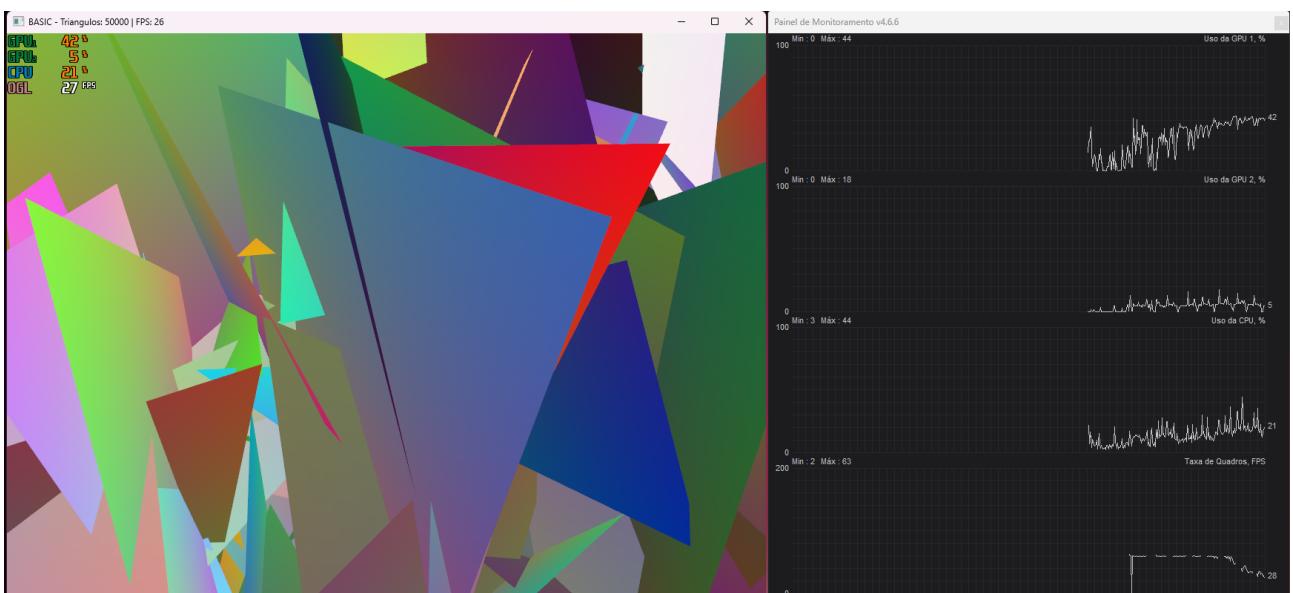


Figura 7: Renderização Básica - 50.000 triângulos

6.2 Renderização com Iluminação

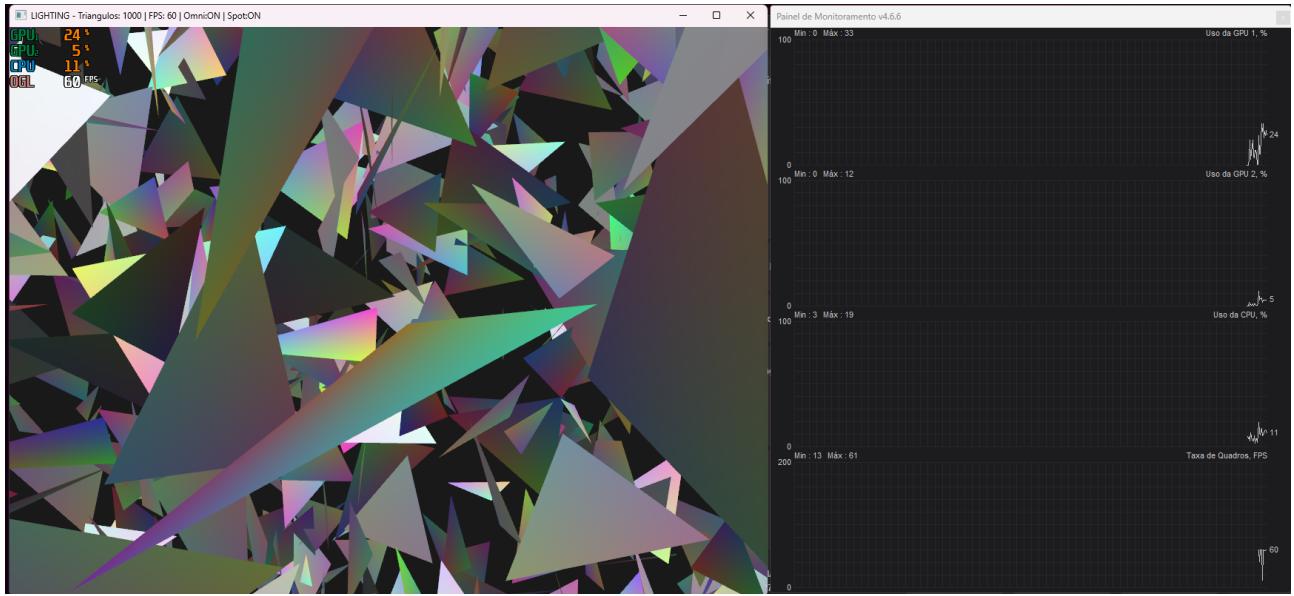


Figura 8: Renderização com Iluminação - 1.000 triângulos

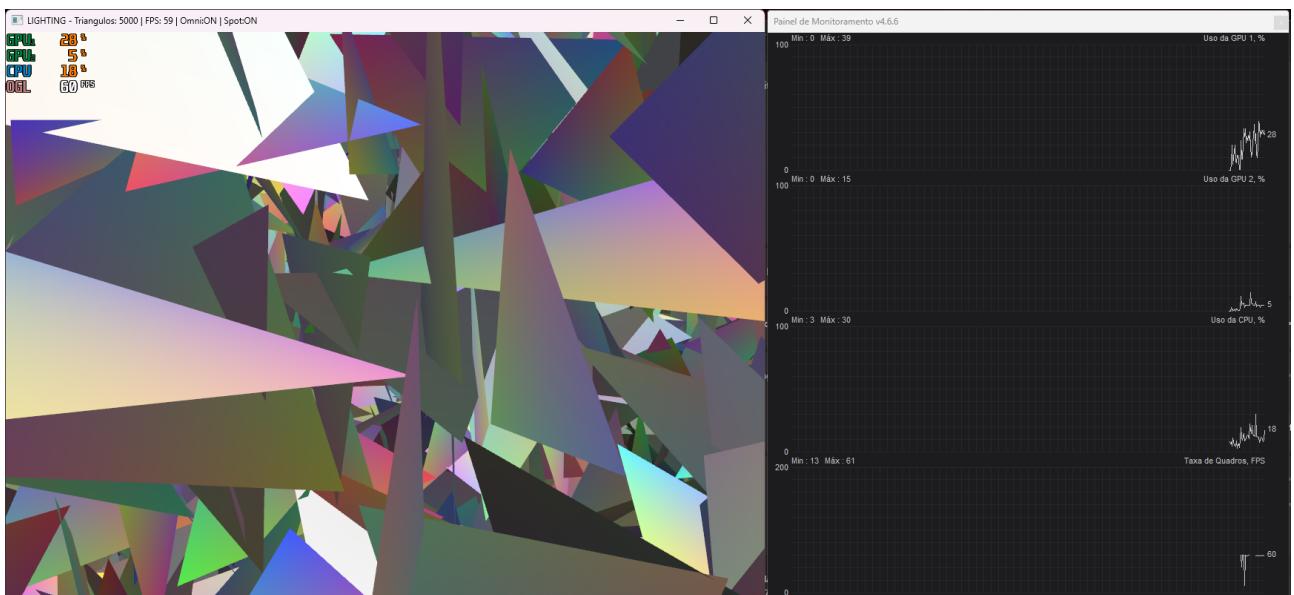


Figura 9: Renderização com Iluminação - 5.000 triângulos

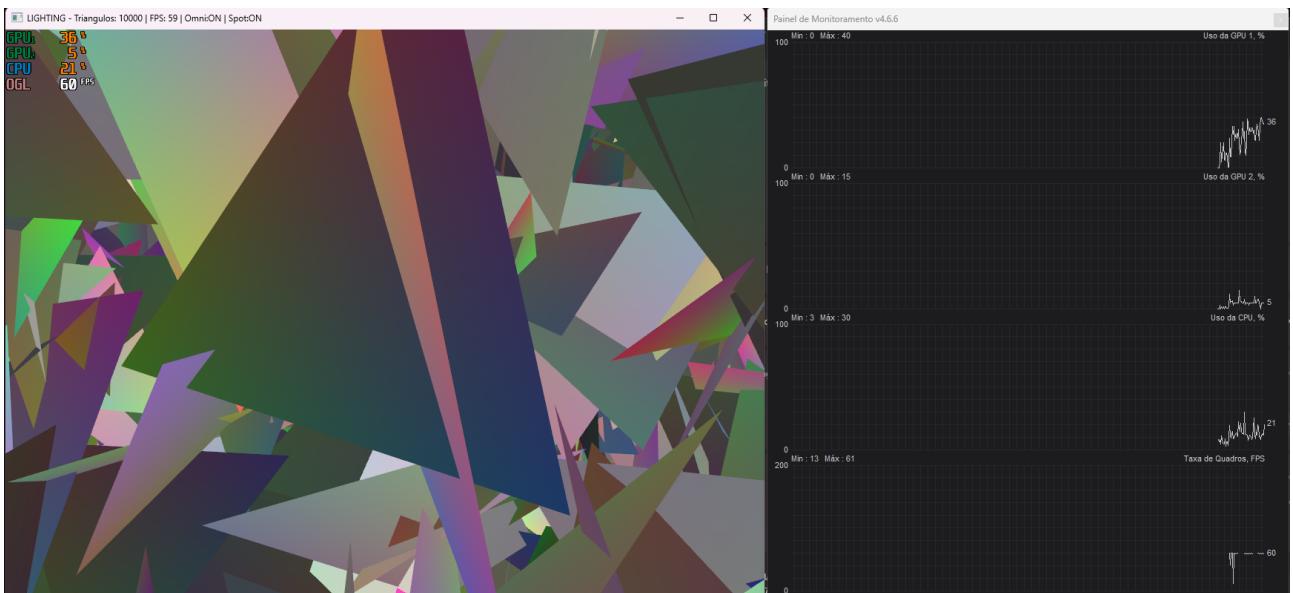


Figura 10: Renderização com Iluminação - 10.000 triângulos

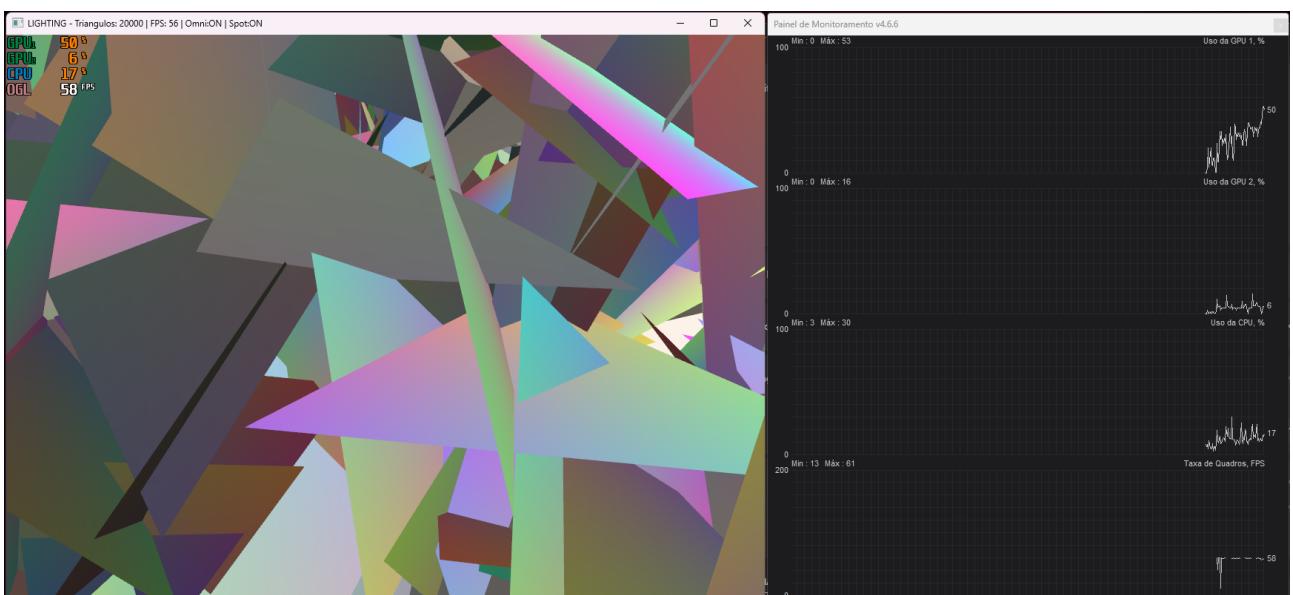


Figura 11: Renderização com Iluminação - 20.000 triângulos

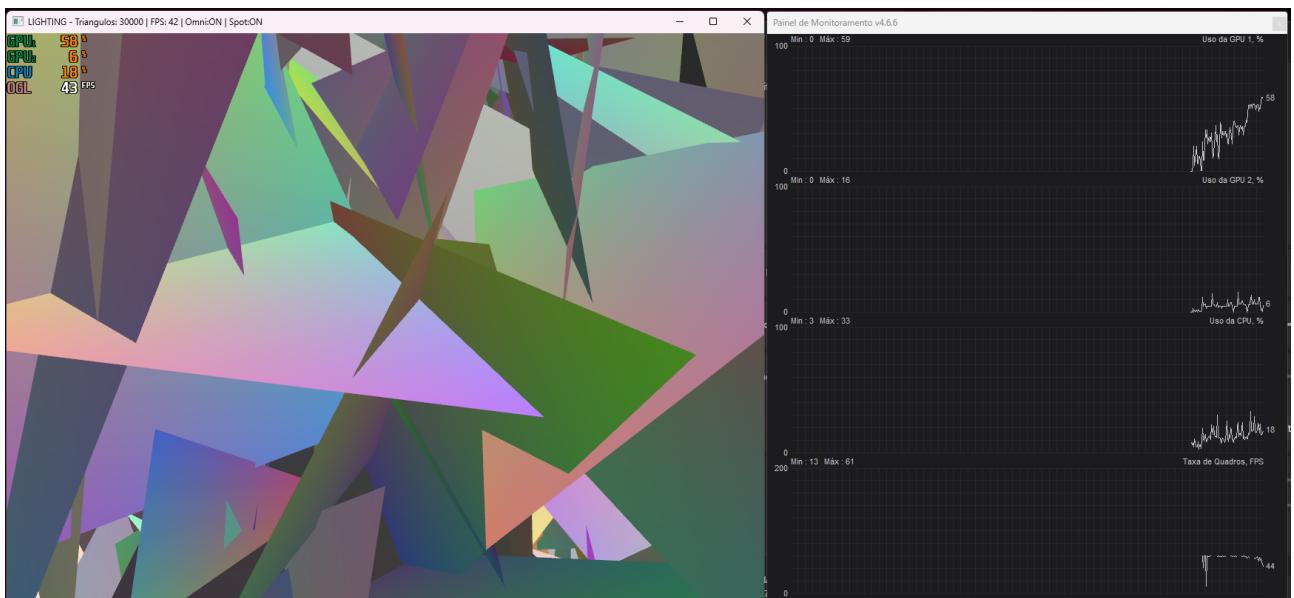


Figura 12: Renderização com Iluminação - 30.000 triângulos

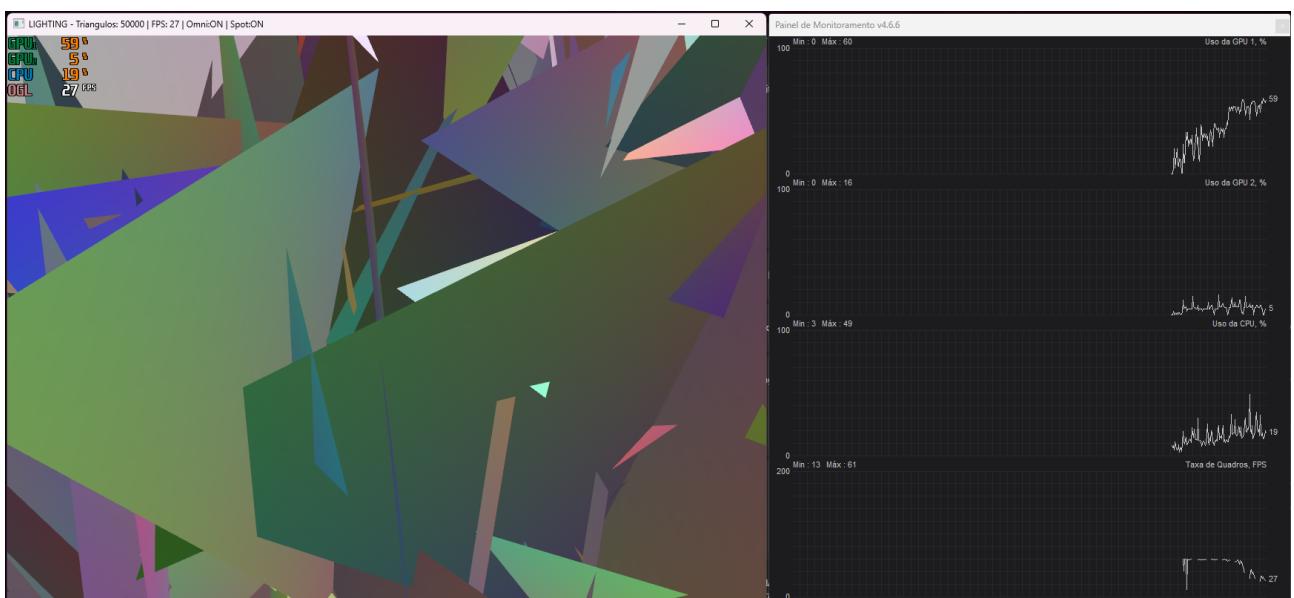


Figura 13: Renderização com Iluminação - 50.000 triângulos

6.3 Renderização com Texturas

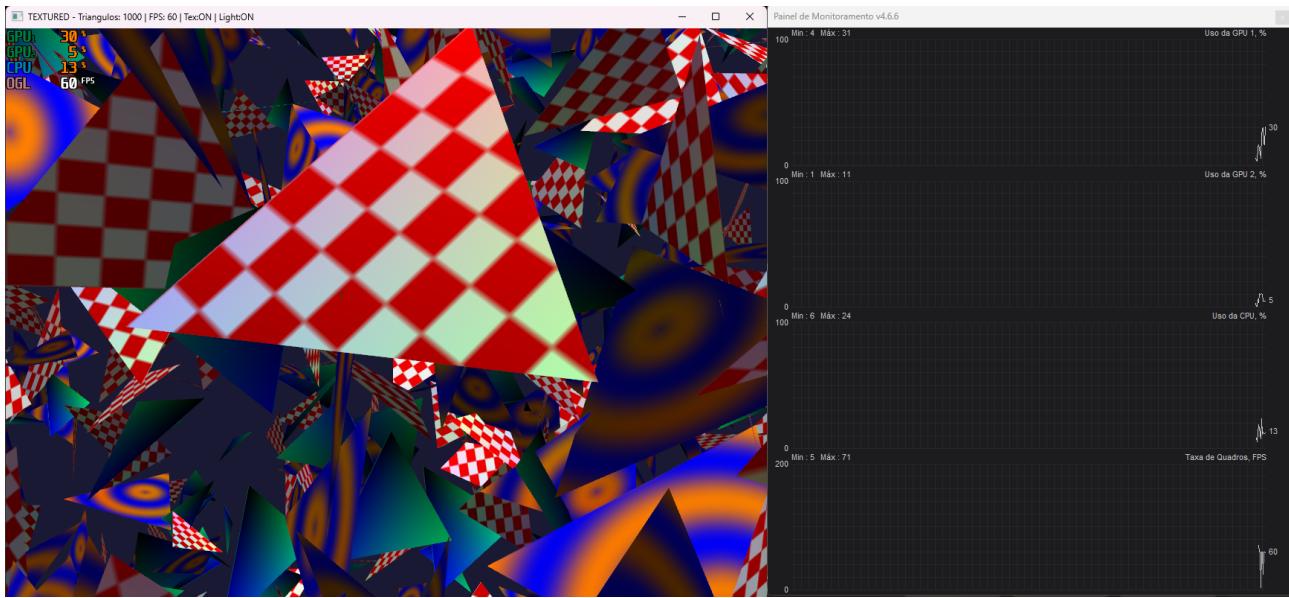


Figura 14: Renderização com Texturas - 1.000 triângulos

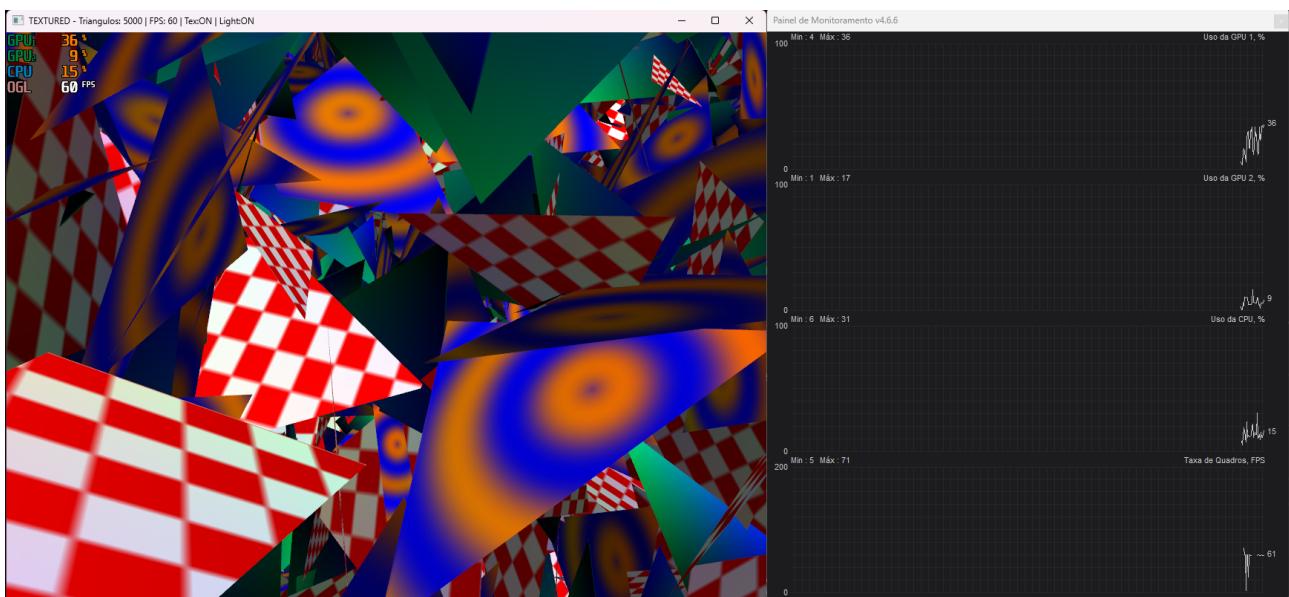


Figura 15: Renderização com Texturas - 5.000 triângulos

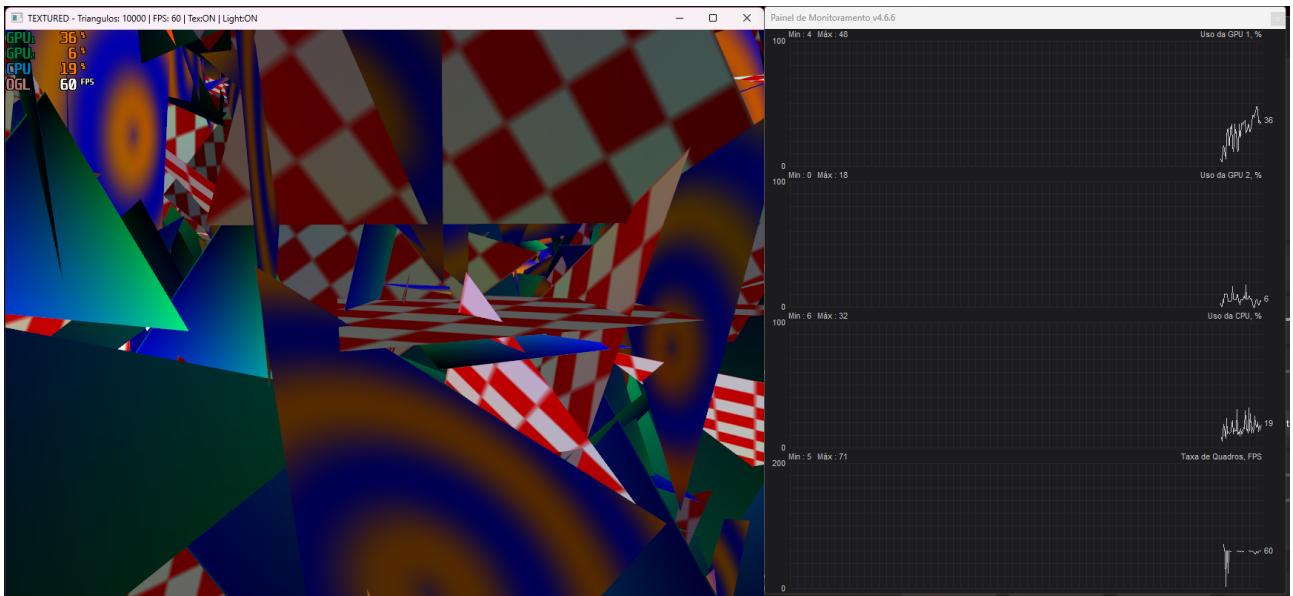


Figura 16: Renderização com Texturas - 10.000 triângulos

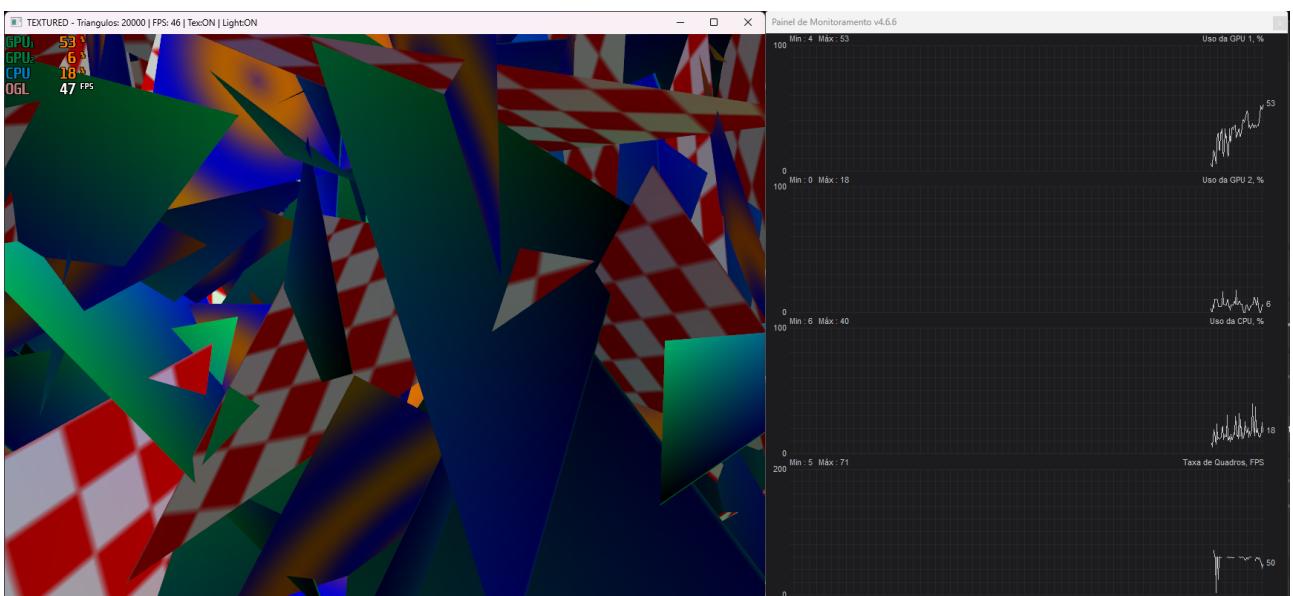


Figura 17: Renderização com Texturas - 20.000 triângulos

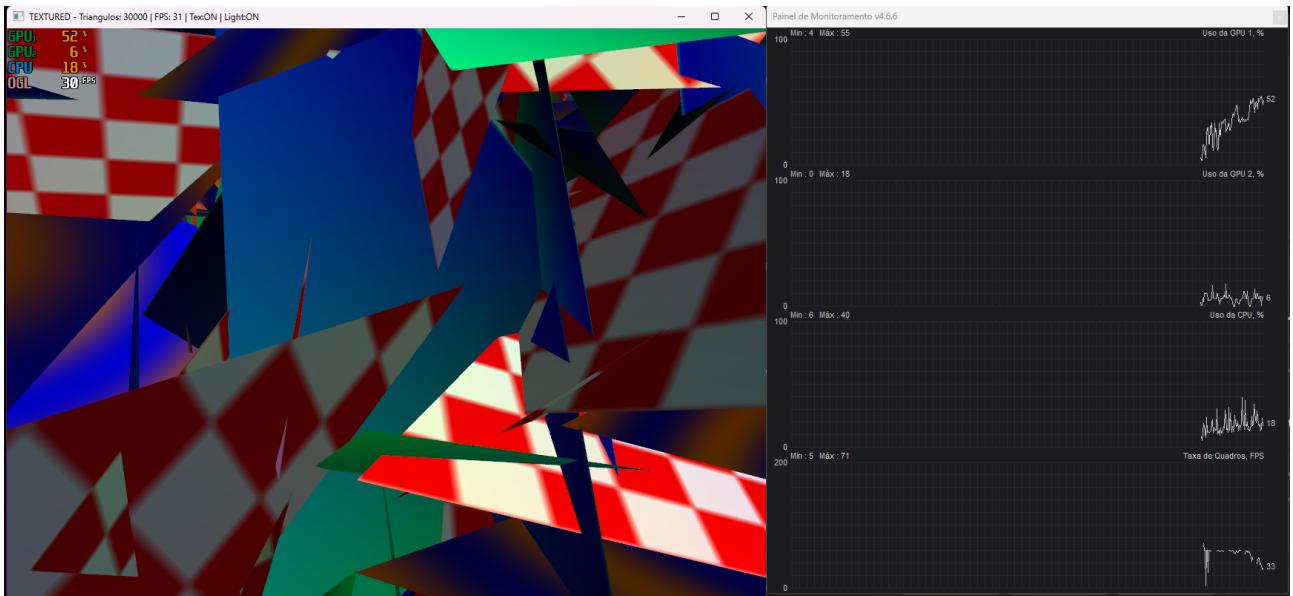


Figura 18: Renderização com Texturas - 30.000 triângulos

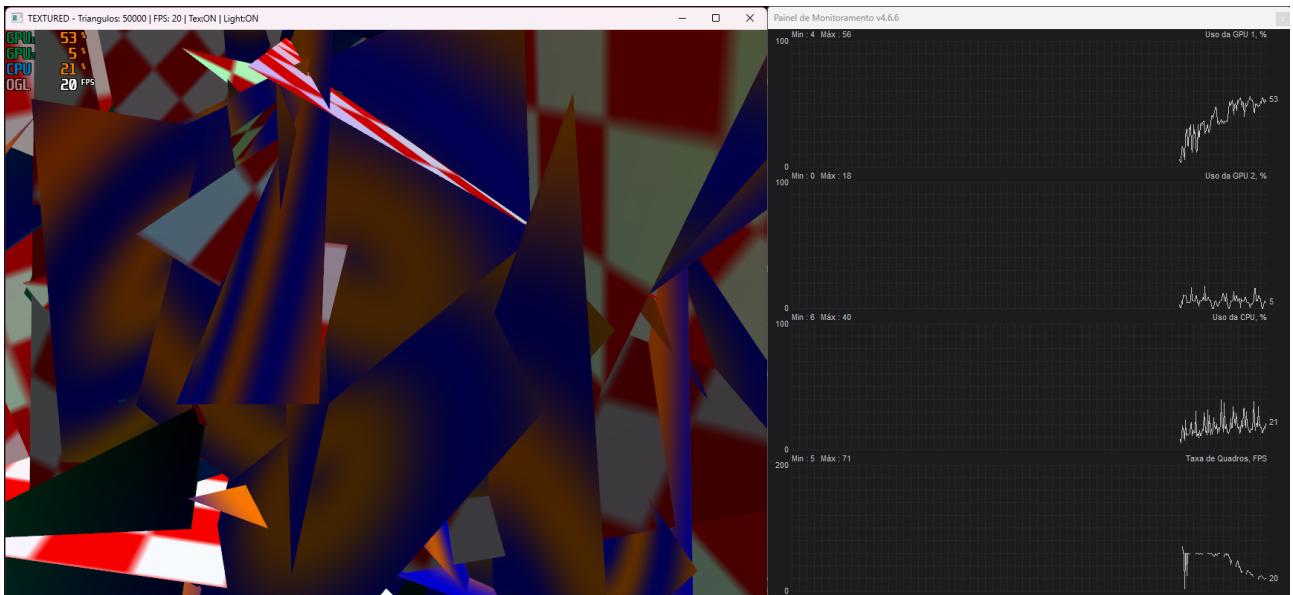


Figura 19: Renderização com Texturas - 50.000 triângulos