

5 Resultados

Este capítulo mostra os resultados obtidos nos testes feitos na solução implementada. Os resultados abrangem tanto a análise visual, avaliando a melhoria da correção perspectiva, quanto o aspecto quantitativo da solução para a simplificação dos dados geográficos e da eficiência do sistema integrado.

Os testes foram realizados em um computador com as configurações descritas na Tabela 5.1.

CPU	Intel Dual Core 2140 1.60 GHz
Memória	2GB DDR2 SDRAM
GPU	nVidia GeForce 8500 GT
Sistema Operacional	Microsoft Windows XP Professional Edition

Tabela 5.1: Configuração do computador dos testes

5.1 Eficiência da simplificação de dados geográficos

Nesta seção mostramos os resultados da simplificação dos dados geográficos separadamente, para mostrar a importância de se reduzir o tempo da sua renderização para a geração da textura a cada quadro. Foram utilizados diferentes fontes de dados reais para a teste, com características variadas para investigar o comportamento da hierarquia de uma maneira mais genérica. A Tabela 5.2 descreve os casos de teste da simplificação.

Informação	Número de Objetos	Número de Vértices
Ferrovias da Ásia	22.337 Linhas	555.560
Rios Permaentes do Brasil	178.701 Linhas	2.304.148
Fronteiras dos Municípios do Brasil	5.621 Polígonos	317.334

Tabela 5.2: Características dos dados geográficos de teste.

Os testes seguiram o mesmo padrão para cada tipo de dado. Foram feitas várias medições de taxa de quadros por segundo e de quantidade de vértices

enviados para desenho, com vários níveis de zoom diferentes. Quanto maior o fator de *zoom*, menos objetos são visualizados, e a qualidade dos objetos visualizados são mais próximos dos originais correspondentes. Os fatores de *zoom* medidos tem por característica conter na área da visualização certa porcentagem aproximada do total de objetos, e os valores para as porcentagens escolhidos são 100, 50, 25 e 10% do número total de objetos.

O teste com os dados das ferrovias da Ásia é notável por ter relativamente poucas linhas com grande número de vértices. Nesses casos, o algoritmo de Douglas-Peucker tende a reduzir substancialmente a quantidade de vértices para a visualização. A Figura 5.1 mostra o aspecto geral dos dados de testes de ferrovias da Ásia.

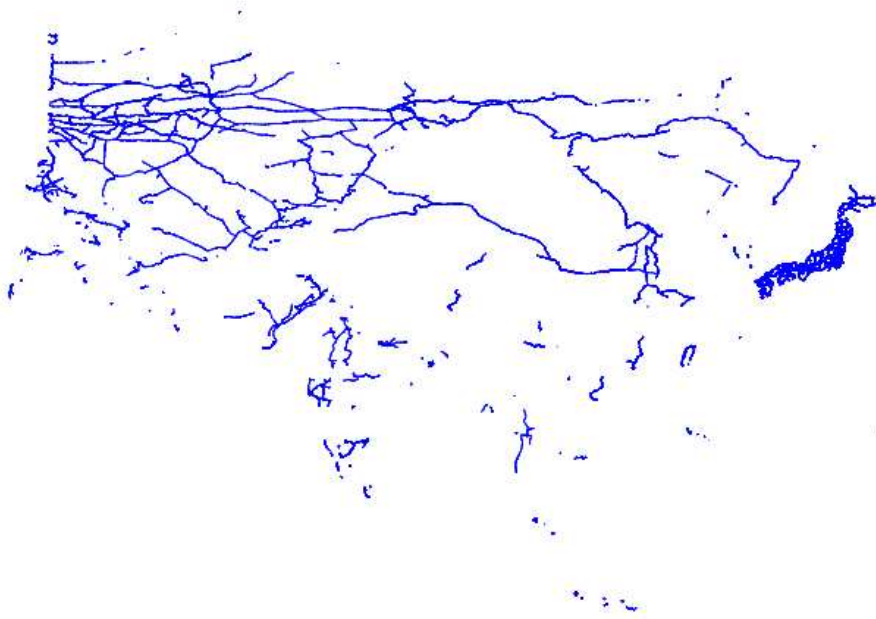


Figura 5.1: Mapa de ferrovias da Ásia

Tal comportamento é comprovado pelos resultados do teste descritos a seguir, com o *framerate* durante a visualização e o número de vértices efetivamente enviados ao desenho em diferentes porções do mapa. O mapa chega a ser representado fielmente utilizando apenas 9% do número de vértices totais. Vide Tabela 5.3.

Número de Objetos	Original		Simplificado	
	Núm. Vértices	Fps	Núm. Vértices	Fps
22.337	555.560	61	44.782	195
12.682	281.805	117	43.013	299
6.316	193.799	141	12.868	354
2.723	86.765	261	5.719	532

Tabela 5.3: Resultados dos testes com o tema de Ferrovias da Ásia

O segundo caso de teste traz uma grande fonte de dados, a de Rios permanentes do Brasil. Esta é caracterizada pelo grande número de linhas de tamanhos variáveis. Atenção especial também para o grande número de vértices totais presentes. A sequência de resultados é medida de forma similar. A Figura 5.2 mostra o mapa correspondente e a Tabela 5.4 mostra os resultados.

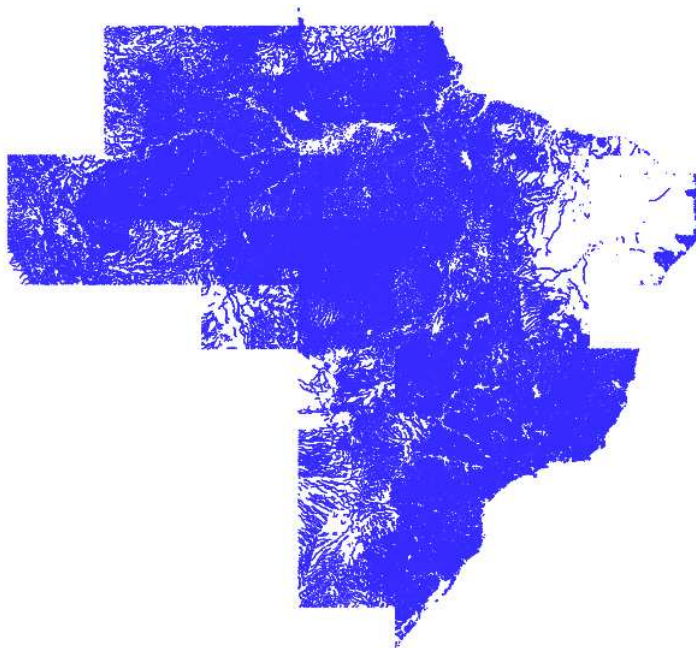


Figura 5.2: Mapa de rios permanentes do Brasil

Número de Objetos	Original		Simplificado	
	Núm. Vértices	Fps	Núm. Vértices	Fps
179.701	2.304.104	19	375.605	50
83.441	1.076.394	38	214.801	93
42.537	585.183	65	103.138	170
15.755	152.617	221	34.926	430

Tabela 5.4: Resultados dos testes com o tema de Rios Permanentes do Brasil

O caso das Fronteiras dos Municípios do Brasil é um caso de tamanho médio, mas importante para observar a existência do efeito de incoerência citado na seção 4.3. Por ser um caso de polígonos, a medida do resultado foi tratado de forma um pouco diferente. A quantidade de vértices envolvidos incluem, além do contorno dos polígonos, que é tratado como um linha igualmente aos exemplos anteriores, o número de vértices presentes nos triângulos necessários para o desenho do preenchimento. O mapa é mostrado na Figura 5.3 e os números são apresentados na Tabela 5.5.

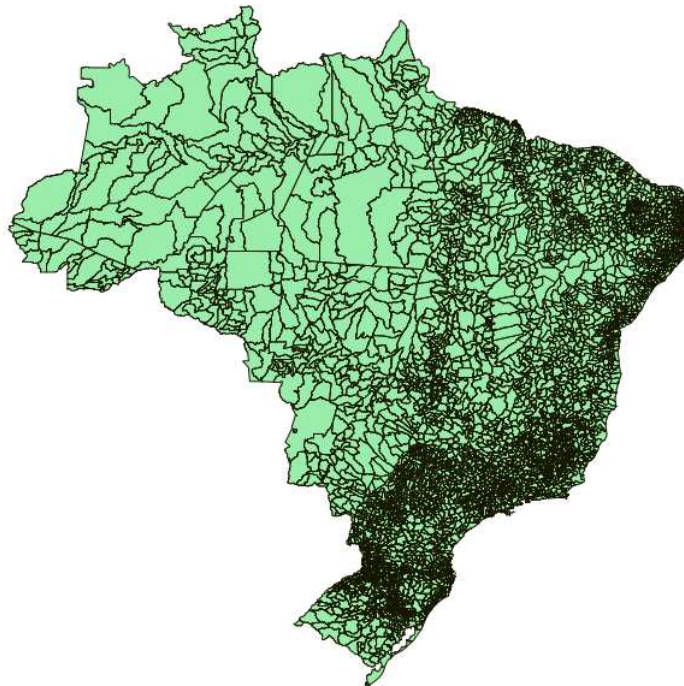


Figura 5.3: Mapa de fronteiras de municípios do Brasil

Como pode ser percebido pelos números apresentados nos três testes, a melhoria foi sensível na eficiência para a renderização dos mapas em todos os exemplos, devido à redução notável da quantidade necessária de vértices para uma apresentação fiel do mapa original. O efeito de incoerência topológica foi praticamente imperceptível nos testes.

Número de Objetos	Original		Simplificado	
	Núm. Vértices	Fps	Núm. Vértices	Fps
5.621	2.125.829	46	187.499	148
2.500	842.918	101	119.680	280
1.638	547.494	160	92.089	348
772	292.993	266	100.443	433

Tabela 5.5: Resultados dos testes com o tema de Fronteiras dos Municípios do Brasil

5.2

Qualidade da Correção Perspectiva

Essa seção é dedicada a demonstrar a melhoria obtida na qualidade de visualização atribuída à correção perspectiva na geração da textura. Dois exemplos de terrenos são utilizados para mostrar os resultados. O primeiro é um exemplo do estado do Rio de Janeiro, gerado de um mapa de altitude com resolução de 4096×4096 . O segundo é um terreno de todo o Brasil, mais algumas áreas abrangidas por sua caixa envolvente, de resolução 16384×16384 . Os dados de altimetria foram obtidos do site CGIAR Consortium for Spatial Information (GGI09), que é um repositório de imagens de altimetria baseado no Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) (Far07) com correções e preenchimento de espaços vazios dos dados originais da NASA.

Cada um dos exemplos de terrenos tem adicionados um tema de polígonos e um de linhas para que se possa perceber as peculiaridades visuais de cada um. Para o exemplo do Rio de Janeiro, foram utilizados os temas da fronteiras de municípios e o de rios permanentes do estado. Os dados presentes contém as características mostradas na Tabela 5.6. A comparação da qualidade da visualização com a correção perspectiva para o exemplo do Rio de Janeiro pode ser observada na Figura 5.4.

Informação	Número de Objetos	Número de Vértices
Rios Permanentes do Rio de Janeiro	1.091 Linhas	12.992
Fronteiras dos Municípios do Rio de Janeiro	118 Polígonos	4.195

Tabela 5.6: Características dos dados geográficos no teste Rio de Janeiro

Para o exemplo do Brasil, foram utilizados o mapa poligonal de fronteiras de municípios do Brasil e o mapa de linhas das rodovias pavimentadas do Brasil, e esses dados são detalhados na Tabela 5.7. A comparação da qualidade para o teste do Brasil pode ser observada na Figura 5.5.

Informação	Número de Objetos	Número de Vértices
Rodovias Pavimen- tadas do Brasil	18.343 Linhas	128.528
Fronteiras dos Municípios do Brasil	5.601 Polígonos	317.334

Tabela 5.7: Características dos dados geográficos no teste Brasil

Como pôde ser observados nos dois testes, para vistas com direções próximas à vertical, a opção sem correção perspectiva apresenta uma boa qualidade e a correção perspectiva não altera significativamente nesses casos. Porém, em vistas anguladas é sensível a melhora na utilização da textura, que pode ser percebida pela melhoria da qualidade visual do mapeamento da textura sobre o terreno.

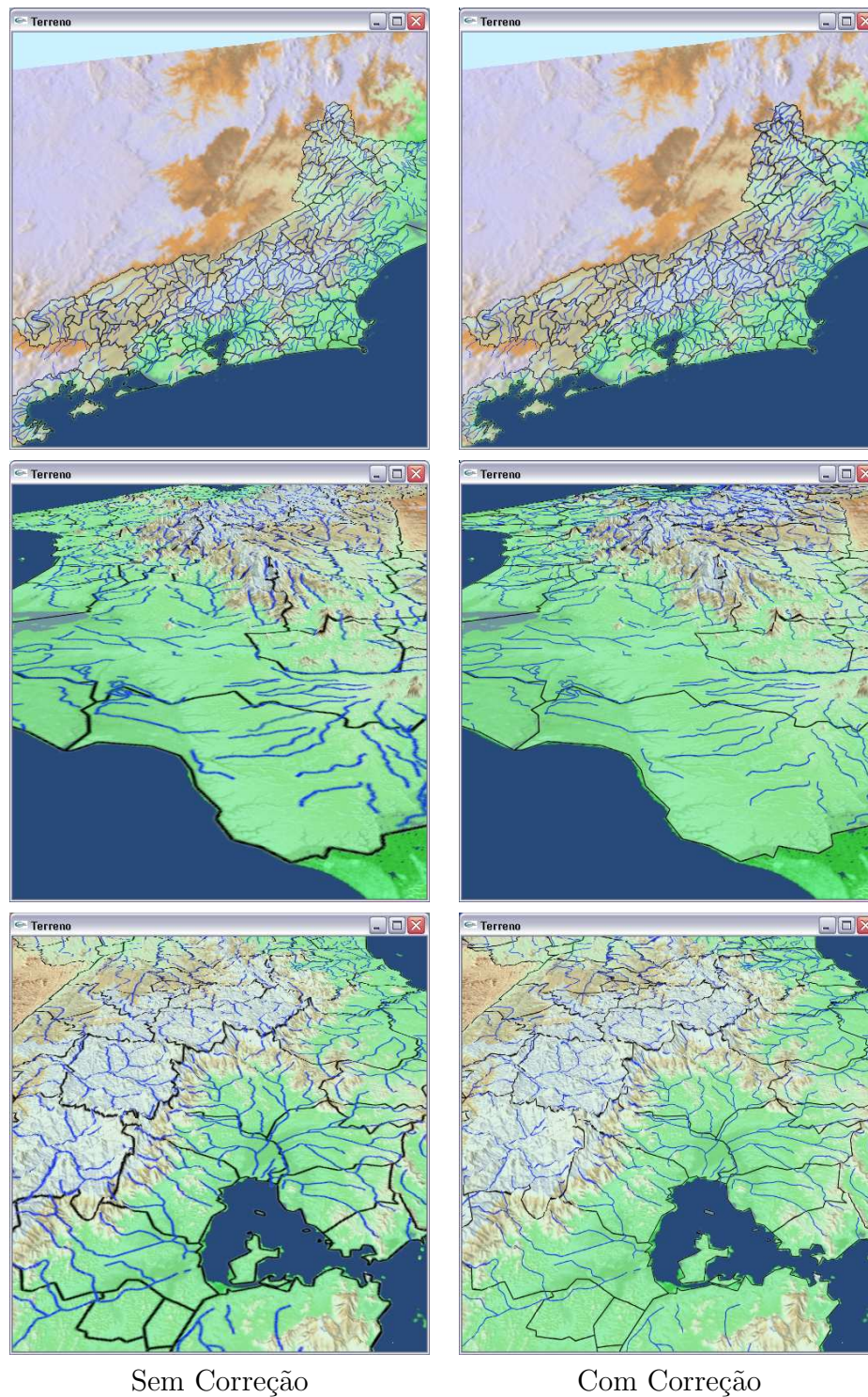
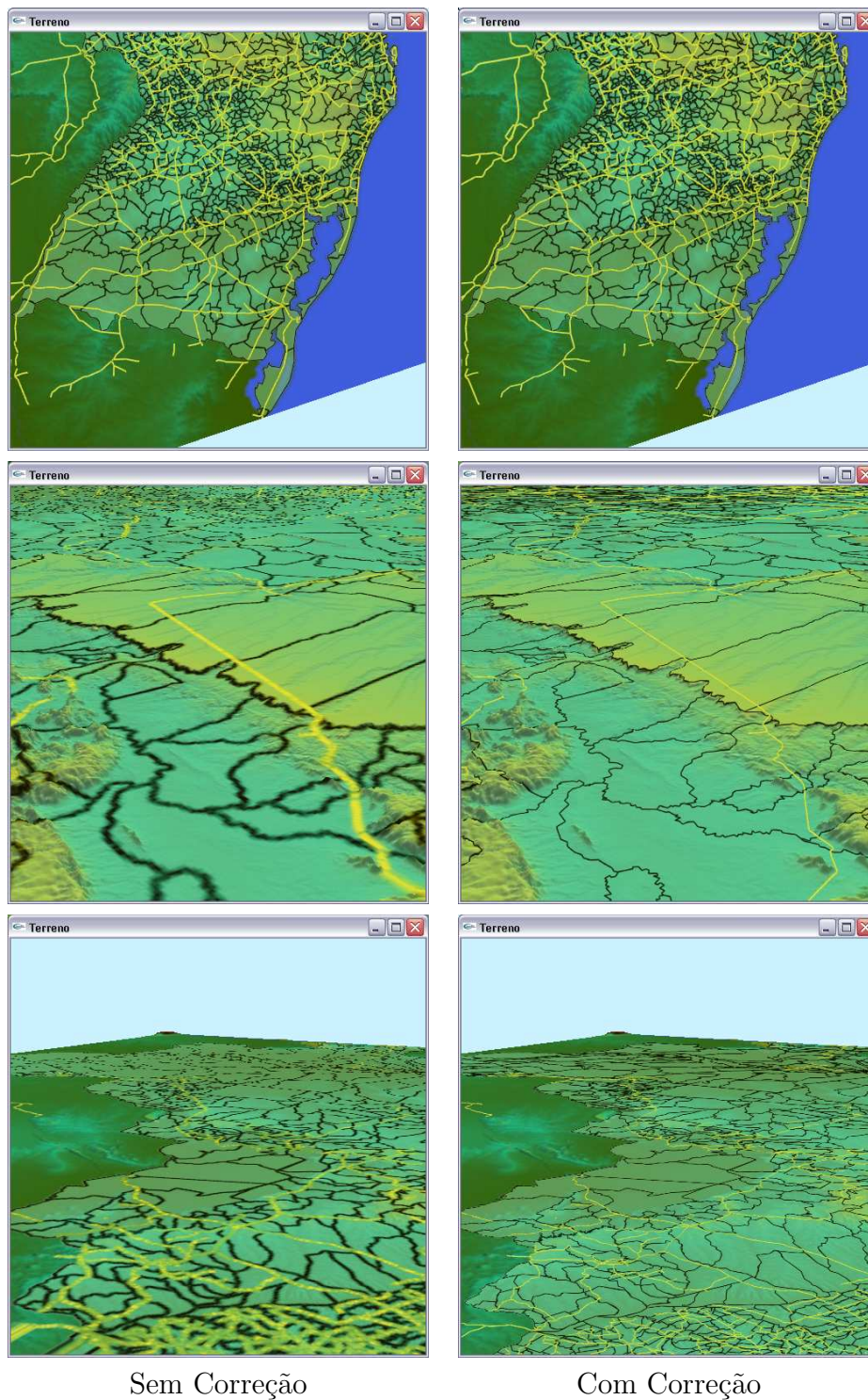


Figura 5.4: Comparação da visualização sem e com correção perspectiva. Rio



Sem Correção

Com Correção

Figura 5.5: Comparação da visualização sem e com correção perspectiva. Brasil

5.3

Navegação e Escolha de Blocos na Hierarquia

A fim de investigar o comportamento da hierarquia de simplificação na navegação tridimensional do terreno e o comportamento da decisão dos blocos a serem desenhados utilizando o cálculo do erro projetado descrito na seção 4.4, foi realizado um teste para mensurar a quantidade de vértices enviados ao desenho durante um roteiro de navegação aleatória sobre o exemplo de terreno do Brasil, mostrado na Seção 5.2, cobrindo diferentes variações de porção do terreno visualizado, distância ao terreno e ângulo de visualização. Dessa navegação, foi coletada a posição e a direção de visualização do observador a cada intervalo de tempo de 3 segundos. Essas amostras coletadas da navegação são o caso de teste a ser executado nos dados desta Seção. Nos testes, a tolerância τ para a escolha do nível de detalhe foi de 1 pixel.

No primeiro caso de teste são utilizados os dados geográficos presentes no exemplo Brasil do Terreno, cujas características foram mostradas na Tabela 5.7. Na Figura 5.6 mostramos o gráfico de número de vértices enviados para desenho, com simplificação e sem simplificação. Nesse gráfico, são marcados alguns pontos notáveis, onde foram tiradas *screenshots* mostradas na Figura 5.7. A Figura 5.8 mostra as porcentagens dos vértices totais utilizadas para desenhar os objetos geográficos simplificados. Os pontos notáveis marcados no primeiro gráficos são também correspondentes ao segundo.

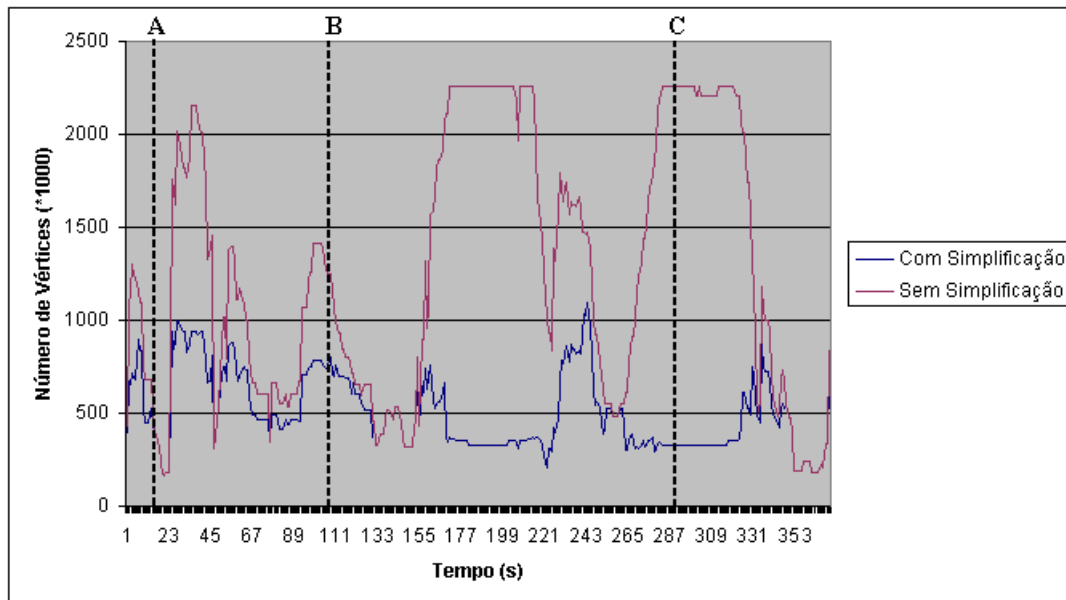


Figura 5.6: Gráfico comparativo da simplificação dos dados geográficos. Caso de Teste 1

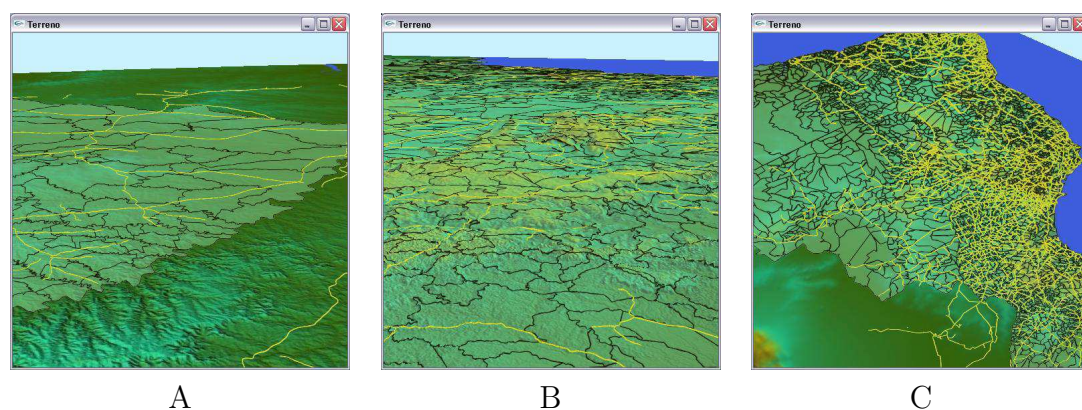


Figura 5.7: *Screenshot* de pontos notáveis do gráfico. Caso de Teste 1

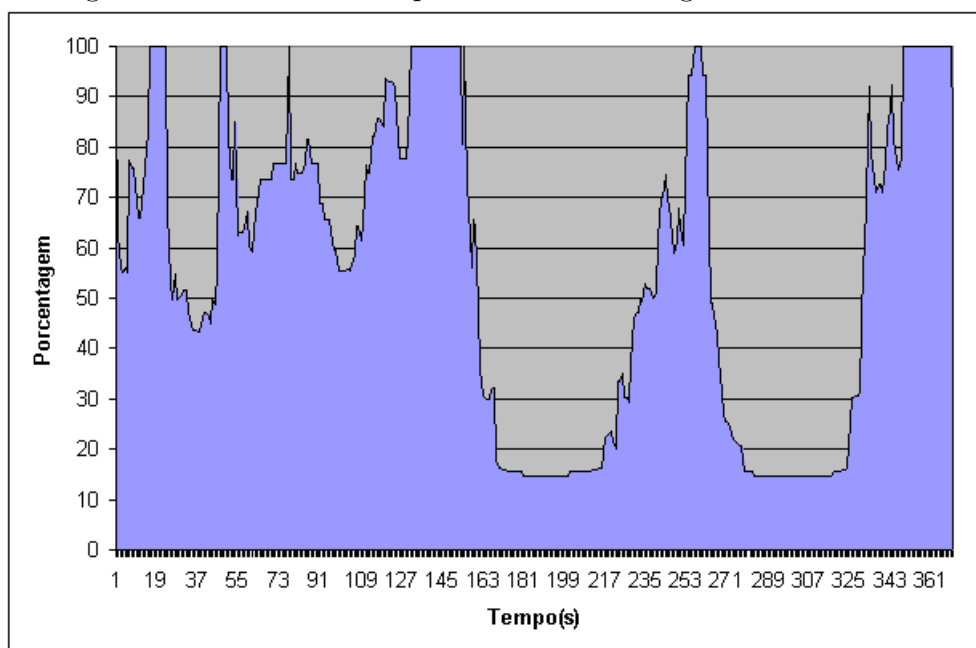


Figura 5.8: Porcentagem dos vértices totais efetivamente utilizados. Caso de Teste 1

O segundo caso de teste foi feito com o exemplo de Rios Permanentes do Brasil, cujas características foram mostradas na Tabela 5.2. O roteiro do teste é idêntico ao do caso anterior, e as Figuras 5.9 e 5.10 mostram a comparação com o desenho sem simplificação e a porcentagem dos vértices totais efetivamente utilizados, respectivamente.

É notável a redução do número de vértices utilizados para o desenho em ambos os casos. Analisando a Figura 5.7, podemos perceber o comportamento da escolha do nível de detalhe e sua correspondência com o resultado obtido mostrado nos gráficos. É importante frisar que, como a navegação é a mesma para todos os testes, a posição e direção de visualização das *screenshots* também são válidas para o caso de teste 2. Para vistas próximas ao dado, onde o nível de detalhe deve ser grande para evitar falhas, a solução tende a exibir

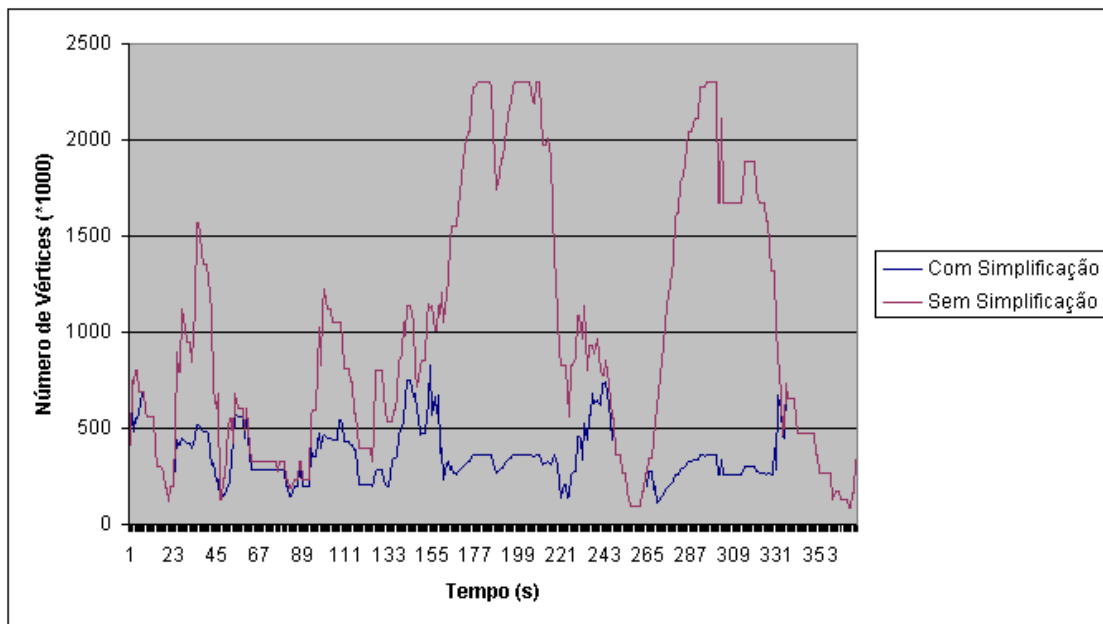


Figura 5.9: Gráfico comparativo da simplificação dos dados geográficos. Caso de Teste 2

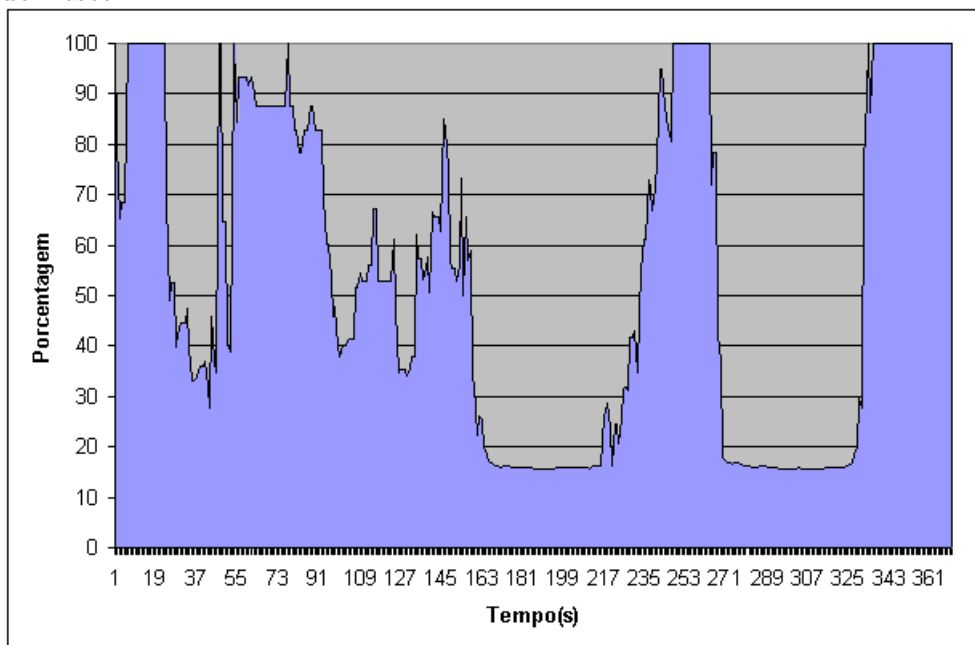


Figura 5.10: Porcentagem dos vértices totais efetivamente utilizados. Caso de Teste 2

as geometrias originais, como mostrado no *screenshot* A. O caso intermediário, onde alguns blocos são carregados com detalhe máximo enquanto outros são mais simplificados é mostrado no *screenshot* B. A simplificação mais agressiva ocorre quando muitos dados geográficos são visualizados a uma distância significativa, como podemos perceber no exemplo do *screenshot* C.

5.4

Visualização Conjunta Mapa 2D com Terreno 3D

Neste teste foi analisada a influência da inclusão dos dados geográficos sobre a visualização simples do terreno. Novamente, o caso de teste utilizado foi o do terreno do Brasil mostrado na Seção 5.2, por se tratar de um caso com um número de dados geográficos mais significativo. Durante a navegação foi medida a taxa de quadros por segundo obtida na visualização apenas do terreno e no terreno com a textura de dados geográficos. A navegação utilizada é a mesma da Seção anterior. A Tabela 5.8 mostra a taxa de quadros por segundo média para as duas visualizações.

Com dados geográficos	68,34
Sem dados geográficos	170,89

Tabela 5.8: Taxa de quadros por segundo média para cada visualização

O gráfico da Figura 5.11 mostra a variação da taxa de quadros por segundo durante a navegação para as duas visualizações. Importante ressaltar que, apesar da redução da taxa seja perceptível e esperada, por se tratar de um algoritmo de duas passadas e mais informação seja incorporada ao desenho, a visualização conjunta continua mantendo uma taxa aceitável com o visualização em tempo real, com a média bem superior aos 30 fps desejados para tal fim e o taxa mínima registrada foi de 31,75.

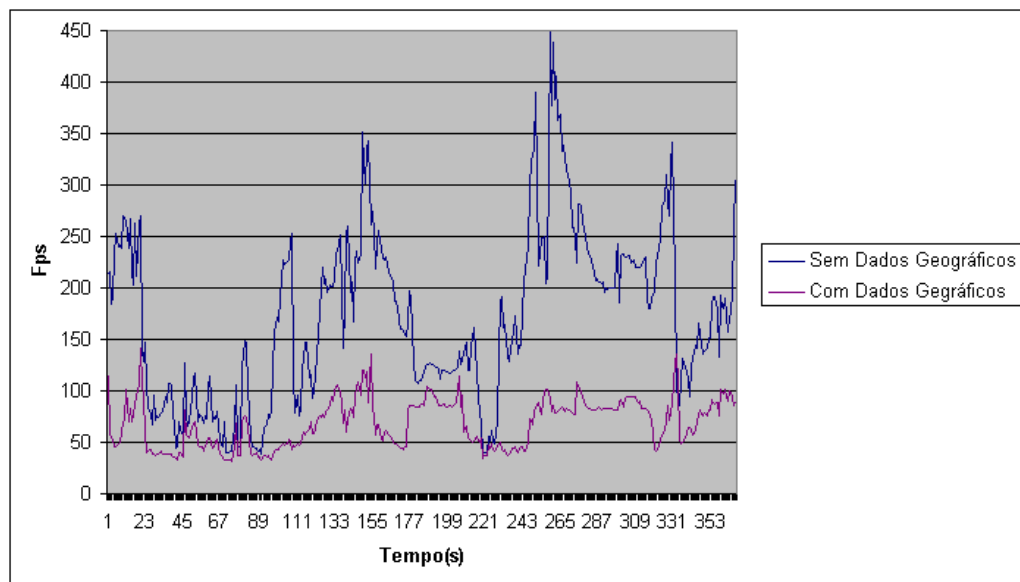


Figura 5.11: Comparação da taxa de quadros por segundo entre as duas visualizações