

5 Resultados

O framework foi testado em duas aplicações de visualização industriais: Geresim e 3DReplay. Para utilizar como servidor, foi implementada uma biblioteca dinâmica (DLL) chamada MobileServer usando C++ no Visual Studio 2010. Esta biblioteca foi acoplada às duas aplicações e as *callbacks* dos eventos foram redirecionadas para funções já implementadas nas aplicações. O aplicativo cliente foi desenvolvido usando o Moai SDK, customizado para conter o descompressor LZO. O mesmo aplicativo é usado para manipular as duas aplicações, pois a interface é carregada dinamicamente ao conectar no servidor.

O computador usado para executar os testes está equipado com um processador Intel Core2 Quad Q8400 com 4GB de memória RAM e uma placa de vídeo Nvidia GTX 295. O aplicativo cliente foi instalado em dois dispositivos móveis:

- Samsung Galaxy Tab 10.1 que dispõe de um processador Tegra2 Dual-core com 1GB de memória RAM
- Samsung Galaxy SIII com o processador Exynos 1.4 GHz Quad-Core e 1GB de memória RAM

Ambos os dispositivos são conectados a uma rede com roteador Wi-Fi 802.11n. Para obter a melhor qualidade visual nos dispositivos móveis, os testes foram feitos com o servidor renderizando na resolução de 1280 x 720.

As Seções 5.1 e 5.2 apresentam os resultados alcançados em cada uma das aplicações. A análise destes resultados tem como objetivo identificar a percepção pelo usuário da latência ao usar remotamente a aplicação de visualização. A latência é a diferença de tempo entre a ação do usuário e a resposta visual que ele recebe.

A contribuição do servidor para a latência vem do tempo de processar um quadro e deixá-lo disponível para download. No lado do cliente, os tempos de download do quadro pela rede, de descompressão e de carregar a textura na memória são adicionados a latência total.

Com o intuito de avaliar o benefício ganho em cada uma das técnicas de transmissão de quadro apresentadas, os testes com LZO foram divididos em três categorias:

- **LZO Puro**, somente a compressão;

- **LZO + diferenças**, calculando a diferença entre os frames enviados e compactando em seguida;
- **LZO + diferenças com redução de tamanho**, usando redução linear do tamanho da imagem quando as diferenças estão acima de 10% do número total de pixels. A largura e a altura da imagem foram reduzidas pela metade, ou seja, a imagem reduzida tem 1/4 do tamanho da imagem original.

Adicionalmente, incluímos os formatos *JPEG* e *PNG* para comparar com a solução proposta. O formato *JPEG* usa compressão com perda e foi implementado usando a *libjpeg v.8c*, sendo configurada para a qualidade de 75%. O formato *PNG* usa o compressor *zlib* sem perdas e foi implementado usando a *libpng v.1.4*.

5.1 Geresim

Geresim é um sistema gerenciador de simulação de reservatórios naturais de petróleo. Em um dos módulos do sistema, é possível visualizar em um modelo 3D as propriedades de um modelo de reservatório e suas mudanças ao longo dos anos. A Figura 5.1 mostra o teste sendo executado simultaneamente nos dois dispositivos móveis.

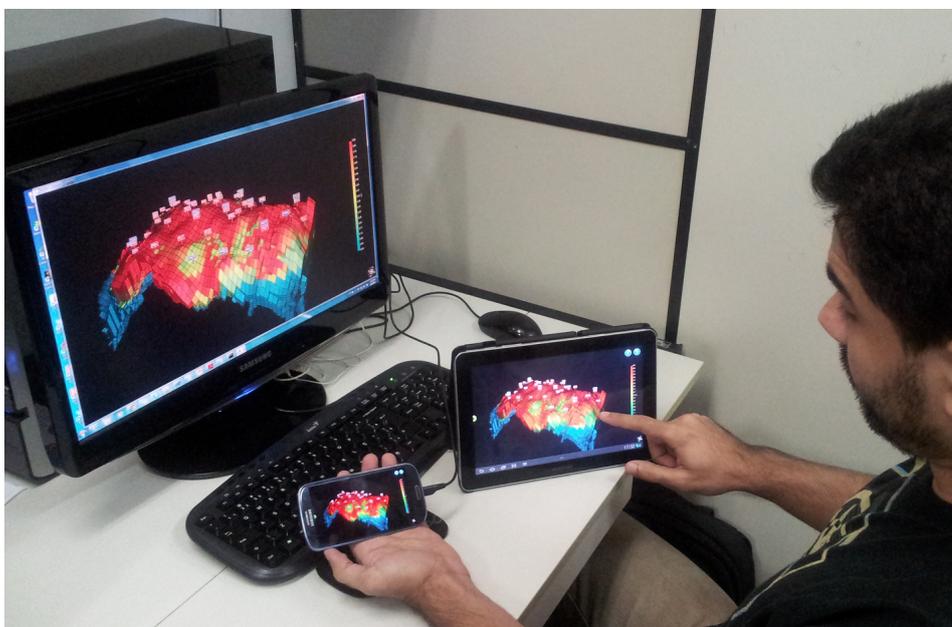


Figura 5.1: Geresim sendo manipulado em dois dispositivos móveis.

A interface utilizada nos testes do Geresim está disponível no Apêndice A. A mesma sequência de teste foi repetida para cada método de compressão e

consiste em rotacionar e transladar o modelo do reservatório em várias escalas diferentes.

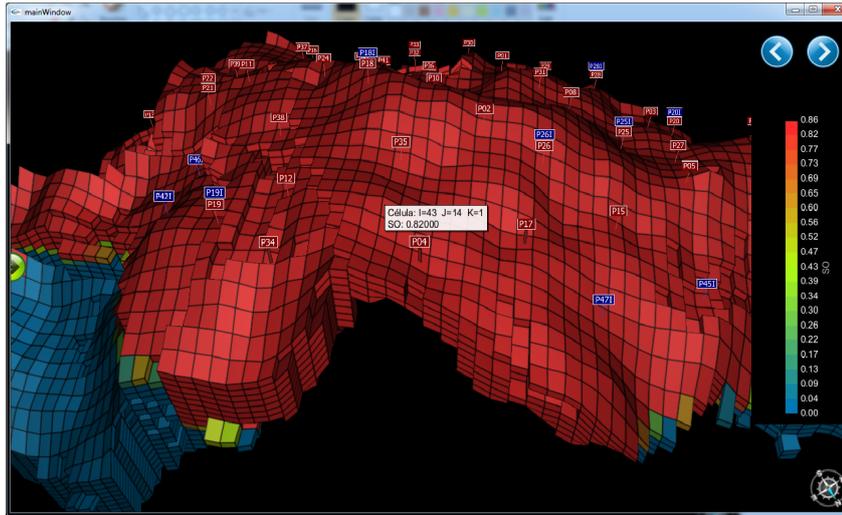
A Figura 5.2 ilustra a diferença de qualidade da imagem original e dos métodos de compressão com perda. No JPEG, a qualidade de diferença é notável pois a renderização utiliza cores mais sólidas para as células do modelo. No caso do LZO com redução linear na imagem, obtém-se um efeito de embaçamento na imagem gerada.

O tempo médio de produção de quadros em cada método é apresentado na Tabela 5.1. Os métodos JPEG, PNG e LZO possuem um só valor, pois não criam tarefas adicionais para cada cliente conectado. Nos outros dois métodos, à medida que novos clientes se conectam ao servidor, uma nova tarefa é criada para calcular as diferenças e/ou reduzir a imagem.

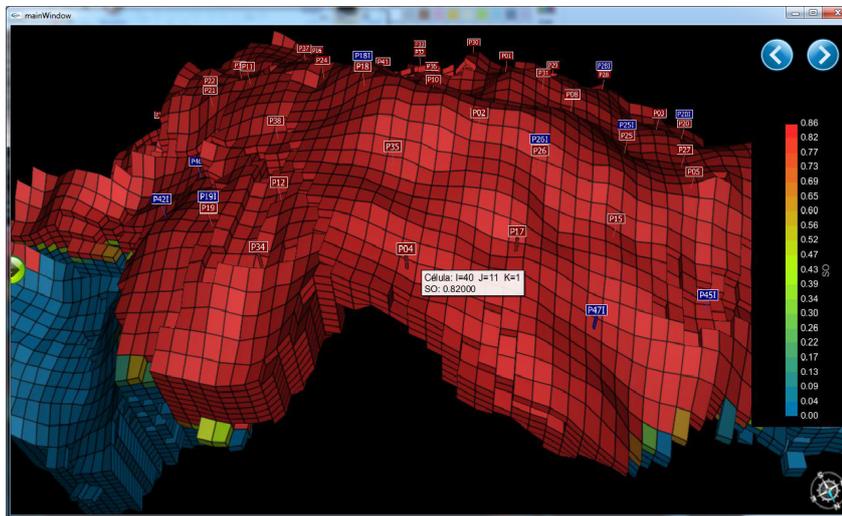
Método utilizado	Número de clientes conectados			
	1	2	3	4
JPEG	35 ms			
PNG	205 ms			
LZO	8 ms			
LZO + diferença	28 ms	44 ms	53 ms	81 ms
LZO + diferença + redução	19 ms	25 ms	28 ms	32 ms

Tabela 5.1: Média do tempo de produção de quadros no Geresim.

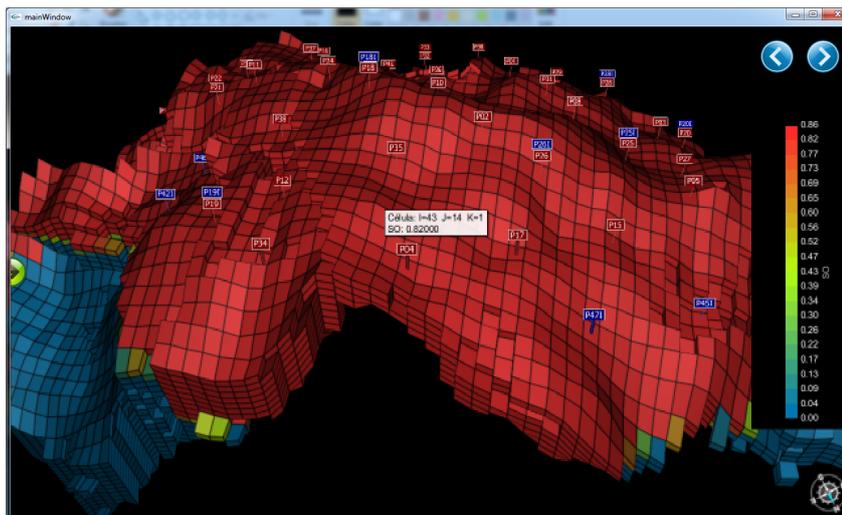
Nas imagens do Geresim, a compressão JPEG teve uma boa relação entre o tempo de produção e o tamanho da imagem gerada. Com uma média de 35ms para produzir um quadro, o tamanho final do quadro variava entre 40 a 210 KB. No formato PNG, o tempo de produção é muito grande e o tamanho final do quadro só ficava pequeno quando o modelo era reduzido na tela e o fundo preto era predominante. Já na compressão LZO, o mesmo resultado do PNG é atingido com um tempo de compressão bem mais rápido (8 ms). A figura 5.3 compara o tamanho dos quadros gerados para cada método. As imagens do modelo são ilustradas na linha do tempo do gráfico para indicar quando as escalas foram alteradas durante o teste.



Compressão sem perda: PNG, LZO e LZO com diferenças.



Compressão de imagem JPEG ($JPEGQuality = 75\%$).



Compressão LZO com redução linear.

Figura 5.2: Comparação entre a qualidade das imagens nos diferentes métodos de compressão usando Geresim.

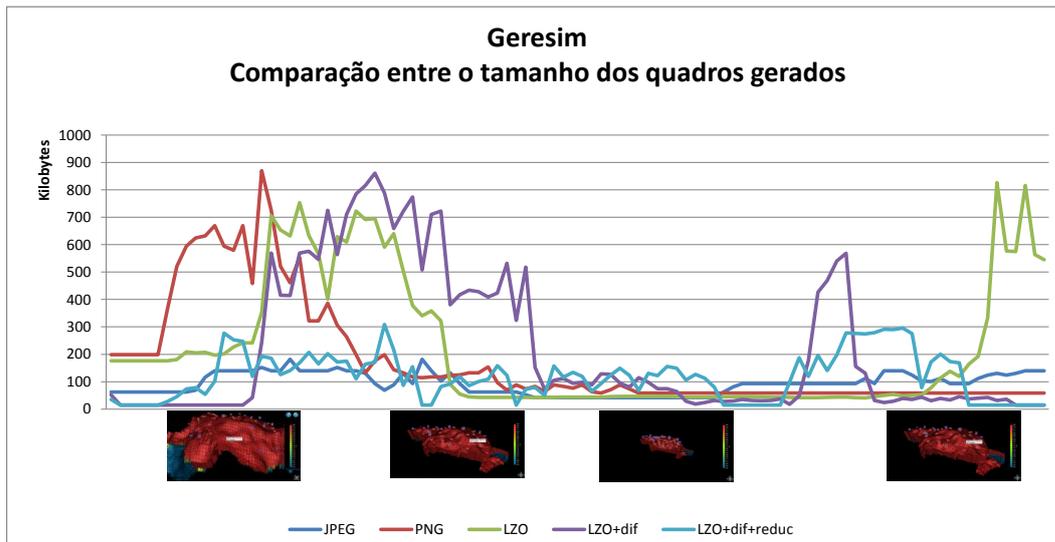


Figura 5.3: Gráfico de comparação entre os tamanhos de arquivos gerados pelos métodos de compressão usando o Geresim.

A Figura 5.4 apresenta os tempos necessários para descompressão durante o uso do Geresim. Os formatos JPEG e PNG tiveram um tempo alto, acima de 100ms, o que aumenta muito a latência para o usuário. Usando o compressor LZO, o tempo varia de 20 a 40ms para descompactar um quadro. Um ponto interessante que se observa no comportamento do LZO é que ele precisa de mais tempo para descompactar um quadro com uma taxa alta de compressão. Podemos notar isso nos gráficos do *LZO+dif* e *LZO+dif+reduc*. A descompressão fica na faixa dos 40ms quando não executamos nenhuma ação no modelo e ao movimentar o modelo, o tempo começa a variar abaixo dos 30ms. Quando há redução linear nas dimensões do quadro, o tempo fica em torno de 10ms devido a quantidade menor de informação processada.

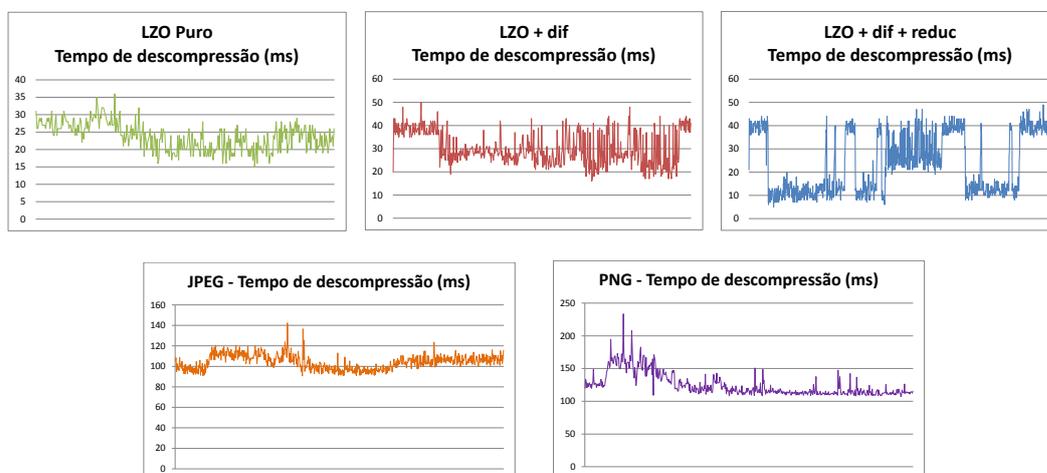


Figura 5.4: Gráficos dos tempos de descompressão usando Geresim.

A Figura 5.5 apresenta os tempos de carregar a textura nos métodos testados. Em todos os métodos o tempo ficou bem estável.

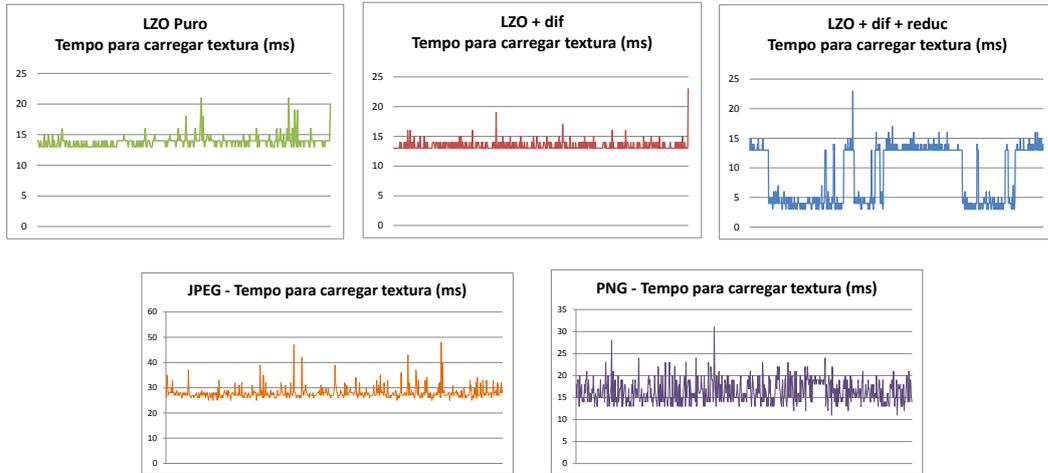


Figura 5.5: Gráficos dos tempos para carregar textura usando Geresim.

O tamanho do quadro comprimido é o fator determinante nos tempos de download. No teste do Geresim, o download dos quadros pela rede Wi-Fi atingiu a velocidade média de 4.4 MBytes/s. Somando os tempos de download com o tempo de descompressão e o tempo de carregar a textura, obtemos a latência do quadro no cliente. Os gráficos das Figuras 5.6, 5.7, 5.8, 5.9 e 5.10 apresentam a relação do tamanho do quadro baixado pela rede com a taxa de quadros por segundo (FPS) obtido nos clientes.

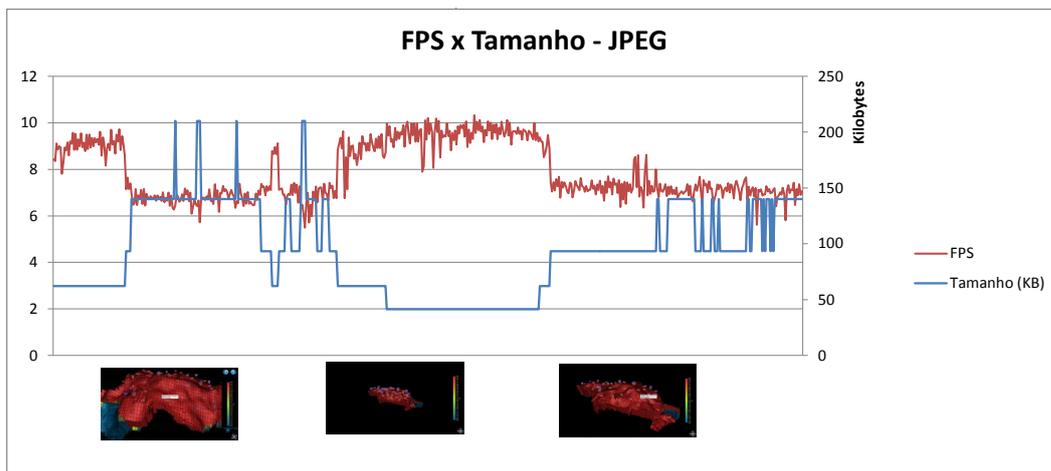


Figura 5.6: Gráfico de comparação do tamanho do arquivo com FPS no método JPEG usando Geresim. A taxa de quadros por segundo fica na faixa de 7-10ms. Quando o modelo é redimensionado para um tamanho menor, o tamanho do quadro gerado fica pequeno, mas o tempo de descompressão e de carregar textura reduzem o FPS total.

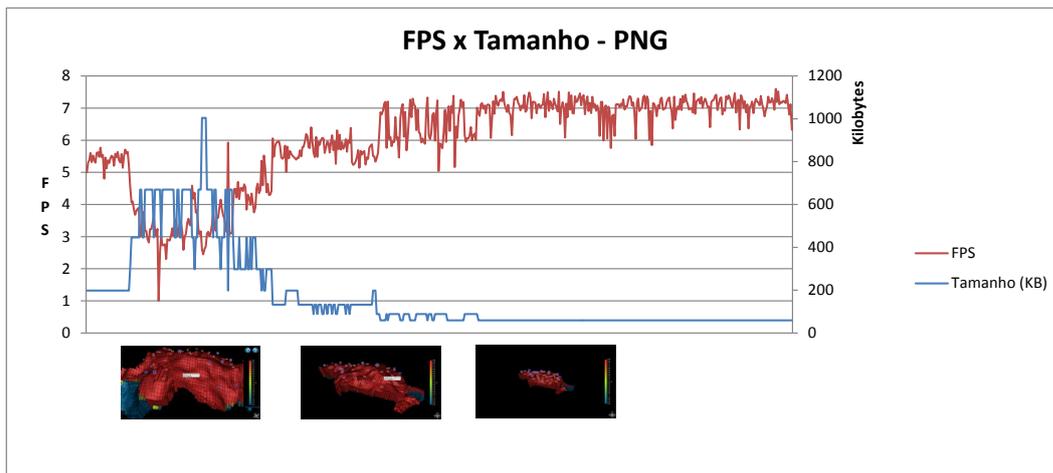


Figura 5.7: Gráfico de comparação do tamanho do arquivo com FPS no método PNG usando Geresim. Assim como no formato JPEG, o FPS é prejudicado pelo tempo de descompressão mesmo quando o arquivo está bem pequeno.

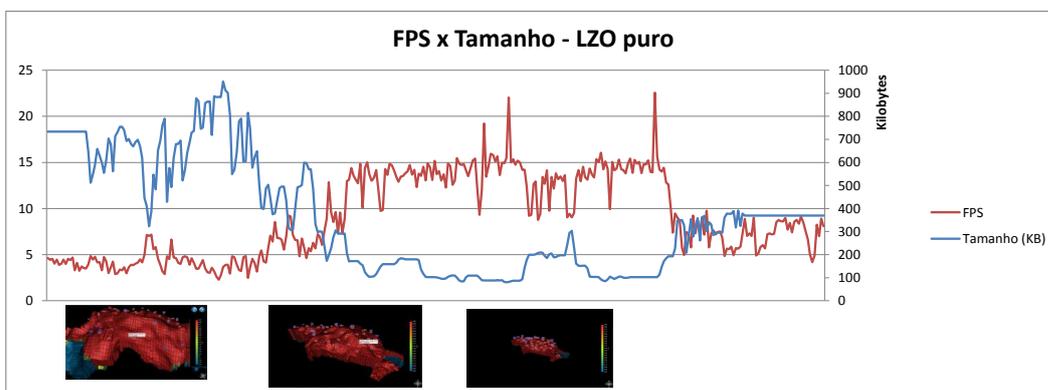


Figura 5.8: Gráfico de comparação do tamanho do arquivo com FPS no método LZO puro usando Geresim. Quando o modelo cobre toda a tela, a compressão não consegue reduzir consideravelmente o tamanho do arquivo e o FPS é prejudicado diretamente pelo tempo de download.

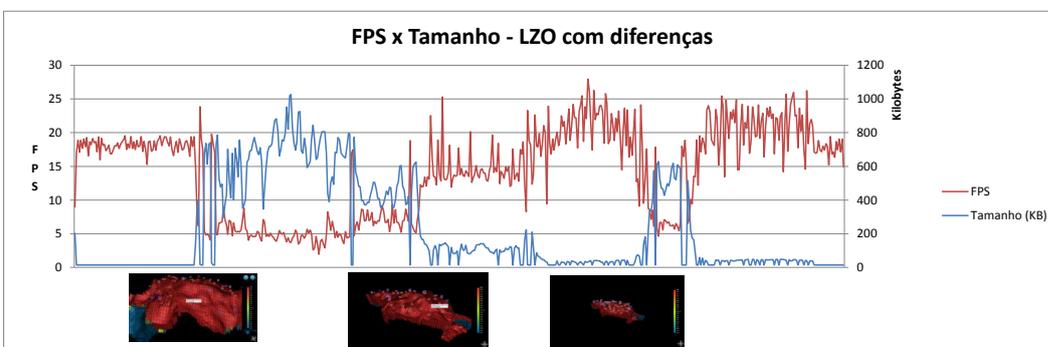


Figura 5.9: Gráfico de comparação do tamanho do arquivo com FPS no método LZO com diferenças usando Geresim.

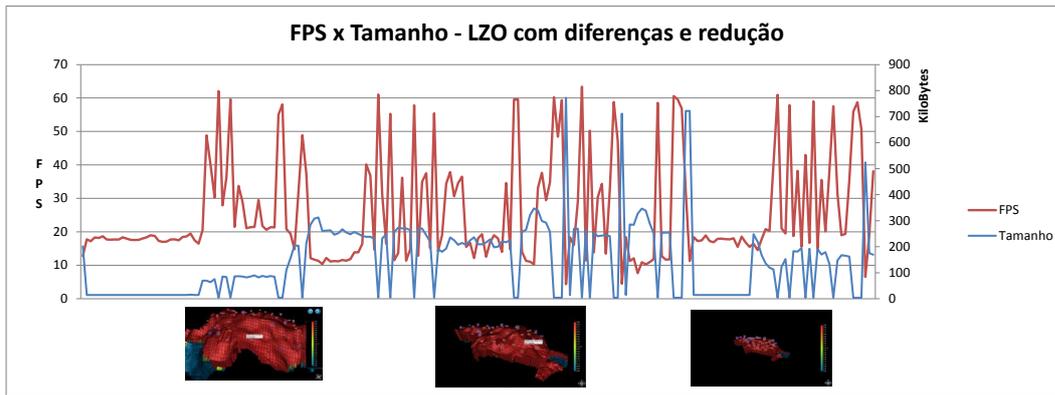


Figura 5.10: Gráfico de comparação do tamanho do arquivo com FPS no método LZO com diferenças e redução usando Geresim. O uso da redução nas dimensões do quadro aumenta consideravelmente o FPS. Os picos no tamanho do arquivo indicam quando o modelo ficou parado por um instante e a imagem com maior qualidade foi baixada.

Método utilizado	Qualidade Imagem		FPS	Latência
	Dinâmica	Estática		
JPEG	***	***	7 - 10	180 ms
PNG	*****	*****	3 - 7	>500 ms
LZO	*****	*****	5 - 15	80 - 430 ms
LZO + diferença	*****	*****	5 - 23	100 - 250 ms
LZO + diferença + redução	**	*****	15 - 30	80 - 130 ms

Tabela 5.2: Resumo do desempenho nos testes com Geresim.

A Tabela 5.2 apresenta um resumo dos testes realizados no Geresim. As notas de qualidade da imagem foram dadas seguindo um critério pessoal. O formato PNG apresentou a pior latência (acima de 500ms) devido ao tempo que necessita para compactar e descompactar um quadro. O formato JPEG ficou com uma latência média de 180ms, principalmente pelo tempo alto de descompressão. Já o formato LZO puro teve a latência variando de 80ms a 430ms. Este valor dependia diretamente do tamanho em bytes do arquivo gerado. O uso das diferenças melhorou a latência para a faixa de 100ms a 250ms enquanto a redução das dimensões do quadro manteve a latência entre 80ms e 130ms.

5.2 3DReplay

A aplicação 3DReplay consiste de um visualizador de lances de uma partida de futebol. Nele é possível rever em 3D uma cena reconstruída a partir da imagem tirada no momento que ocorreu o lance. A animação que apresenta

o lance pode ser pausada e o usuário pode interagir com a cena, marcando uma movimentação no campo ou alterando o ponto de vista da câmera. A interface usada nesta aplicação está disponível no Apêndice B.

A Figura 5.11 mostra a diferença de qualidade nas imagens geradas pelos diferentes métodos. O JPEG teve um resultado melhor que no Geresim, pois a cena possui muitas texturas fotográficas. No caso do LZO com redução na imagem, o mesmo efeito de embaçamento é percebido na imagem gerada.

O tempo médio de produção de quadros em cada método é apresentado na Tabela 5.3. Devido à renderização do 3DReplay usar muitas texturas fotográficas, os compressores sem perda tem mais dificuldade em diminuir o tamanho do quadro. Pela Figura 5.12 notamos que, assim como no Geresim, o JPEG teve novamente a melhor relação entre Tempo de compressão x Tamanho de arquivo gerado. O LZO, por sua vez, teve o pior desempenho na taxa de compressão. Apesar do formato PNG apresentar uma compressão boa, o tempo que leva para concluir cada quadro inviabiliza seu uso.

Por se tratar de um caso onde temos uma animação da câmera que se movimenta em um cenário texturizado, a técnica de calcular as diferenças perde sua eficácia e se comporta igualmente ao LZO na taxa de compressão. Somente ao usar a técnica de redução que pudemos obter uma melhoria no tamanho final do quadro.

Método utilizado	Número de clientes conectados			
	1	2	3	4
JPEG	50 ms			
PNG	816 ms			
LZO	21 ms			
LZO + diferença	48 ms	65 ms	91 ms	108 ms
LZO + diferença + redução	34 ms	40 ms	45 ms	58 ms

Tabela 5.3: Média do tempo de produção de quadros no 3DReplay.



Compressão sem perda: PNG, LZO e LZO com diferenças.



Compressão de imagem JPEG ($JPEGQuality = 75\%$).



Compressão LZO com redução linear.

Figura 5.11: Comparação entre a qualidade das imagens nos diferentes métodos de compressão usando 3DReplay.

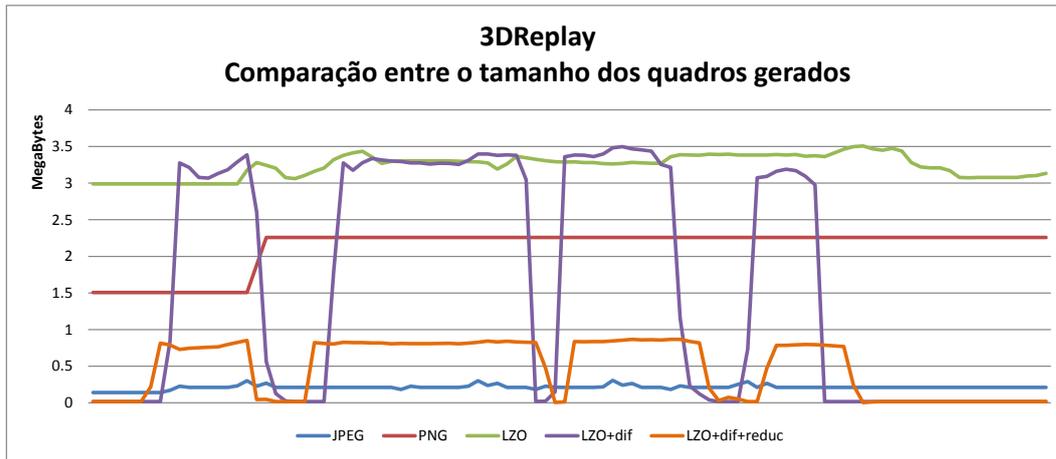


Figura 5.12: Gráfico de comparação entre os tamanhos de arquivos gerados pelos métodos de compressão usando o 3DReplay.

Os tempos de descompressão são apresentados na Figura 5.13. O compressor JPEG e LZO tiveram um pequeno aumento no tempo comparado ao Geresim. Já o PNG praticamente dobrou o tempo feito anteriormente.

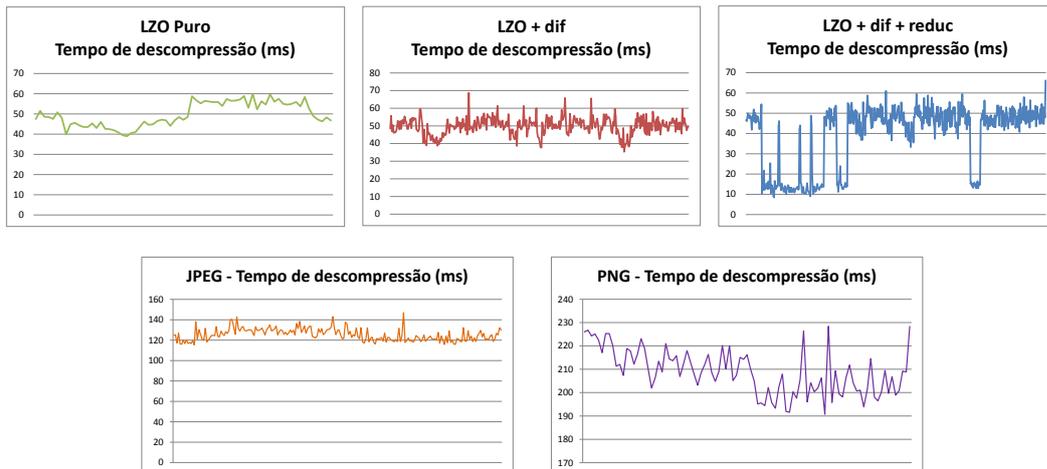


Figura 5.13: Gráficos dos tempos de descompressão usando 3DReplay.

O tempo para carregar texturas usando o 3DReplay seguiu para todos os métodos a mesma linha dos resultados apresentado nos testes do Geresim. Os resultados são ilustrados na Figura 5.14.

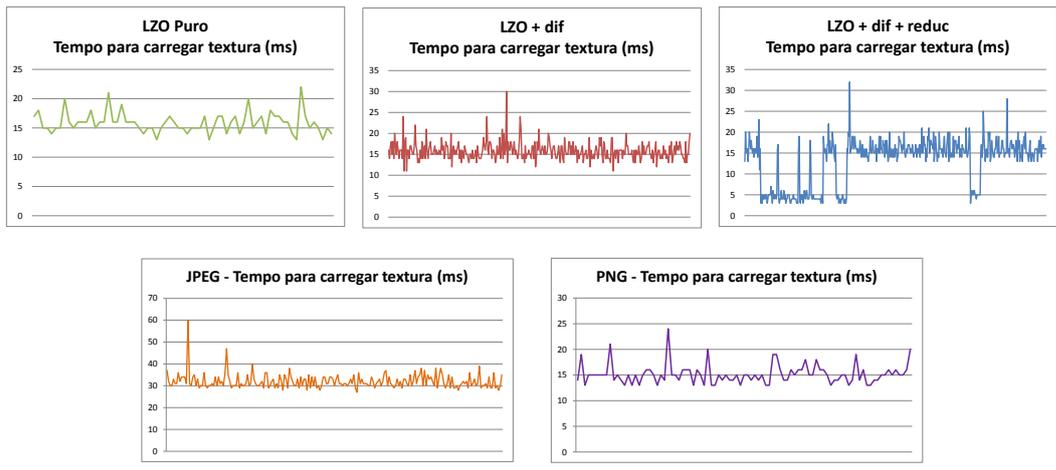


Figura 5.14: Gráficos dos tempos para carregar textura usando 3DReplay.

Devido a ineficácia dos compressores LZO e PNG, os tempos de download prejudicaram muito a latência total percebida pelo usuário. A velocidade média de download nos testes do 3DReplay foi de 4,9 MBytes/s.

Os gráficos das Figuras 5.15, 5.16, 5.17, 5.18 e 5.19 apresentam a relação do tamanho do quadro baixado pela rede com a taxa de quadros por segundo (FPS) obtido nos clientes.

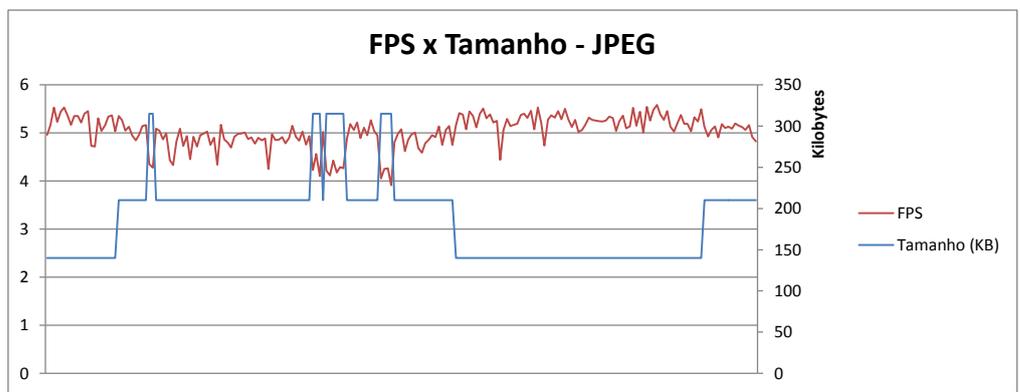


Figura 5.15: Gráfico de comparação do tamanho do arquivo com FPS no método JPEG usando 3DReplay. Os pequenos aumentos nos tempos de descompressão e no tamanho do quadro comprimido, fizeram com que a taxa de quadros por segundo caísse para 5ms.

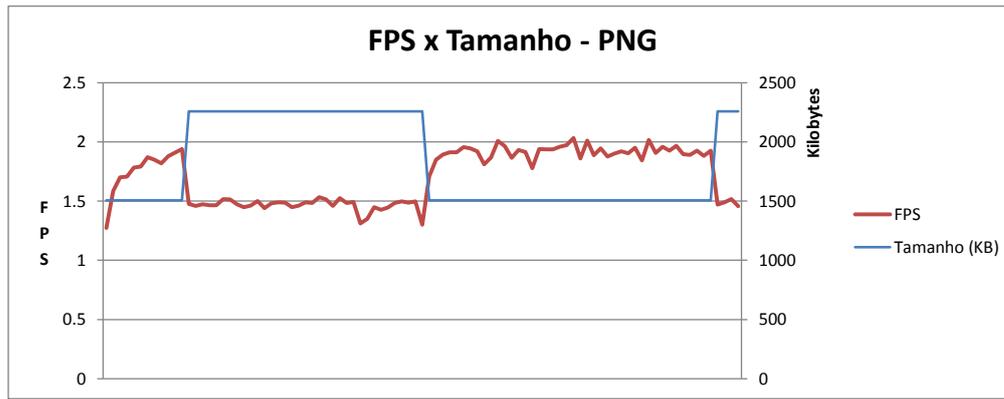


Figura 5.16: Gráfico de comparação do tamanho do arquivo com FPS no método PNG usando 3DReplay. Além de ter gerado quadros de tamanho muito grande, o método PNG teve o pior dos tempos de descompressão fazendo com que o método tenha um resultado muito ruim.

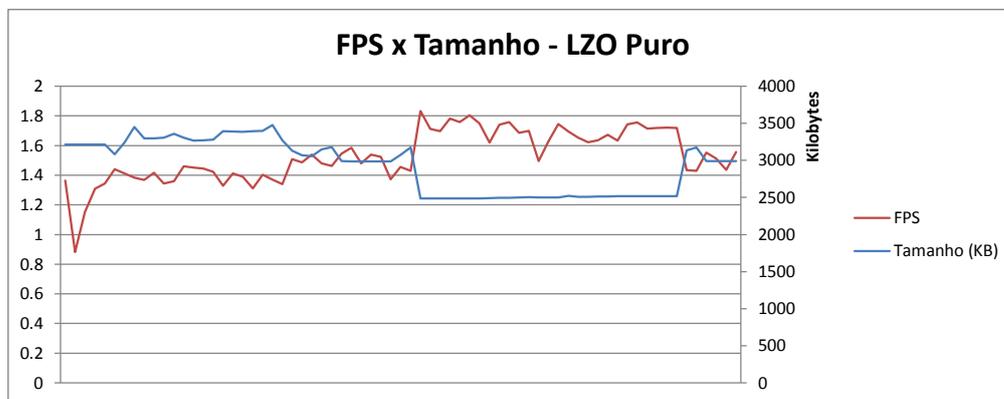


Figura 5.17: Gráfico de comparação do tamanho do arquivo com FPS no método LZO puro usando 3DReplay. Gerando arquivos muito grandes a cada quadro, o compressor LZO obteve um desempenho muito fraco.

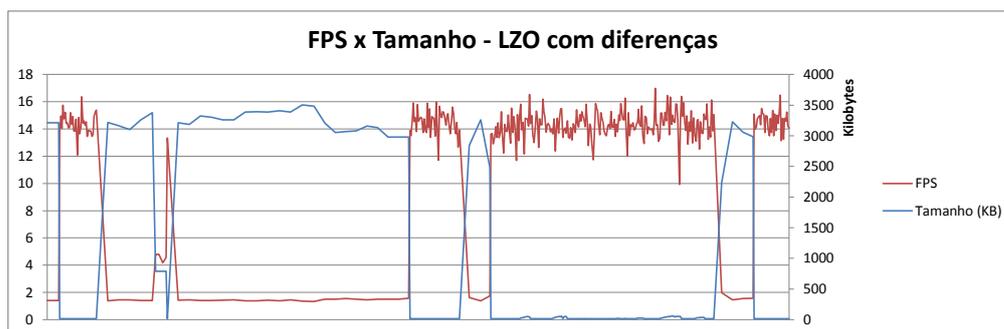


Figura 5.18: Gráfico de comparação do tamanho do arquivo com FPS no método LZO com diferenças usando 3DReplay. Durante os momentos de animação, o método se comportou igual ao LZO puro.

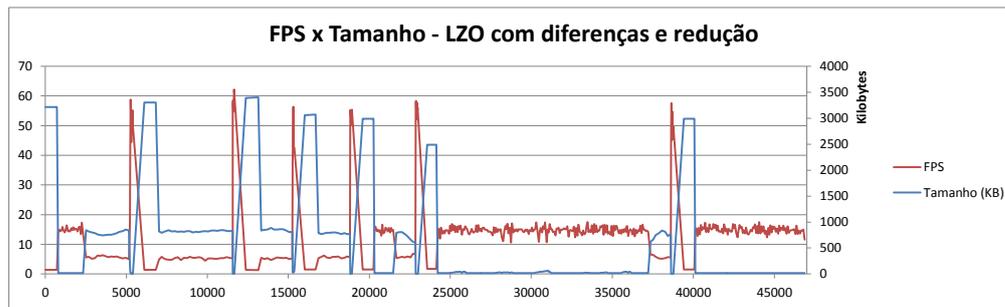


Figura 5.19: Gráfico de comparação do tamanho do arquivo com FPS no método LZO com diferenças e redução usando 3DReplay. Mesmo reduzindo as dimensões do quadro, o LZO teve dificuldades em compactar o quadro. Com isso, o FPS ficou em torno de 5ms durante as animações da câmera.

Método utilizado	Qualidade Imagem		FPS		Latência	
	Dinâmica	Estática	Dinâmica	Estática	Dinâmica	Estática
JPEG	****	****	5		250 ms	
PNG	*****	*****	1.5		>1300 ms	
LZO	*****	*****	1.5		>800 ms	
LZO + diferença	*****	*****	1.5	14	>800 ms	140 ms
LZO + diferença + redução	**	*****	6	14	230 ms	120 ms

Tabela 5.4: Resumo do desempenho nos testes com 3DReplay.

A Tabela 5.4 apresenta um resumo dos testes no 3DReplay. O compressor LZO teve um desempenho muito ruim o que resultou em uma latência acima de 800ms devido ao tamanho dos arquivos gerados. A técnica de quadros-diferença teve o mesmo comportamento do LZO nas animações de câmera, mas ao executar somente marcações no campo a latência ficou com uma média de 140ms. O uso da redução das dimensões do quadro melhorou o resultado durante as animações para 250ms. Já o formato JPEG teve o mesmo desempenho do LZO com reduções.