

## 6 Conclusões e Trabalhos futuros

Este trabalho foi desenvolvido através da parceria entre o laboratório Tecgraf/Puc-Rio e a Petrobras. Os experimentos e resultados aqui apresentados foram desenvolvidos dentro do ambiente *v3o2*, *software* desenvolvido pelo Tecgraf em parceria com a Petrobras.

Neste trabalho foi proposto o uso da transformada *wavelet* 3D para a compressão de dados sísmicos volumétricos. Pelos resultados apresentados no capítulo 5, percebe-se que a transformada *wavelet* 3D apresenta taxas de compressão iguais ou melhores que no uso da transformadas *wavelet* 2D, em dados sísmicos cujas as dimensões sejam potência de dois e iguais. Em dados cuja as dimensões não sejam potencias de dois, a transformada *wavelet* 3D, utilizada neste trabalho, pode vir a apresentar resultados piores.

Outra vantagem apresentada pela transformada 3D é que não é necessário o conhecimento prévio de como o dado sísmico está ordenado para tirar proveito da maior coerência espacial entre as amostras. Independente da ordenação do dado sísmico e independente da sequência que a transformada *wavelet* 3D será aplicada, o resultado permanecerá inalterado.

No capítulo 5 foram apresentados dados sísmicos gerados a partir de regiões de um dado sísmico real, disponibilizado através do sistema OpendTect. Destes dados, alguns tinham as três dimensões iguais e potência de dois. Neste grupo, os dados se dividiam em dados completos, ou seja, com informação em todos os *voxels* do dado, e dados com fundo do mar, onde uma pequena região do dado apresentado era zero ou foi zerada na geração do dado. Foram apresentados também dados cujas dimensões eram diferentes e não eram potências de dois.

A transformada *wavelet* 3D também traz o benefício de poder aplicar técnicas de multiresolução ao carregamento do dado sísmico. Estas técnicas não foram exploradas neste trabalho, pois o principal objetivo deste trabalho foi o de estudar a influência da transformada *wavelet* no processo de compressão do dado sísmico.

Neste trabalho também foi apresentado um estudo sobre a compressão do dado sísmico introduzindo o traço complexo no *pipeline* de compressão, como apresentado na figura 36. Mesmo tendo resultados ainda não satisfatórios, acredita-se que estes podem ser melhorados fazendo o uso de outras técnicas em conjunto com a apresentada.

Este trabalho alcançou seu principal objetivo que foi apresentar um estudo sobre a utilização da transformada *wavelet* 3D para a compressão de dados sísmicos volumétricos e apresentar as melhorias que podem ser obtidas com o uso deste tipo de transformação.

A seguir, são apresentados alguns trabalhos que podem servir de base para o aprimoramento das técnicas aqui apresentadas.

## 6.1. Trabalhos Futuros

A seguir será apresentado o que se pretende fazer como continuação do presente trabalho. As propostas se dividem em duas partes. A primeira parte é referente ao estudo de novas transformadas *wavelet* para o dado sísmico e, a segunda parte, para o caso do uso do traço complexo na compressão de dados sísmicos.

### 6.1.1. Wavelet 3D

Foram apresentados dois dados sísmicos cujas dimensões não eram potência de dois. Neste tipo de dado, o uso da transformada *wavelet* de Haar não é aconselhado, tanto para as transformadas 2D, como para a 3D. Para trabalhos futuros, espera-se estudar outras transformadas *wavelets* que possam ser estendidas para 3D e que não tenham a limitação de terem suas dimensões potências de dois.

As *wavelets* biortogonais apresentam filtros de decomposição e reconstrução simétricos, o que possibilita a otimização do processo de decomposição e recomposição do dado sísmico. Um exemplo de *wavelet* biortogonal é a *wavelet* de *Daubechies*. Este tipo de *wavelet* é largamente utilizado para a compressão de imagens, sendo utilizado inclusive no padrão JPEG 2000. Porém, a *wavelet* de *Daubechies* também possui a limitação de ter os lados potência de dois.

Outro tipo de transformação *wavelet* a ser estudado é a *wavelet pack* que, de acordo com alguns autores, proporciona uma maior taxa de compressão com menor introdução de ruídos. A técnica de compressão utilizando *wavelet pack* 3D é muito utilizada para a compressão de vídeo.

A quantização utilizada neste trabalho não é exatamente a mesma utilizada nos trabalhos relacionados. Fica como trabalho futuro fazer a quantização de acordo com o padrão *WSQ* descrito anteriormente. Acredita-se que fazendo a quantização de acordo com o descrito pelo padrão, pode-se melhorar o SNR obtido nas curvas de compressão apresentadas.

Basicamente, cada etapa do processo de compressão, apresentado na figura 23, aqui reproduzida, pode ser melhorada.



Figura 38 Reprodução da figura 23.

Em se tratando do tipo de transformada a ser utilizado, é sugerido acima o uso da *wavelet pack* e *Daubechies*. Para a quantização, pode-se adequar a quantização utilizada para o padrão *WSQ* ou a codificação em árvore. Na etapa de codificação entrópica, pode usar a codificação aritmética.

Neste trabalho, o objetivo principal era avaliar o uso da transformada *wavelet* 3D na compressão do dado sísmico, por isso, as outras etapas não foram exploradas. Para poder fazer a comparação com a transformada *wavelet* 2D apenas este parâmetro foi modificado.

### 6.1.2. Uso do traço complexo

O atributo sísmico envelope é considerado como sendo de baixa frequência, o que pela teoria de amostragem de sinais, é um ótimo candidato para ser subamostrado com pouca perda de informação.

De acordo com o teorema de amostragem, se uma função não contém componentes superiores a uma frequência  $W_{max}$  (em radianos por segundo), então essa função pode ser completamente determinada especificando o seu valor a uma

série de pontos espaçados no máximo de  $T = \pi/(W_{max})$  segundos, de acordo com [42].

O valor de amostragem mínima que um sinal analógico pode ter, para ser reconstruído com o mínimo de perda de informação, é de duas vezes o valor da maior frequência do espectro.

Se a maior frequência do sinal é conhecida, então, pelo teorema da amostragem, o limite inferior para a frequência de amostragem passa a ser de duas vezes a maior frequência. Portanto, no caso de se conhecer a frequência de amostragem, o sinal original deve ser reconstruído, com o limite superior de frequência, com frequência máxima igual a metade da frequência de amostragem.

Já o atributo de frequência instantânea é considerado um atributo de alta frequência e não pode ser subamostrado. Porém este tipo de dado pode ser quantizado com uma menor introdução de ruído ao dado.

Sotelo e colaboradores [43], demonstraram que, em um dado sísmico típico, pode-se fazer a compressão do mesmo separando a mantissa e o expoente de cada amostra, reordenando estes e aplicando um algoritmo de compressão para cada um. Com esta técnica é possível obter taxas de compressão maiores com uma menor introdução de erro. Fazendo uma analogia ao que foi desenvolvido neste trabalho, a fase instantânea pode ser comparada aos expoentes e o envelope a mantissa.

Neste método, um erro de um por cento introduzido na fase instantânea não seria equivalente a um erro de um por cento na amplitude sísmica. Com isso, a quantização e o tipo de algoritmo de compressão podem ser diferenciados, trazendo uma melhor taxa de compressão com uma menor introdução de erro.