

## 1 Introdução

*A descoberta de novas jazidas de petróleo envolve longa análise dos dados geofísicos e geológicos da área sendo estudada. Somente depois que boas estimativas do comportamento geológico das subcamadas do subsolo, geólogos e geofísicos decidem propor a perfuração de poços.*

Para conseguir boas estimativas da geologia da área sendo estudada, uma das fontes de informação mais utilizadas atualmente são os volumes sísmicos obtidos através de um método de aquisição de dados denominado método sísmico de reflexão. Segundo Thomas, “o método sísmico de reflexão é o método de prospecção mais utilizado na indústria de Petróleo atualmente, pois fornece alta definição das feições geológicas em subsuperfície propícias a acumulação de hidrocarbonetos, a um custo relativamente baixo” [Thomas 2001].

Uma vez adquiridos e processados, os dados sísmicos devem passar por uma fase de interpretação. A interpretação das feições geológicas nesses conjuntos de dados pode indicar situações favoráveis à acumulação de hidrocarbonetos. Durante o processo é desejável a identificação de determinadas estruturas geológicas, tais como horizontes e falhas sísmicas, entre outros.

Um volume sísmico tridimensional é resultante de um processo de aquisição indireta dos dados sísmicos de uma determinada região geológica de interesse. Os dados armazenados em um volume desse tipo, portanto, contêm características particulares da região geológica na qual foram adquiridos, revelando informações estruturais e estratigráficas das subcamadas geológicas existentes.

Na geologia, um horizonte sísmico é uma subsuperfície presente na região geológica onde os dados foram adquiridos. Os horizontes se distinguem entre si por apresentarem características geológicas bastante particulares, tais como a espessura da camada de sedimentos que os define e características físicas do material sedimentar que os compõe, além da sua vizinhança geológica. O rastreamento de um horizonte sísmico consiste em identificar em quais dos voxels do volume sísmico o horizonte desejado está representado, identificando quais são as amostras que pertencem ao horizonte em questão.

Falhas sísmicas podem ser definidas como uma quebra na continuidade original dos horizontes. São fraturas que causam um deslocamento relativo das rochas, fazendo com que elas percam sua continuidade original. O mapeamento de uma falha sísmica consiste em encontrar o conjunto de voxels do volume que evidencia essa quebra de continuidade.

Considerando a quantidade de dados a serem interpretados, o mapeamento manual dessas estruturas requer tempo e representa um esforço adicional a ser feito pelo intérprete. Nesse sentido, algoritmos que possam automatizar ou mesmo auxiliar nessa tarefa são de grande valia. No entanto, tais algoritmos são difíceis de serem desenvolvidos, por diversas razões (baixa relação sinal/ruído devido a interferências no processo de aquisição de dados, complexidade da geologia da área onde o volume foi adquirido, etc.).

A maioria dos métodos desenvolvidos especificamente para a tarefa de extração de horizontes possui algumas limitações indesejáveis. Por serem baseados numa estratégia de crescimento de região, tais métodos utilizam medidas de similaridade entre voxels vizinhos a partir dos voxels já descobertos do horizonte (para o início do processo de extração, uma semente é selecionada externamente). Em outras palavras, começando pela semente, seus vizinhos imediatos são incluídos na superfície, depois os vizinhos dos seus vizinhos, seguindo esse processo até que todos os voxels da superfície tenham sido descobertos. Métodos dessa natureza apresentam bons resultados em volumes sísmicos onde não existam falhas sísmicas ou onde, apesar da sua existência, o horizonte a ser descoberto forma uma superfície conexa no volume sísmico. No entanto, é bastante comum encontrar horizontes para os quais a porção conexa da superfície não está presente nos dados sendo interpretados.

## 1.1 Estrutura da dissertação

Esta dissertação tem como foco principal analisar a viabilidade da aplicação de algoritmos de agrupamento de dados (particularmente um dos vários desenvolvidos nessa área, denominado Gás Neural Evolutivo ou simplesmente GNG – *Growing Neural Gas* [Fritzke 1995]) à tarefa de mapeamento de horizontes e falhas sísmicas a partir de dados sísmicos tridimensionais.

No capítulo 2 fazemos uma breve introdução dos componentes que formam o que chamamos de dados sísmicos 3D. Apresentamos resumidamente o processo de aquisição dos dados sísmicos através do método conhecido como método sísmico de reflexão, mostrando algumas fases pelas quais passa um conjunto de dados dessa natureza até a etapa de interpretação.

No capítulo 3 discutimos processos de agrupamento de dados, que formam a base do processamento realizado nos dados sísmicos desta dissertação. Também citamos alguns dos métodos destinados a essa tarefa difundidos na literatura da área, e apresentamos o algoritmo de agrupamento particular que decidimos utilizar ao longo de toda a dissertação, descrevendo em detalhes o processo de treinamento do algoritmo, bem como a necessidade de cada um dos seus parâmetros de treinamento.

No capítulo 4 descrevemos em detalhes todo o procedimento a ser realizado nos dados sísmicos iniciais para que possamos gerar, partindo desses dados, um novo volume de dados, a partir do qual tanto as falhas quanto os horizontes sísmicos podem ser mapeados. Apresentamos a forma utilizada para criar o conjunto das amostras de entrada, a ser utilizado como conjunto de amostras de treinamento pelo algoritmo GNG. Depois de descrito o processo de criação do novo volume de dados, quantizado a partir do volume original e levando em conta o grafo criado pelo algoritmo GNG, é descrito o algoritmo de mapeamento de horizontes sísmicos a partir do volume quantizado, obtido a partir de um novo conjunto de amostras criadas já nesse novo volume. A última seção do capítulo descreve a forma utilizada para extrair falhas sísmicas a partir desse mesmo conjunto quantizado de dados.

No capítulo 5 fazemos as últimas considerações a respeito do trabalho, apresentando o andamento atual da nossa pesquisa, bem como os resultados que

alcançamos até aqui. Finalmente, no capítulo 6 são também apresentadas as conclusões e sugestões de trabalhos futuros que nos pareceram interessantes.

## 1.2 Posicionamento da instituição

Diversos trabalhos visando auxiliar a interpretação dos dados sísmicos têm sido desenvolvidos no Tecgraf/PUC-Rio nos últimos anos, de tal forma que esta dissertação é uma continuação dessa série de trabalhos. Em sua dissertação de mestrado, Mauren Ruthner estudou a viabilidade de se utilizar a Transformada S para, a partir dos dados sísmicos, encontrar componentes de frequência desejados no domínio do tempo [MRuthner, 2004]. Na dissertação de Mestrado de André Gerhardt foi investigada e identificada a não adequação das técnicas de visualização volumétrica tradicionais quando aplicadas ao problema de iluminação de horizontes sísmicos [Gerhardt 1998]. A dissertação de Marcos Machado experimentou a utilização de espaços de escala para segmentar esse tipo de estrutura [Machado 2000]. Além desses, outros trabalhos relacionados a dados sísmicos desenvolvidos no laboratório foram as teses de Doutorado de Pedro Mário Cruz e Silva [Silva 2004], onde foram investigados algoritmos de visualização volumétrica aplicados à sísmica e algoritmos de segmentação de horizontes, e de Ernesto Fleck [Fleck 2004], onde foi proposto um novo método de agrupamento de dados sísmicos para a visualização em mapas sísmicos.

## 1.3 Trabalhos relacionados

Ao extrair horizontes, a maioria dos métodos descritos na literatura utiliza critérios de similaridade lateral entre os voxels como informação principal para encontrar voxels vizinhos [Herron 2000] [Dorn 1998]. Já Alberts [Alberts 2000] descreve um trabalho interessante baseado em redes neurais. No entanto, esse método possui algumas limitações devido ao alto grau de distorção dos dados nas regiões de falhas sísmicas. Admasu [Admasu 2004] descreve um algoritmo desenvolvido somente com o intuito de correlacionar horizontes através das

falhas sísmicas existentes no volume sendo estudado. Em sua Tese de Doutorado, Pedro Mário Cruz e Silva [Silva 2004] propôs um método que utilizava como critério de similaridade entre as amostras o valor do coeficiente de correlação entre elas.