

# 1 Introdução

## 1.1. Motivação

A prospecção geofísica compreende um grande número de métodos que visam definir indiretamente a geometria das formações no subsolo. Os procedimentos que usam um conjunto de métodos para cálculo indireto de parâmetros levam ao estudo da Teoria do Problema Inverso, que descreve maneiras de obter informações de um sistema físico parametrizado a partir de dados observáveis, de relações teóricas entre os parâmetros não observáveis do sistema e os dados observáveis e das informações a priori sobre os parâmetros não observáveis do sistema (Tarantola, 2005).

Métodos sísmicos são os tipos de levantamentos geofísicos mais comumente usados para fins de engenharia. A maioria dos estudos a respeito da propagação de ondas sísmicas são analogias das leis de propagação óptica. Assim, existem duas técnicas usadas: Sísmica de Reflexão e Sísmica de Refração (Dourado, 2001).

A sísmica de reflexão vem sendo usada intensivamente na indústria do petróleo, graças ao seu poder de resolução, se constituindo em um dos métodos geofísicos mais utilizados. Porém, a utilização deste método para estudos mais rasos, como os requeridos pela geologia e a engenharia ambiental, só começou a se desenvolver a partir do final da década de 70, junto aos avanços tecnológicos da eletrônica digital e da microinformática, que possibilitaram o surgimento dos pequenos sismógrafos digitais e sistemas para processamento de sinais sísmicos em microcomputadores.

O termo, sísmica de reflexão de alta resolução, surgiu com o objetivo de diferenciar a sísmica de reflexão convencional utilizada para busca de petróleo e a sísmica utilizada para alvos mais rasos e menores, que por isso mesmo precisa ter uma maior resolução (Dourado, 2001).

A sísmica de reflexão foi evoluindo desde a interpretação de traços sísmicos no tempo para determinar a espessura das camadas (1D), logo de um conjunto de traços sísmicos obtidos por receptores distribuídos numa linha

horizontal para formar uma seção (2D), e finalmente de um conjunto de traços sísmicos distribuídos numa superfície para formar um volume (3D).

Desde alguns anos atrás, existe uma tendência a se priorizar a sísmica 3D. Um dos fatores para isso é o avanço tecnológico, especialmente, na área de processamento de dados, face à possibilidade de um melhor entendimento geológico através da visualização das seções sísmicas e cortes horizontais que podem ser feitos ao longo de todo um cubo sísmico (Brown, 1999).

Até agora foram desenvolvidas complicadas equações, e cada vez mais exatas, visando estimar parâmetros e descrever formas na subsuperfície. Embora muitas destas equações sejam simplificações para reduzir o tempo de cômputo, ainda existem possibilidades de desenvolver novos métodos e adaptar técnicas para reduzir o tempo de cômputo e melhorar a acurácia.

Na literatura podem ser encontrados trabalhos que aplicam métodos, com diferentes técnicas, para estimar parâmetros sísmicos. (Margrave, 2003) Alguns desses métodos utilizam Algoritmos Genéticos, mas sem muito sucesso quando a complexidade do problema aumenta (Medeiros, 2005).

## **1.2. Objetivos do Trabalho**

O modelo sísmico em três dimensões, usado neste trabalho, é composto por camadas. As formas das camadas podem ser horizontais, inclinadas ou até dobras geológicas com baixo grau de inclinação. O modelo de camadas escolhido tem como parâmetros a velocidade da onda P em cada camada, e a espessura, a inclinação. Os dados observáveis disponibilizados são os tempos de trânsito (ou viagem) das ondas sísmicas P refletidas nas interfaces entre duas camadas.

A proposta deste trabalho é desenvolver um método eficaz para estimar os parâmetros sísmicos de um modelo de camadas em três dimensões com baixo grau de inclinação a partir de dados de reflexão sísmica 3D disponibilizados, usando algoritmos genéticos híbridos.

## **1.3. Descrição do Trabalho**

O trabalho foi planejado para descrever cada conceito, método ou técnica necessária para entender e resolver o problema de inversão (estimação) de parâmetros sísmicos em três dimensões.

Os dados são obtidos de um conjunto de medições obtidas nos levantamentos sísmicos. Por esse motivo primeiro se descrevem a origem das ondas sísmicas, a maneira de se propagarem, os tipos de ondas e a relação que existe com as propriedades geotécnicas.

Também se explicam as equações que vinculam os dados dos tempos de trânsito das ondas P com os parâmetros sísmicos do modelo de camadas. As equações a serem utilizadas são simplificações de uma equação mais completa e complexa, para meios isotrópicos e anisotrópicos leves (Isotropia Transversa Vertical, VTI), conhecida como equação exata (Bazelaire et al., 2000).

Na parte de preprocessamento se descrevem os procedimentos que devem ser feitos antes de realizar os levantamentos sísmicos e depois tais como: análise de ruído, análise da cobertura do tiro sísmico, área utilizável em relação ao deslocamento entre fontes e receptores, densidade de traços (sinais) sísmicos para uma dobra ou unidade da área do levantamento. Os levantamentos sísmicos podem ser marítimos ou terrestres, porém, os marítimos são mais freqüentes e de maior extensão.

Faz-se uma revisão do método e técnicas mais usadas para inversão de parâmetros e principalmente do algoritmo genético híbrido, (AGH) que tira vantagem das características de um algoritmo genético (AG) para busca global e do algoritmo *Nelder Mead Simplex* para busca local sem restrições.

Com o problema contextualizado, e com os conceitos, métodos e técnicas já revisadas, o passo seguinte é obter as equações de cálculo dos tempos de trânsito das ondas refletidas em múltiplas camadas. O método proposto, para estimação dos parâmetros para um tiro sísmico é seqüencial e usa algoritmos genéticos híbridos com um cromossomo por camada. Os genes do cromossomo são reais e os operadores se adaptam ao tipo de gene real. Para testar o método foram feitos dois estudos de caso: para camadas horizontais anisotrópicas e para camadas inclinadas isotrópicas. Pelos bons resultados, este método é usado como uma sub-rotina no programa geral para estimação de parâmetros de cada dobra ou quadrado da malha. As malha de receptores e fontes são elementos principais de um levantamento sísmico em três dimensões (3D). Os métodos de levantamento sísmico e de estimação de parâmetros dependem um do outro porque a forma da distribuição de receptores depende de como se assume o modelo sísmico, e a eficiência da estimação é sensível ao número de receptores.

Na seção de estudo de caso para um modelo de três dimensões se explica como se assume um modelo sísmico de referência. Com este modelo se

calculam os tempos de trânsito de referência das ondas P (dados que podem ser substituídos por medições reais) e os tempos calculados com os parâmetros estimados pelo AG como parte do problema de inversão. Finalmente se conclui mencionando as melhoras obtidas com o método, e as técnicas propostas neste trabalho e os critérios tomados antes ou durante a execução dos programas de estimação.

#### **1.4. Organização da Dissertação**

O restante deste trabalho está estruturado em quatro capítulos como se descreve a seguir.

O capítulo dois é dividido em duas partes: teoria resumida de métodos sísmicos e dos métodos de estimação de parâmetros. Os métodos e técnicas usadas neste trabalho são descritas com maior detalhe. Neste capítulo se descreve a sísmica de reflexão orientada à estimação de parâmetros sísmicos de um modelo, os passos prévios para obter os dados sísmicos, um resumo de geologia estrutural e as ferramentas para estimação de parâmetros.

No capítulo três se descreve os dois métodos propostos neste trabalho para estimar parâmetros sísmicos em três dimensões (3D). O primeiro método é para o levantamento sísmico (para obter os dados) e o segundo método para estimar os parâmetros de um modelo sísmico baseado em distribuição de camadas.

O capítulo quatro descreve o estudo de caso para avaliar os resultados da aplicação dos métodos propostos neste trabalho. Os dados usando são sintéticos.

No capítulo cinco são apresentadas as conclusões acerca dos métodos, procedimentos e resultados do trabalho. Também se propõem idéias para trabalhos futuros.