

# 1 Introdução

## 1.1 Definição do problema

A engenharia de perfuração é uma das áreas mais estudadas na indústria do petróleo. A fim de se otimizar o tempo até a chegada ao reservatório e reduzir tempo de sonda, diversos estudos vem sendo conduzidos na área de brocas. Um desses estudos é o teste de cortador simples, que consiste na análise de apenas um cortador, seja PDC (Polycrystalline Diamond Compact) ou indentador.

Com o avanço dos cortadores PDC a partir dos anos 70, as brocas PDC se tornaram muito versáteis, podendo cortar de formações muito moles a formações muito duras. Os cortadores PDC são compostos de uma fina camada de diamante sintético acoplada a uma matriz de Carbetto de Tungstênio.

Para se analisar a eficiência de cortadores, o conceito de Energia Mecânica específica foi introduzido na indústria. Este conceito se define como a energia necessária para se remover uma unidade de volume de material. Estudos mostram que essa energia está associada com diversos fatores, como: Orientação do cortador (ângulos de ataque e de saída lateral, que do inglês são chamados de *backrake* e *siderake*, respectivamente), resistência da rocha, pressão de fundo de poço, pressão de poros e desgaste do cortador. Em cortes rápidos, isto é, onde o cortador se desloca em alta velocidade em relação à rocha, a pressão de poros na região de falha é nula devido à natureza dilatante associada ao cisalhamento da rocha.

Em outra vertente, diversos estudos vêm sendo realizados no sentido inverso, ou seja, partindo-se da energia específica do corte, tentar estimar propriedades de rocha. A partir desse estudo, diversos autores obtiveram que, à pressão atmosférica, e em corte ortogonal de cortadores com *backrakes* em torno de 20°, a energia específica da rocha se aproxima muito da resistência não confinada da rocha (UCS). A partir da solução de corte para metais, equações

analíticas foram desenvolvidas a fim de se obter a relação entre as propriedades de rocha e a energia específica de corte.

O corte em rocha pode ser modelado analiticamente e numericamente. A vantagem de modelos analíticos é o uso direto das equações para obtenção de propriedades desejadas, sem a necessidade de custo computacional ou custo de ensaios experimentais. Porém, ainda não foram desenvolvidas equações para modelagem do processo de corte tridimensional, onde cortadores são orientados através do ângulo de ataque do cortador (*backrake*) e do ângulo de saída lateral do (*siderake*).

Partindo-se da análise bidimensional do corte em rocha e da análise do corte oblíquo em metais, a presente dissertação visa o desenvolvimento de equações que descrevam o corte tridimensional de rochas através de cortadores unitários. O modelo proposto engloba diversos parâmetros de teste, como: Orientação do cortador (*backrake* e *siderake*), pressão de confinamento, pressão de poros, resistência da rocha e desgaste do cortador.

## 1.2 Objetivo do trabalho

Este trabalho tem por objetivo é desenvolver um modelo analítico que descreve o processo de corte em rocha tridimensional. A partir da solução do caso 2D e da análise de corte em metais, as equações 3D foram desenvolvidas.

Para a análise das equações desenvolvidas, foi previamente feita uma extensa revisão bibliográfica do processo de corte em metais para o caso ortogonal e oblíquo e do corte em rocha para os casos 2D e 3D. Após revisão dos métodos analíticos de corte em metais e em rocha, uma revisão de obtenção de dados de rocha a partir de ensaios de cortador simples foi realizada.

Após obtenção das equações que descrevem o corte 3D, as mesmas foram analisadas parametricamente em função de duas rochas hipotéticas chamadas de Rocha 1 e Rocha 2. Os valores de coesão e ângulo de fricção interno dessas rochas foram estipulados de acordo com dados experimentais obtidos por Adachi *et. al.* (1996) para Arenitos Berea e Red Wildmoor, respectivamente.

Assim, foi realizada uma análise paramétrica para se estudar os efeitos do *backrake*, do *siderake*, da profundidade de corte, da pressão de confinamento e do

desgaste do cortador na energia específica. Além disso, foi estudado os efeitos da profundidade de corte na força tangencial ou força de corte. Para tal análise, as fricções atuantes no cortador, reportadas na literatura por Coudyzer e Richard (2005), foram consideradas independentes da rocha sendo cortada. Após obtenção das tendências de energia específica e força tangencial, as mesmas foram comparadas com resultados experimentais descritos na literatura.

### **1.3 Escopo do trabalho**

O presente trabalho consiste em oito capítulos e dois apêndices conforme abaixo:

- Capítulo 1: Introdução
- Capítulo 2: Revisão Bibliográfica
- Capítulo 3: Desenvolvimento do corte 3D
- Capítulo 4: Análise e resultados
- Capítulo 5: Metodologia para obtenção de propriedades de rocha
- Capítulo 6: Conclusões e sugestões para trabalhos futuros
- Revisão Bibliográfica
- Apêndice A: Solução do corte 2D para rochas.
- Apêndice B: Experimento