

# 1. Introdução

## 1.1. Relevância e motivação do estudo

A fim de otimizar a operação de perfuração de poços, a indústria do petróleo tem feito diversos estudos referentes à interação entre rocha e broca, baseados nos ensaios de laboratório existentes que simulam o processo de perfuração em campo. As brocas PDC (*Policrystalline Diamond Compact*), são consideradas uma das mais eficientes ferramentas no processo de perfuração e são amplamente utilizados nos mais diversos tipos de rocha.

A motivação para este tipo de estudo está relacionada com os problemas de perfuração encontrados durante o corte das rochas do pré-sal e de sal. O sal ou evaporito está depositado a grandes profundidades e em espessas camadas nas bacias da costa brasileira. É um grande desafio atravessar essa formação mantendo a integridade da coluna de perfuração já que há a tendência de fechamento das paredes do poço devido à fluência do sal, sendo importante, portanto, perfeiçoar as características da broca para equilibrar desempenho e durabilidade. A fim de aumentar a taxa de penetração, estudiosos dedicam-se a entender os mecanismos de interação entre rocha e broca. Neste sentido, realizam-se experimentos como o ensaio de perfuração em grande escala, que simula o processo de perfuração utilizando uma broca em tamanho real, e o ensaio de cortador único, que simula o efeito gerado por um cortador único. A realização destes ensaios de laboratório tem custos elevados, e por este motivo, são desenvolvidos métodos que permitam avaliar todos os parâmetros envolvidos no processo de corte da rocha, mas sem os custos que acarretam os ensaios de laboratório. Dentro deste grupo, estão incluídos os estudos numéricos e analíticos que vem apresentando resultados aceitáveis validados com base em resultados experimentais.

No presente trabalho, optou-se por estudar o mecanismo de corte através de modelos analíticos. Eles permitem estimar as forças medidas pelo cortador no

processo de corte da rocha, partindo das propriedades mecânicas dos materiais envolvidos.

Os modelos foram criados tendo como base análises desenvolvidas para corte em metais. Elas levam em conta o equilíbrio de forças no instante do corte e consideram, para o cálculo das forças, a sua geometria e as propriedades de resistência do material.

Os modelos analíticos existentes na literatura estimam as forças de corte considerando cortadores únicos PDC com as seguintes características:

- Ângulos de orientação do cortador: ângulo de ataque e ângulo de inclinação lateral
- Pressão de confinamento
- Área de corte transversal
- Material aglomerado na face do cortador
- Desgaste do cortador
- Chanfro no cortador

Neste trabalho, desconsiderou-se o item relacionado ao desgaste e o chanfro do cortador. Com os demais parâmetros busca-se estabelecer o modelo analítico mais adequado para trabalhar com halita.

A análise dos resultados obtidos no processo de corte pode ser feita utilizando o conceito de energia mecânica específica (MSE), que define a energia gasta para se cortar um volume unitário de rocha. Outra possibilidade de análise é utilizar o conceito das forças de corte atuantes na face do cortador, que será a metodologia utilizada no presente trabalho.

A proposta desta dissertação é avaliar a eficiência dos modelos analíticos para o material evaporito. A validação destes modelos será feita através de comparações dos resultados das forças de corte já obtidas experimentalmente pelo ensaio de cortador único em amostras de halita. Além disso, serão determinados os modelos analíticos existentes na literatura que oferecem melhores resultados na obtenção das forças de corte a partir dos parâmetros de resistência da rocha. Os resultados experimentais foram facilitados pela empresa Baker Hughes (Hoffman, 2012).

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo geral**

Este trabalho tem por objetivo a análise de modelos analíticos documentados que estimam as forças de corte no ensaio de cortador único a partir dos parâmetros da resistência da rocha. As predições dos modelos se comparam com medições nos ensaios de cortador único praticado na halita.

### **1.2.2. Objetivo específico**

- Realizar o estudo paramétrico dos efeitos geométricos e da pressão de confinamento para os modelos analíticos aplicados em evaporitos (halita). O objetivo é avaliar se os modelos capturam estes efeitos de modo aproximado aos obtidos experimentalmente.

## **1.3. Metodologia**

Para propor os modelos analíticos a considerar no trabalho, segundo o objetivo proposto, foi feita uma revisão bibliográfica que abrange as especificações do processo de corte em rocha e as abordagens analíticas do corte em metais. Também são apresentados brevemente cada um dos modelos analíticos para corte em rocha.

As forças de corte são estimadas utilizando dentre outras, as propriedades de resistência da halita obtidas através dos ensaios triaxiais e de compressão simples. As forças estimadas através dos modelos analíticos serão comparadas com as forças medidas no ensaio de cortador único. Os resultados experimentais foram fornecidos pela empresa Baker Hughes (Hoffman, 2012).

Finalmente, através do resultado da comparação das curvas de forças de corte horizontal para cada modelo, serão escolhidos os modelos analíticos que melhor representem o processo de corte da halita.

Tendo escolhido o ou os modelos analíticos mais representativos do comportamento mecânico da halita, será realizada a análise paramétrica em

termos de forças variando-se os ângulos de orientação do cortador e a pressão confinante.

#### **1.4. Organização da tese**

Este trabalho está organizado em sete capítulos, os quais são divididos da seguinte forma:

O Capítulo 1 é a introdução do trabalho, apresenta a importância e a motivação para o estudo do tema proposto, os objetivos e a metodologia a ser seguida para a consolidação da dissertação.

O Capítulo 2 constitui-se em uma revisão bibliográfica onde é apresentado o processo de corte, instrumentação, ensaios, análise da eficiência do corte e a abordagem analítica do processo de corte em metais e em rochas.

No Capítulo 3 abordam-se as especificações e características do material em estudo (halita) e os resultados do ensaio de cortador único fornecidos pela empresa Baker Hughes (Hoffman, 2012).

No Capítulo 4 é estabelecida a metodologia do trabalho e o ajuste dos modelos analíticos utilizados para a estimativa das forças de corte. São estabelecidos os parâmetros geométricos gerais (área de corte, ângulos de atrito interfacial entre a rocha e o cortador e ângulo de falha da rocha) segundo as características do cortador, a serem utilizados nos modelos de avaliação.

No Capítulo 5 apresentam-se as curvas das forças de corte obtidas a partir dos modelos analíticos e se realizam as comparações com os resultados do ensaio de corte experimental para determinar o modelo que melhor se ajusta ao comportamento do material. Também é apresentada a análise dos resultados da variação paramétrica daqueles modelos que fizeram as melhores estimativas das forças.

As principais conclusões que representam a síntese do conhecimento adquirido durante a realização deste trabalho serão apresentadas no Capítulo 6, onde se encontram, também, sugestões para trabalhos futuros.

Por último, o Capítulo 7 apresenta as referências bibliográficas em que se baseou esta pesquisa.