

1 Introdução

A técnica de **Thermal Spallation Drilling**, ou perfuração por descamação (ou estilhaçamento) térmica, foi cogitada nos Estados Unidos, durante o fim dos anos 80 e início dos anos 90, como maneira de perfurar rochas duras e profundas (granitos), com vista a gerar energia geotérmica (Tester, *et al.*, 1994).

Nesta técnica de perfuração por descamação térmica, um jato supersônico a alta pressão e temperatura impacta e perfura blocos rochosos. O bocal de saída do queimador é mantido afastado da superfície da rocha, não havendo, portanto, desgaste da ferramenta. A Figura 1.1 (Wilkinson e Tester, 1993b) mostra um esquema ilustrativo do mecanismo de perfuração.

O **Estilhaçamento Térmico** pode ser definido como a fragmentação de uma superfície sólida em pequenos discos ou flocos chamados de escamas, devido ao rápido aquecimento de parte da superfície exposta da rocha. Este aquecimento rápido induz tensões térmicas de compressão devido à tendência da rocha a expandir-se quando a temperatura é elevada. A restrição a esta tendência é imposta pela existência da rocha fria circundante. Estas tensões causam a propagação de fissuras pré-existentes na rocha, fraturando assim a superfície em pequenas escamas.

A descamação da rocha induzida pelas tensões térmicas pode ser usada para se obter taxas de perfuração elevadas em rochas duras. O jato supersônico oriundo de um processo de combustão é usado para induzir estas tensões térmicas.

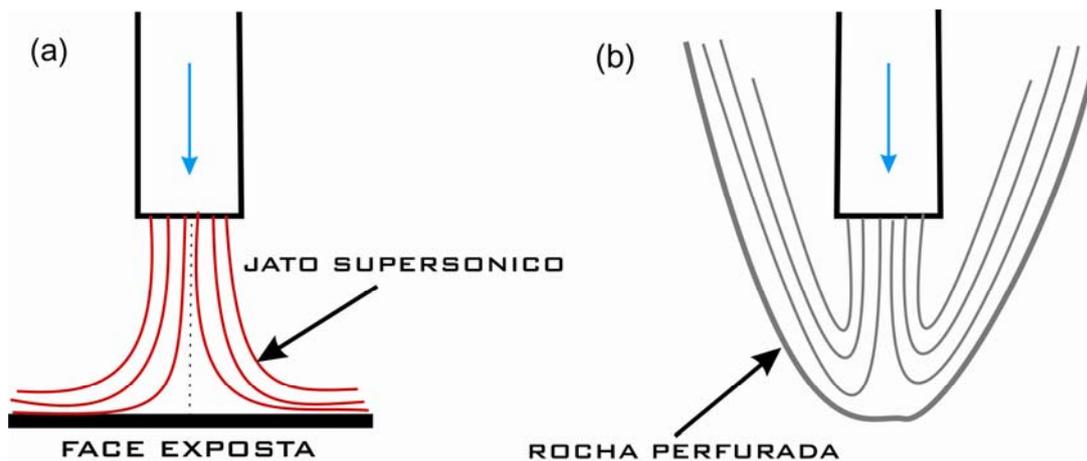


Figura 1.1: Esquema do processo de descamação térmica (Wilkinson e Tester, 1993b).

A necessidade de desenvolver um método de perfuração mais barato e confiável de perfurar rochas duras foi gerada devido ao interesse recente em extrair a energia geotérmica em rochas secas quentes (**HDR** – “*Hot Dry Rock*”) em formação.

A quantidade de energia que pode ser extraída de **HDR** é limitada pela segunda Lei da Termodinâmica. Uma vez que as temperaturas geotérmicas aumentam linearmente com a profundidade, poços mais profundos resultam em um maior potencial para geração de energia. Um bom **HDR** típico teria de 3 - 8 km de profundidade e ocorreria em rochas graníticas subterrâneas. Assim, qualquer tecnologia capaz de reduzir substancialmente os custos associados à perfuração de rochas duras, aumentaria o número de locais praticáveis para o uso de HDR e beneficiaria sua utilização como uma fonte de energia. Por isso, o custo de perfuração é um fator principal a ser considerado durante a avaliação econômica das atividades de exploração desta fonte de energia.

Efetivamente, a Figura 1.2 (Wilkinson e Tester 1993) mostra que, no caso de uma rocha dura a técnica de perfuração por estilhaçamento térmico apresenta custos mais baixos que os da perfuração convencional para profundidades superiores a 6 km; pois, na perfuração convencional, os custos aumentam exponencialmente com a profundidade. Porém na técnica de perfuração por descamação térmica, a qual não requer a troca freqüente da sonda de perfuração, os custos de perfuração variam linearmente com a profundidade escavada e são substancialmente mais baixos para grandes profundidades.

Além disto, foi demonstrado que, com esta técnica de perfuração, foram obtidas taxas de penetração de até 10 metros por hora em granitos aflorantes (Wilkinson e Tester, 1993a). Neste estudo, o diâmetro dos furos escavados é cerca de dez a vinte vezes maior do que o diâmetro de saída do queimador.

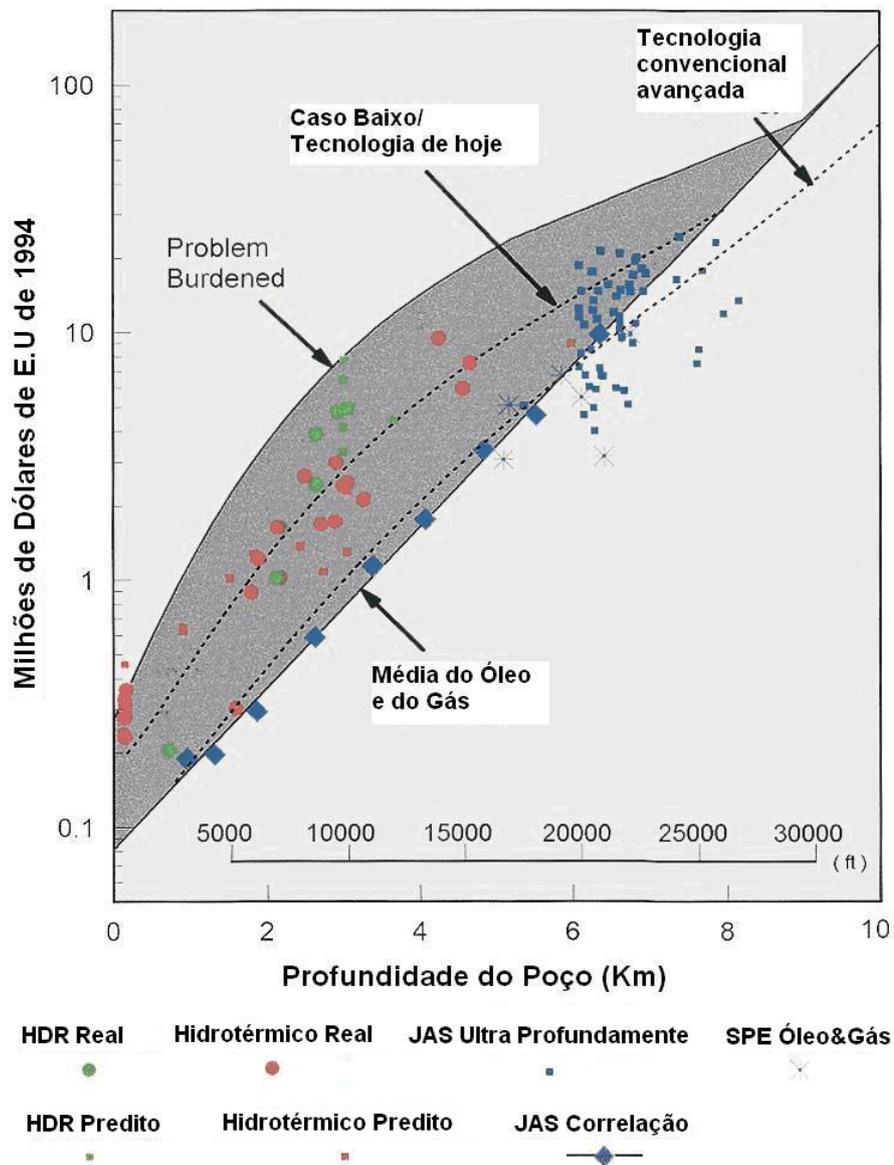


Figura 1.2: Profundidade de Perfuração Vs. Custos. (Wilkinson e Tester 1993).

Não se conhece aplicação desta técnica à prospecção de óleo e gás.

O processo de perfuração por descamação térmica envolve diversos mecanismos aerodinâmicos, termodinâmicos e relativos ao comportamento de rochas que são, isoladamente, fenômenos abertos. Neste estudo uma parte

destes mecanismos será levada em conta para a modelagem do processo de perfuração. A fim de caracterizar a importância dos diferentes parâmetros influenciando a taxa de penetração na rocha e a geometria do furo, um modelo foi implementado neste trabalho, o qual envolve um tratamento detalhado dos transportes turbulentos de energia, de massa, e de quantidade de movimento.

1.1. Objetivo do Trabalho

O presente trabalho tem como objetivo principal desenvolver um estudo numérico da interação entre um jato supersônico e uma superfície plana, configuração básica envolvida na técnica de perfuração por descamação térmica. Este tipo de técnica pode vir a ser utilizada na perfuração de rochas duras, de interesse da indústria do petróleo caso sua viabilidade econômica seja estabelecida. Este estudo foi realizado utilizando, para a descrição do transporte turbulento, o modelo de uma equação de Spalart e Allmaras (1994, 2003). Este modelo tem sido empregado com sucesso para o cálculo de escoamentos compressíveis nos quais deslocamentos de camada limite estão presentes.

No decorrer do trabalho, são estudadas a influência da distância do jato à superfície da parede sobre o diâmetro do furo perfurado. Assim é possível determinar a melhor distância na qual deve ser colocada a sonda de perfuração. Para este fim, foi necessário determinar o campo de velocidade, pressão e temperatura no escoamento, com ênfase nos possíveis regimes em que a ressonância aerodinâmica ocorre.

1.2. Organização do Trabalho

O texto do trabalho está apresentado em cinco capítulos, além de um apêndice. O capítulo 2 descreve conceitos gerais sobre as técnicas de perfuração, e apresenta a revisão bibliográfica destas técnicas de perfuração e dos estudos relativos ao estilhaçamento térmico de rochas.

No capítulo 3 é descrita a formulação matemática utilizada para a determinação do campo de velocidades incluindo o modelo de turbulência de Spalart Allmaras (1994, 2003), a modelagem do campo de temperatura e da pressão. Além disso, são apresentadas as condições de contorno utilizadas, a configuração geométrica do modelo e também o procedimento de solução das equações.

O capítulo 4 descreve o método numérico de desenvolvimento do problema utilizadas nas simulações computacionais do escoamento.

No capítulo 5 são apresentados os resultados obtidos neste trabalho.

No capítulo 6 apresentam-se as conclusões e recomendações futuras.