

# 1

## Introdução

### 1.1

#### Contexto Geral

Ao longo dos milhares de anos que separam o homem primitivo do homem moderno, sucedeu-se uma infinidade de criações e descobertas que sempre tiveram o mesmo propósito, tornar mais fácil a adaptação e, conseqüentemente, a sobrevivência do homem em um ambiente muitas vezes repleto de adversidades. No longo intervalo de tempo entre a descoberta do fogo e a invenção do computador moderno, uma infinidade de métodos e instrumentos foram criados e desenvolvidos para facilitar a interação do homem com o mundo que o cerca. Grande parte dessas criações só foi possível depois que o homem desenvolveu a capacidade de explorar e beneficiar os recursos que a natureza lhe oferece. Apenas para exemplificar, os instrumentos de caça da antiguidade passaram a ser bem mais eficientes depois que o homem primitivo aprendeu a forjar o ferro. Do mesmo modo, o computador moderno só se tornou uma realidade graças ao surgimento de componentes eletrônicos feitos a partir do silício.

Dentre as inúmeras transformações e avanços aos quais a humanidade vem sendo submetida, muitos estão intimamente ligados à descoberta do petróleo. Segundo [1], apesar de haver registros da utilização do petróleo na antiguidade, a sua exploração comercial só começou em 1859, nos Estados Unidos, quando foi descoberto na Pensilvânia após a perfuração de um poço de apenas 21 m de profundidade. Em seguida, descobriu-se que a destilação do petróleo produzia derivados que poderiam substituir, com uma lucratividade bastante atraente, várias formas de energia empregadas na época como, por exemplo, o óleo de baleia usado para iluminação. Com a invenção do motor a combustão, num período que recebeu o título de Segunda Revolução Industrial, o petróleo se estabeleceu definitivamente como a mais importante matriz energética do mundo. Além de combustíveis como gasolina, diesel e gás, a partir do processo de destilação do petróleo foi possível obter vários subprodutos que possibilitaram o desenvolvimento da indústria petroquímica. Hoje a petroquímica emprega esses derivados do petróleo na fabricação de

uma infinidade de produtos que fazem parte do cotidiano do homem moderno, como: plásticos, borrachas sintéticas, tintas, solventes, corantes, asfalto, adesivos, detergentes, explosivos, óleos lubrificantes, cosméticos, medicamentos, fertilizantes, defensivos agrícolas, etc. Portanto, não há dúvidas a respeito da dependência que existe entre a sociedade moderna e o petróleo, e seria muito difícil imaginá-la sem a existência desse recurso natural.

## 1.2 Motivações

Conforme mencionado, o petróleo é a fonte de energia mais importante no mundo contemporâneo e deve continuar sustentando este *status* por muito tempo. Atualmente, muito se sabe sobre os efeitos nocivos ao meio ambiente que são provocados pela queima de combustíveis vindos do petróleo. Por isso, no mundo todo, cientistas de vários centros de pesquisas e universidades se dedicam à tarefa de encontrar novas fontes de energia que sejam renováveis, mais baratas e menos agressivas ao meio ambiente. A indústria automobilística também vem tentando dar a sua parcela de colaboração para reduzir as emissões de gases poluentes. No último Salão do Automóvel de São Paulo, realizado no mês de outubro de 2010, as principais montadoras exibiram seus modelos movidos a eletricidade que em breve estarão disponíveis no mercado. Todas essas iniciativas são extremamente bem vindas e devem ser incentivadas, porém, infelizmente ainda se encontram em um estágio embrionário de desenvolvimento. Assim, muito ainda precisa ser feito para que, no futuro, tenha-se à disposição da sociedade fontes de energia que substituam a energia proveniente dos combustíveis fósseis.

Enquanto não se encontra um substituto adequado, é imperativo que se continue investindo no melhoramento e no desenvolvimento de métodos e tecnologias que possibilitem a exploração, a produção, o transporte e o beneficiamento do petróleo a custos aceitáveis. Especialmente no Brasil, onde exploram-se reservatórios a profundidades cada vez maiores, há uma enorme demanda por tecnologias que viabilizem a execução de todos esses processos, tanto em termos econômicos quanto em termos práticos. Vale ressaltar que, além dos benefícios proporcionados para a exploração de novas reservas, algumas vezes essas novas tecnologias permitem também a retomada da exploração de reservas que já atingiram a condição de abandono. A busca por esses avanços, principalmente no que diz respeito à exploração e produção de petróleo, é a principal motivação para a realização deste trabalho. Não menos importantes, os desafios suscitados por uma pesquisa com apelo prático também constituem um fator motivacional para a realização do trabalho.

### 1.3 Objetivos

Os processos aos quais o petróleo é submetido, desde a sua descoberta até a sua transformação em produtos de consumo, são extremamente complexos e só atingiram o nível de sofisticação atual graças à união de esforços de áreas do conhecimento como Geologia, Química, Engenharia e Computação. Como acontece nas ciências em geral, à medida que a ciência do petróleo veio se desenvolvendo, surgiu naturalmente a necessidade de criação de diversos ramos de concentração, de forma que cada um desses ramos passou a se dedicar ao cumprimento de etapas específicas dentro da atividade petrolífera. Um desses ramos é denominado Engenharia de Reservatórios que, dentre outras atribuições, é responsável por analisar as características de uma reserva petrolífera e apresentar métodos apropriados que permitam maximizar a recuperação de fluidos, como óleo e gás, de dentro dessa reserva.

O estudo das características de um reservatório é fundamental para a criação de modelos de simulação que retratem, com a maior fidelidade possível, a realidade desse reservatório. A disponibilidade de um modelo de simulação cujos parâmetros estejam devidamente ajustados é fundamental para que se façam previsões acertadas acerca da produção do reservatório. Esse tipo de informação é de extrema importância e a sua qualidade é determinante para a tomada de decisões gerenciais. Porém, mesmo com a evolução dos métodos de aquisição de dados geológicos, a quantidade e a qualidade desses dados obtidos ainda não são suficientes para representar e reproduzir perfeitamente o comportamento de um reservatório. Por isso, ao longo da vida produtiva do reservatório, seus dados de produção observados são utilizados como subsídio para efetuar ajustes no modelo de simulação. Esse procedimento recebe o nome de ajuste de histórico e sua principal finalidade é reduzir as incertezas de previsão de produção apresentadas pelo modelo. Assim, ao ser simulado, espera-se que o modelo reproduza, com uma fidelidade aceitável, os dados de produção reais do reservatório.

Contudo, a obtenção de um modelo adequadamente ajustado consiste em um problema de otimização que envolve uma quantidade enorme de variáveis. A escolha dos parâmetros a serem modificados, bem como a determinação de seus valores, não são tarefas triviais. Além disso, segundo [2], uma boa aproximação para os dados de produção não necessariamente significa uma boa estimativa para os parâmetros do reservatório, o que pode levar a previsões de produção ruins e comprometer as decisões tomadas pelo especialista. Na verdade é possível encontrar vários modelos ajustados à produção, mas com configurações de parâmetros bastante diferentes.

Portanto, além do número de parâmetros envolvidos no processo de ajuste, as modificações a serem realizadas nesses parâmetros devem ser criteriosas para que não sejam gerados modelos geologicamente inconsistentes. Assim, os objetivos do trabalho consistem em propor, implementar e avaliar um modelo de otimização que seja capaz de ajustar, de forma eficiente, determinados parâmetros em um modelo de simulação de reservatório, a fim de que esse modelo se torne confiável para efetuar previsões de produção. O modelo de otimização deve ainda ser de caráter geral, ou seja, deve poder ser aplicado à otimização de qualquer propriedade do reservatório que, porventura, seja importante para o ajuste adequado do modelo de simulação. A solução proposta consiste em um modelo computacional híbrido, que combina os benefícios das técnicas de Algoritmos Genéticos e de Geoestatística de Múltiplos Pontos, a fim de obter um modelo de reservatório que, além de ajustar satisfatoriamente as curvas de produção, também seja geologicamente consistente.

#### 1.4

#### **Organização do Trabalho**

Este trabalho está dividido em 7 capítulos, sendo que o Capítulo 2 traz algumas noções sobre Engenharia de Reservatórios. São apresentadas as condições exigidas para a formação de um reservatório, os dados necessários para a sua caracterização, bem como as formas de estimar os volumes de fluidos no seu interior.

No Capítulo 3, o problema do ajuste de histórico é formalmente definido e classificado. Além disso, é apresentada uma revisão bibliográfica apontando diversas abordagens que já foram adotadas na tentativa de prover soluções para o problema.

No Capítulo 4 são apresentados alguns conceitos básicos sobre Geoestatística e Inteligência Computacional, que são úteis para o entendimento do modelo de solução. Os conceitos sobre Geoestatística abrangem a Geoestatística convencional, os métodos de simulação sequencial e a Geoestatística de Múltiplos Pontos. No caso da Inteligência Computacional os conceitos abrangem, superficialmente, as Redes Neurais e a Lógica Nebulosa e, mais detalhadamente os Algoritmos Genéticos.

No Capítulo 5 é apresentado o modelo de solução proposto para o problema do ajuste de histórico. A descrição do modelo traz todos os detalhes de como foi efetuada a integração entre a Geoestatística Multiponto e os Algoritmos Genéticos. São apresentados os modos de representação da solução e de geração da população inicial, e também os operadores genéticos e a função objetivo específicos para o problema de interesse. Em seguida, são feitas

algumas observações a respeito do modelo proposto e apresentados os detalhes de sua implementação.

O Capítulo 6 é dedicado à avaliação do modelo de solução proposto. Para isso, o modelo é aplicado a dois casos de estudo, sendo o primeiro um modelo de reservatório sintético e o segundo um modelo baseado em um reservatório real. Os resultados obtidos em ambos os casos são devidamente apresentados e discutidos.

Finalmente, no Capítulo 7 são apresentadas as conclusões sobre o trabalho e também algumas sugestões para a continuidade da pesquisa, visando ao aprimoramento do modelo de solução proposto.