

1 Introdução

1.1 Contexto Geral

O petróleo, uma das mais importantes fontes de energia do mundo, começou a ser explorado e comercializado por volta do século XIX, através das indústrias petrolíferas. Em agosto de 1859 o norte-americano Edwin Laurentine Drake perfurou o primeiro poço nos Estados Unidos para a procura do petróleo (a uma profundidade de 21 metros), no estado da Pensilvânia (Thomas, 2001).

Com os avanços tecnológicos, foram criadas inúmeras técnicas de exploração e produção, e ao longo do tempo, o petróleo foi se impondo como fonte de energia. Hoje, com o advento da petroquímica, além da grande utilização dos seus derivados, centenas de novos compostos são produzidos, muitos deles diariamente utilizados, como plásticos, borrachas sintéticas, tintas, corantes, produtos farmacêuticos, cosméticos, etc. Com isso, o petróleo, além de produzir combustível, passou a ser imprescindível às facilidades e comodidades da vida moderna.

A construção de poços é uma das atividades mais importantes da indústria de petróleo e cabe à Engenharia de Poços a tarefa de perfurar, testar e equipar os poços para que esses atendam aos requisitos de exploração e produção (Thomas, 2001). Uma tarefa inicial é desenvolver uma estratégia para alcançar a produção da maior quantidade possível de hidrocarbonetos dentro dos limites físicos e econômicos existentes.

Para tal, é desenvolvido o projeto de exploração, responsável por identificar uma configuração capaz de explorar ao máximo o reservatório. Esta configuração considera a quantidade, a orientação, o tipo e a localização dos poços, respeitando as restrições impostas pelo problema. A avaliação de uma configuração é dada pelo seu valor presente líquido (VPL), que é definido como o valor presente do projeto descontados os custos de desenvolvimento. O projeto de desenvolvimento também engloba certas atividades como, por exemplo, a tomada de decisões em relação à configuração do sistema de produção, que tem as plataformas como itens fundamentais, pois impactam diretamente os custos de desenvolvimento e, conseqüentemente, o VPL.

1.2 Motivações

Um dos problemas mais comuns da Engenharia de Petróleo é a busca por técnicas mais eficientes para aumentar a recuperação de óleo em reservatórios de petróleo (Costa et al., 2003). Uma das dificuldades enfrentadas é a elaboração do projeto de desenvolvimento, cujas decisões envolvidas são de grande importância para o desenvolvimento de um campo de petróleo, pois envolvem um alto investimento e influenciam no comportamento do reservatório anos à frente.

Frequentemente, a solução operacional para o problema de implantação de um projeto de desenvolvimento em um campo de petróleo não é ótima, mas apenas uma solução viável que satisfaz as restrições operacionais em um momento específico. (Emerick et al., 2009). Isso se deve às complexidades inerentes à tarefa de alocação de poços em um campo de petróleo, uma vez que envolve um grande número de variáveis como, por exemplo, a quantidade de poços a perfurar, os tipos de poços, a localização dos poços entre outras variáveis, tornando o espaço de busca do problema consideravelmente grande.

Outro desafio por trás do projeto exploratório é a alocação da(s) plataforma(s) de produção de forma a minimizar os custos de investimento e maximizar o VPL do projeto. Dentre as características da(s) plataforma(s) que devem ser consideradas, está o tipo de completação. Na completação molhada, onde a árvore de natal está situada no leito marinho, os poços podem ser arranjados de maneira mais abrangente em relação à plataforma, pois possuem *flowlines* (linhas de produção que permitem a passagem de fluidos). Porém, na completação seca, a árvore de natal está situada na plataforma e os poços dependem da sua localização, pois geralmente possuem *risers* (tubos rígidos que fazem a ligação entre os poços no fundo do mar e a plataforma na superfície) invés de *flowlines*.

Cada configuração de poços dependerá diretamente da localização da plataforma quando se trata de poços com completação seca, devido às restrições envolvidas, tais como, o tamanho máximo dos poços, a localização do ponto inicial do poço dentro do reservatório, o ângulo de curvatura dos poços, a quantidade máxima de poços, a distância mínima entre eles, entre outras.

Percebe-se então que a decisão de alocação de poços e plataformas em um campo de petróleo é uma tarefa complexa, que envolve uma série de variáveis e restrições com um espaço de busca relativamente grande. Dessa forma, a

disponibilidade de uma ferramenta computacional que auxilie o especialista na tomada dessas decisões pode ser de grande valia.

Para problemas dessa natureza, as técnicas de computação evolucionária têm se mostrado bastante apropriadas, como pode ser observado em (Costa et al., 2003), (Mezzomo, 2001), (Naveira, 2007) e (Klein, 2002). Dentre as técnicas de computação evolucionária, os Algoritmos Genéticos são um método utilizado para a solução de problemas de otimização complexos, que envolvem espaços de busca muito grandes e restrições que dificultam a obtenção de soluções viáveis. Problemas desse tipo, geralmente, são de difícil modelagem matemática e isso dificulta a obtenção de soluções satisfatórias por meio de métodos de otimização convencional.

Contudo, a principal motivação de se utilizar Algoritmos Genéticos para resolver um problema de otimização, é que este não exige a modelagem matemática explícita do problema. É preciso apenas estabelecer uma forma de representar uma potencial solução e definir uma função de avaliação que seja capaz de quantificar a qualidade de uma solução e, conseqüentemente, guiar o processo de otimização em busca de soluções cada vez melhores.

1.3 Objetivos

O desenvolvimento de um projeto de desenvolvimento de petróleo em um determinado reservatório não é trivial. O especialista deve, principalmente, determinar onde alocar a plataforma e onde perfurar os poços de maneira a maximizar o valor do campo. Entretanto, devido às complexidades inerentes, a configuração definida pelo especialista nem sempre é a melhor, além de demandar uma grande carga de trabalho.

Diante disso, o objetivo deste trabalho é propor, implementar e avaliar um modelo computacional, baseado em Algoritmos Genéticos, que seja capaz de otimizar uma configuração de poços juntamente com a plataforma em um reservatório, considerando, especificamente, poços com completação seca. Essa configuração deverá considerar a quantidade, a trajetória, o tipo e a localização dos poços combinados a localização da plataforma. Além disso, qualquer configuração gerada pelo modelo de solução deverá respeitar todas as restrições impostas pelo problema, como a distância mínima entre os poços, tamanho máximo dos poços, quantidade máxima de poços, posição inicial dos poços, ângulo de curvatura dos poços, entre outras.

Nesse contexto, o modelo de solução proposto busca auxiliar o profissional na tomada de decisão de onde alocar os poços e a plataforma, levando em consideração as restrições impostas pelo problema, e ainda maximizando o VPL do projeto. Os parâmetros de restrição, de VPL e de evolução são parâmetros de entrada e podem ser definidos pelo usuário.

1.4 Contribuições

A principal contribuição deste trabalho é estender as funções de um sistema já existente, denominado OCTOPUS. Este sistema foi desenvolvido durante o projeto PD-1908 – Análise Econômica de Projetos de E&P sob Incerteza em Campos Inteligentes – do PRAVAP 25. Esse foi um projeto desenvolvido em parceria com o Laboratório de Inteligência Computacional – ICA da PUC-Rio, onde um dos tópicos era o desenvolvimento do sistema de otimização de planos de drenagem. O sistema OCTOPUS atual se encarrega da otimização da localização dos poços considerando apenas o modo de completação molhada. Nesse caso, o sistema não impõe restrições sobre o posicionamento do ponto inicial dos poços, ou seja, considera-se que a cabeça de um poço pode ser livremente instalada em qualquer ponto do leito marinho.

O modelo de solução proposto permite, através de técnicas computacionais, a otimização da localização de poços com completação seca. Dessa forma, o sistema deve passar a respeitar restrições sobre a localização dos pontos iniciais dos poços a serem distribuídos pelo reservatório. O ponto inicial de um poço deve estar alinhado com a cabeça do poço que, por sua vez, depende da posição da plataforma. Além disso, o novo modelo é capaz de otimizar a localização dos poços e da plataforma simultaneamente, obtendo uma configuração válida em relação às restrições impostas pelo problema que maximize o VPL do projeto.

O sistema desenvolvido permite ainda, a utilização de conhecimento prévio, ou seja, é possível se aproveitar configurações conhecidas e evoluir a partir delas, como uma *semente inicial*. Essa configuração também é muito importante quando o custo computacional é alto, pois, além de possibilitar a adição do conhecimento do especialista, permite iniciar novos experimentos a partir de resultados obtidos em experimentos anteriores, favorecendo encontrar melhores soluções.

1.5 Organização do Texto

Este trabalho está dividido em seis capítulos, onde:

O Capítulo 2 descreve brevemente o plano de desenvolvimento para campos de petróleo e aborda as diferenças entre os tipos de completção.

O Capítulo 3 trata dos conceitos e fundamentações dos métodos de otimização, bem como da metodologia utilizada.

O Capítulo 4 descreve o modelo de solução proposto, assim como os parâmetros utilizados e as restrições impostas pelo problema.

O Capítulo 5 aborda os testes realizados e as análises dos resultados obtidos.

Por fim, o Capítulo 6 conclui o trabalho e apresenta sugestões para trabalhos futuros.