



Bianca Gonçalves Mendes

**Otimização da Localização de Poços de Petróleo com
Completação Seca Utilizando Algoritmos Genéticos**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica da PUC-Rio.

Orientador: Marco Aurélio Cavalcanti Pacheco
Co-Orientador: Eugênio da Silva

Rio de Janeiro

Abril de 2013



Bianca Gonçalves Mendes

**Otimização da Localização de Poços de Petróleo com
Completação Seca Utilizando Algoritmos Genéticos**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Marco Aurélio Cavalcanti Pacheco

Orientador

Departamento de Engenharia Elétrica – PUC-Rio

Prof. Eugênio da Silva

Co-Orientador

UEZO

Prof. Ricardo de Melo e Silva Accioly

UERJ

Prof. Alexandre Anozé Emerick

Petróleo Brasileiro

Ricardo Cunha Mattos Portella

Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguêz de Mello

Marco Antonio Guimaraes Dias

Petróleo Brasileiro

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador Setorial do Centro

Técnico Científico

Rio de Janeiro, 12 de abril de 2013

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

Bianca Gonçalves Mendes

Graduou-se em Estatística na UERJ (Universidade do Estado do Rio de Janeiro) em 2010. Desenvolveu junto com seus orientadores projetos de pesquisa sobre a aplicação de métodos de Inteligência Computacional para a tomada de decisões na área de Exploração e Produção (E&P) de Petróleo.

Mendes, Bianca Gonçalves

Otimização da localização de poços de petróleo com completção seca utilizando algoritmos genéricos / Bianca Gonçalves Mendes ; orientador: Marco Aurélio Cavalcanti Pacheco ; co-orientador: Eugênio da Silva. – 2013.

106 f. : il. (color.) ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Elétrica, 2013.

Inclui bibliografia

1. Engenharia elétrica – Teses. 2. Otimização. 3. Algoritmos genéticos. 4. Completção seca. 5. Localização de poços. 6. Localização da plataforma. I. Pacheco, Marco Aurélio Cavalcanti. II. Silva, Eugênio da. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Elétrica. IV. Título.

CDD: 621.3

É com amor e carinho que dedico este
trabalho aos meus pais, Nilza e Ruy,
que me ensinaram a viver a vida com
dignidade e guiaram meus caminhos
com muito afeto e dedicação.

Agradecimentos

A minha sincera gratidão vai a todos que contribuíram de forma direta e indireta para que eu completasse com êxito mais esta etapa da minha vida. Primeiramente, a Deus, pela saúde, sabedoria e força; ao meu irmão, Renato Alonso e ao meu tio, Cláudio Alonso, pelo carinho, apoio e incentivo ao longo da minha vida profissional; a toda minha família e amigos, pelo carinho e por compreender os momentos de minha ausência.

Ao meu orientador, Marco Aurélio Pacheco (PhD) pela oportunidade de poder fazer parte da equipe do Laboratório de Inteligência Computacional Aplicada (ICA), onde pude expandir meus conhecimentos e só assim, concluir este trabalho com êxito.

Ao meu co-orientador, Eugênio Silva (D.Sc) pela extrema competência, dedicação e paciência.

Aos amigos, Ana Carolina Alves Abreu (M.Sc.) e Rafael Lima de Oliveira por suas valiosas contribuições e importantes dicas, que foram cruciais no desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos Nicholas Ribeiro, Adriano Koshiyama e Ian Herzterg, que de alguma forma me ajudaram e contribuíram para a realização deste trabalho.

À CAPES e à PUC-Rio, pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

Aos professores do Departamento de Engenharia Elétrica (DEE), pela dedicação e os importantes conhecimentos que me proporcionaram. Em geral, agradeço a todos os meus colegas do ICA e da PUC-Rio pela prontidão e apoio nestes anos de convivência. Enfim, agradeço a todas as pessoas que contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Resumo

Mendes, Bianca Gonçalves; Pacheco, Marco Aurélio C.; Silva, Eugênio da. **Otimização da Localização de Poços de Petróleo com Completação Seca Utilizando Algoritmos Genéticos**. Rio de Janeiro, 2013. 106p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Uma das tarefas mais importantes da Engenharia de Reservatórios é definir a estratégia de produção. Isso significa estabelecer, dentre outras coisas, a configuração (quantidade, orientação, localização e tipo) e o planejamento operacional dos poços, bem como a localização da(s) plataforma(s) de produção. Assim, a definição da melhor estratégia de produção representa um problema de otimização complexo, devido ao grande número de variáveis a serem consideradas. Geralmente, todas essas etapas são executadas manualmente, demandando muito tempo e esforço por parte do especialista. A disponibilidade de uma ferramenta computacional, que possa auxiliá-lo nessa tarefa, pode ser de grande utilidade, tanto para a obtenção de respostas mais rápidas, quanto para a tomada de decisões mais acertadas. Diante disso, este trabalho propõe um modelo computacional, baseado em Algoritmos Genéticos, para otimizar a configuração dos poços juntamente com a localização de uma plataforma considerando, especificamente, poços com completção seca. A modelagem proposta considera ainda restrições técnicas e operacionais impostas pelo problema. O objetivo do processo de otimização é maximizar o valor presente líquido (VPL) do projeto, buscando soluções que aumentem o fator de recuperação do reservatório e diminuam seus custos operacionais. Para avaliar o desempenho do modelo proposto foram estudados três modelos de reservatórios, dois sintéticos e um baseado em um caso real. No modelo baseado em um caso real o resultado obtido apresentou um VPL superior a 51% em relação ao caso base gerado por um especialista.

Palavras-chave

Otimização; Algoritmos Genéticos; Completação Seca; Localização de Poços; Localização da Plataforma

Abstract

Mendes, Bianca Gonçalves; Pacheco, Marco Aurélio C. (Advisor); Silva, Eugênio da (Co advisor). **Optimization of Dry Completion Wells Location Based on Genetic Algorithms**. Rio de Janeiro, 2013. 106p. MSc. Dissertation - Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

One of the most important tasks of Reservoir Engineering is setting the production strategy. This means establish, among other things, the setting (quantity, orientation, location and trajectory) and the operating plan of the wells, and the location(s) of platform(s) production. Thus, the definition of the best production strategy represents a complex optimization problem due to the large number of variables to be considered. Generally, all these steps are performed manually, requiring much time and effort by the specialist. The availability of a computational tool that can assist you in this task can be very useful, both to obtain faster responses, and for making better decisions. Thus, this work proposes a computational model based on Genetic Algorithms, to optimize the configuration of the wells along with the location of a platform with specific wells with dry completion. The proposed model also considers technical and operational constraints imposed by the problem. The goal of the optimization process is to maximize the net present value (NPV) of the project, seeking solutions that increase the recovery factor of the reservoir and reduce its operating costs. To evaluate the performance of the proposed model was studied in three models reservoirs, two synthetic and one based on an real case. In the model based on a real case the result obtained showed an NPV greater than 51% compared to the base case generated by a specialist.

Keywords

Optimization, Genetic Algorithms; Dry Completion; Location of Wells; Location of Platform

Sumário

1 Introdução	11
1.1 Contexto Geral	11
1.2 Motivações	12
1.3 Objetivos	13
1.4 Contribuições	14
1.5 Organização do Texto	15
2 Gerenciamento do Campo de Petróleo	16
2.1 Plano de Desenvolvimento para Campos de Petróleo	16
2.1.1 Perfuração	16
2.1.1.1 Reservatórios de Petróleo	16
2.1.1.2 Modelagem e Simulação	19
2.1.1.3 Poços de Petróleo	20
2.1.2 Completação	24
2.1.3 Produção	27
2.1.3.1 Tipos de Plataformas	27
2.1.3.2 Produção de Petróleo	31
2.2 Trabalhos Relacionados	33
3 Métodos de Otimização	37
3.1 Técnicas de Inteligência Computacional	37
3.2 Algoritmos Genéticos	37
3.2.1 Estrutura Básica de um Algoritmo Genético	39
3.2.2 Representação ou Codificação	40
3.2.3 Decodificação	41
3.2.4 Geração da População Inicial	41
3.2.5 Avaliação da População	41
3.2.6 Seleção dos Indivíduos	42
3.2.7 Operadores Genéticos	43
3.2.8 Parâmetros da Evolução	44

3.3 Tratamento de Restrições	45
3.3.1 GENOCOP III	46
4 Modelo de Solução	49
4.1 Módulo Otimizador	50
4.1.1 Representação	50
4.1.2 Decodificação	51
4.1.3 Geração da População Inicial	52
4.1.4 Operadores Genéticos	53
4.1.4.1 Mutação	53
4.1.4.2 Cruzamento	54
4.1.5 Restrições	56
4.1.5.1 Limites da Malha	56
4.1.5.2 Número Máximo de Poços	57
4.1.5.3 Comprimento Máximo dos Poços	58
4.1.5.4 Distância Mínima entre os Poços	58
4.1.5.5 Ponto Inicial do Poço dentro do Reservatório	59
4.1.5.6 Ângulo de Curvatura do Poço	59
4.2 Módulo Simulador	61
4.3 Módulo Avaliador	61
5 Estudo de Casos	65
5.1 Modelo de Reservatório Sintético Homogêneo	65
5.1.1 Teste-1	70
5.1.2 Teste-2	73
5.1.3 Teste-3	76
5.1.4 Teste-4	77
5.1.5 Teste-5	80
5.2 Modelo de Reservatório Sintético Heterogêneo	83
5.2.1 Teste-1	85
5.3 Modelo de Reservatório Real	86
5.3.1 Teste-1	91
5.3.2 Teste-2	94

5.3.3 Teste-3	96
5.3.4 Teste-4	98
6 Conclusão e Trabalhos Futuros	102
7 Referências Bibliográficas	105