



## APLICAÇÃO DO MÉTODO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS – AHP NA ESCOLHA DA TÉCNICA DE RECUPERAÇÃO DE POÇOS MADUROS NA BACIA POTIGUAR (RN/CE)

Almir Mariano de Sousa Junior<sup>1</sup>; Carlos Enrique de Medeiros Jeronimo<sup>2</sup>; Manoel Mariano Neto da Silva<sup>3</sup>; Adriano Almeida Ferreira<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural do Semi-Árido / Universidade Federal do Rio Grande do Norte – [almir.mariano@ufersa.edu.br](mailto:almir.mariano@ufersa.edu.br)

<sup>2</sup> Universidade Potiguar, Campus Natal – [c\\_enrique@hotmail.com](mailto:c_enrique@hotmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Campus Pau dos Ferros – [mariano.paiva@ufersa.edu.br](mailto:mariano.paiva@ufersa.edu.br)

<sup>4</sup> Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Campus Pau dos Ferros – [adriano.almeida@ufersa.edu.br](mailto:adriano.almeida@ufersa.edu.br)

### RESUMO

A Bacia Potiguar em 2013 era a terceira maior reserva de petróleo do país. Porém a produção está sofrendo declínios, o que se torna um fator preocupante visto que a atividade petrolífera é de grande importância para o desenvolvimento econômico e industrial. Neste contexto, o presente trabalho objetiva identificar as alternativas de recuperação secundária de um reservatório de hidrocarbonetos e os critérios de avaliação das alternativas na escolha da técnica, bem como escolher um método multicritério que represente de forma simplificada a escolha da técnica de recuperação secundária e aplicar a técnica em grupo de possíveis decisores para a avaliação do modelo. A pesquisa caracteriza-se como uma triangulação metodológica, inicialmente realizou-se uma revisão bibliográfica e buscou-se informações envolvendo as técnicas de recuperação secundária em reservatórios de petróleo para subsidiar na aplicação do método Analytic Hierarchy Process – AHP. Em seguida foi utilizada a ferramenta Google Docs, para a construção de questionários virtuais para serem aplicados há 1000 profissionais que possuem formação e/ou atuação no referido campo da atividade em estudo. A partir do processamento dos dados, montou-se a hierarquia de critérios para a escolha técnica dos métodos para a recuperação de poços. Os critérios foram comparados par a par a partir da análise multicritérios e por fim verificou-se que o método mais adequado seria a injeção de água. Com o método multicritério, construiu-se um modelo simplificado para a escolha da melhor técnica de recuperação de reservatório de petróleo, apresentando-se adequado de acordo com a verificação junto aos possíveis decisores.

**Palavras-chave:** Analytic Hierarchy Process – AHP, método multicritério, recuperação secundária.

### 1. INTRODUÇÃO

No final de 2010, segundo a Agência Nacional de Petróleo, as reservas totais de petróleo do Brasil foram contabilizadas em 28,5 bilhões de barris, um acréscimo de 34,7% em comparação a 2009, em parte devido à inclusão de reservas do

pré-sal. Já as reservas provadas aumentaram de forma significativa em 2013 e atingiram a marca de 16 bilhões de barris, volume que representou 50% das reservas totais.

Para Alboudwarej (2007), as estimativas do total de reservas de petróleo no mundo oscilam entre 9 e 13



trilhões de barris, incluindo óleos pesados, ultra pesados e o betume que, somados representam aproximadamente 70% dos recursos petrolíferos.

Das reservas provadas, 93,6% se localizavam em mar, com destaque para o Rio de Janeiro, que deteve 87,8% das reservas provadas offshore e 82,2% do total e 6,4% em terra.

Regionalmente, o Rio Grande do Norte conta com grandes reservas de petróleo pesado que ainda precisam ser produzidas. Em 2010, possuía a terceira maior reserva total de petróleo, com 333,9 milhões de barris em terra e 185,7 milhões de barris em mar e a terceira maior reserva provada de petróleo com 254,6 e 120,5 milhões de barris em terra e mar, respectivamente. Porém a produção da Bacia Potiguar está sofrendo declínios na produção, o que se torna um fator preocupante visto que a atividade petrolífera é de grande importância para o desenvolvimento econômico e industrial para o estado. Assim, verifica-se a necessidade de adotar métodos e tecnologias capazes de impulsionar a produção.

Neste contexto, cita-se os métodos de recuperação de poços, estes podem ser classificados como recuperação primária ou secundária. A recuperação primária é a etapa da produção onde a energia preexistente no reservatório é responsável pela movimentação do óleo para a superfície. Rosa, Carvalho e Xavier (2006) relatam que no início da vida produtiva, o reservatório possui energia para abastecer o poço, promovendo a elevação até a superfície e escoando horizontalmente até as facilidades de produção. O óleo é forçado para a superfície devido a forças naturais, como: expansão do óleo, expansão do gás; deslocamento pela migração de água naturalmente pressurizada de uma zona de comunicação; e escoamento de uma posição mais alta no reservatório para poços em posições mais baixas.

Já a recuperação secundária, é caracterizada principalmente pela injeção de fluidos (água e gás), um método exclusivamente mecânico, com a finalidade de empurrar ou deslocar o óleo para fora dos poros das rochas, sem que haja qualquer interação química ou termodinâmica entre o fluidos ou entre os fluidos e a rocha reservatório. O fluido injetado deve empurrar o óleo para fora dos poros da rocha, ocupando o espaço deixado.

Assim, é extremamente indiscutível o papel da tomada de decisão no cenário de recuperação de reservatório de hidrocarbonetos. A capacidade de resolver problemas é vista como fator gerador de resultados, desempenhada nas atividades profissionais e no sucesso de quem as executa. No tocante, inúmeras organizações baseiam-se em diversas formas para auxiliar nesse processo, tais como análise baseada na previsão de comportamento de reservatórios, análise de curva de declínio de produção, simulação de fluxo e estimativa de reserva.

Devido às constantes mudanças no setor petrolífero, motiva-se a aplicação de melhorias de processos de exploração e produção para descobrir e extrair maiores quantidades de hidrocarbonetos das formações geológicas (extrair mais significa aumentar o fator de recuperação), pois as tendências de exploração obrigam as empresas a adotarem técnicas padronizadas. Dentro dessa perspectiva, os indivíduos necessitam de um processo decisório que contemple os objetivos da empresa, as metas desejadas e as restrições apresentadas.

O que não difere na aplicabilidade, especificamente, na Engenharia de Reservatório, por mais que não existam pesquisas significativas, ou um processo decisório formal e padronizado entre diversas organizações. No entanto, Yu (2011) afirma que o conhecimento do profissional tomador de decisão é tratado



usualmente como habilidade isolada quando poderia ser acumulado como conhecimento da corporação. Para que a competência da organização estabeleça-se como um todo, é preciso pensar na reunião da soma das competências dos indivíduos, elementos técnicos e econômicos que a integram. Mas isso não é o bastante é necessário um processo formal de tomada de decisão.

Mediante a tais discussões, o presente trabalho tem por objetivo identificar as alternativas de recuperação secundária de um reservatório de hidrocarbonetos e os critérios de avaliação das alternativas na escolha da técnica, bem como escolher um método multicritério que represente de forma simplificada a escolha da técnica de recuperação secundária e aplicar a técnica em grupo de possíveis decisores para a avaliação do modelo.

## 2. METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se como uma abordagem combinada dos métodos quantitativos e qualitativos, ou triangulação metodológica. O conceito de triangulação está baseado na premissa de que qualquer viés inerente a um método, pesquisador e fonte de dados em particular poderia ser neutralizado quando usado em conjunto com outros métodos, pesquisadores e fontes de dados. (KICK apud CRESWELL, 1994).

Para tanto, inicialmente foi realizada uma abordagem teórica a partir da revisão bibliográfica acerca das temáticas relacionadas à indústria petrolífera nacional, métodos de recuperação, tomada de decisão e métodos multicritérios. Nesse âmbito, Vergara (2000) define esta etapa do estudo com uma sistematização desenvolvida com base em materiais publicados em livros, revistas, jornais e redes eletrônicas.

Posteriormente, buscou-se informações envolvendo as técnicas de recuperação secundária em reservatórios de petróleo para subsidiar na aplicação do método Analytic Hierarchy Process – AHP, para auxiliar na tomada de decisão em qual técnica será a mais adequada para recuperação de poços na região RN/CE.

Ressalta-se também a utilização da ferramenta Google Docs, especificamente para permitir a construção de questionários virtuais para serem aplicados ao banco de dados fornecido pelo Conselho de Engenharia composto por 1000 profissionais que possuem formação e/ou atuação no referido campo da atividade em estudo. Permitindo interação, dinamismo em tempo real e intercâmbio de ideias.

De posse dos tratamentos estatísticos da pesquisa, após discussões, foi aplicado o método Analytic Hierarchy Process – AHP para modelar a melhor proposta de auxílio para tomada de decisão em cenários que necessitaram da escolha adequada da melhor técnica de recuperação secundária a adotar.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O decisor deve efetuar a estruturação do problema, combinando os critérios segundo os diversos níveis hierárquicos necessários, para que se obtenha uma fiel representação do problema. Dessa forma, determinam-se as alternativas do problema, que serão analisadas em cada critério do nível hierárquico mais baixo.

A estruturação do problema deve ser feita de tal forma que os critérios aplicados em cada nível devem ser homogêneos e não redundantes. A Figura 01 apresenta a estrutura hierárquica dos critérios:

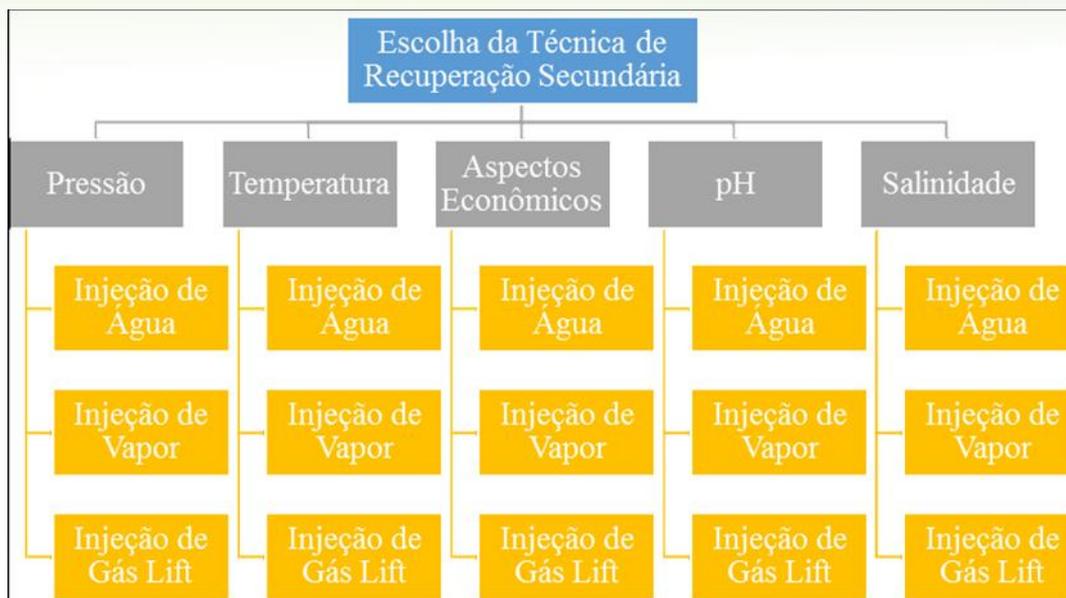


Figura 01: Estrutura Hierárquica dos critérios

Fonte: Autores, 2015

Depois de construir a hierarquia, cada decisor deve fazer uma comparação, par a par, de cada elemento em um nível hierárquico dado, criando-se uma matriz de decisão quadrada. Nessa matriz, o decisor representará, a partir de uma escala predefinida, sua preferência entre os elementos comparados, sob o enfoque do nível imediatamente superior.

A segunda etapa consiste em estabelecer prioridades entre os elementos para cada nível da hierarquia, por meio de uma matriz de comparação.

O primeiro ponto a ser considerado é a determinação de uma escala de valores para comparação, que não deve exceder um total de nove fatores, a fim de se manter a matriz consistente. Assim, usou a Escala Fundamental definida por Saaty.

A comparação par a par das alternativas é utilizada realizando uma escala linear própria, que varia de 1 a 9, a qual está descrita na Tabela 01, e é denominada por Escala Fundamental de Saaty:

Tabela 01: Escala Fundamental de Saaty

<b>Valor</b>	<b>Definição</b>	<b>Explicação</b>
1	Igual importância	Contribuição idêntica
3	Fraca importância	Julgamento levemente superior
5	Forte importância	Julgamento fortemente a favor
7	Muito forte importância	Dominância reconhecida
9	Importância absoluta	Dominância comprovada
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Dúvida

Fonte: Saaty, 2002. Adaptada pelos Autores

Dessa maneira foi gerada uma matriz quadrada recíproca positiva

conhecida como Matriz Dominante. Assim a Matriz Dominante é aquela que



expressa o número de vezes em que uma alternativa domina ou é dominada pelas demais, onde as alternativas são comparadas par a par. Considerando os 5 critérios da estrutura hierárquica foi

desenvolvida a seguinte matriz de comparação quadrada, apresentada pela Matriz Superior A na Tabela 02.

Tabela 02: Matriz Superior A

<i>Matriz A</i>	<i>Pressão</i>	<i>Temperatura</i>	<i>A. Econômicos</i>	<i>pH</i>	<i>Salinidade</i>
Pressão	1,00	6,57	0,14	6,71	6,86
Temperatura		1,00	0,14	5,88	5,89
A. Econômicos			1,00	7,86	8,00
pH				1,00	3,11
Salinidade					1,00

Fonte: Autores, 2015

Definida a estrutura hierárquica, realiza-se a comparação par a par de cada alternativa dentro de cada critério do nível imediatamente superior, ou seja, para cada critério serão relacionadas as alternativas devidamente aplicadas na Escala Fundamental.

Na etapa três, para obter a prioridade relativa de cada critério é necessário:

a) Normalizar os valores da matriz de comparações (Matriz A), tendo por objetivo igualar todos os critérios a uma mesma unidade, para isto cada valor da matriz é dividido pelo total da sua respectiva coluna. Os resultados desta etapa estão dispostos nas Tabelas 03 e 04:

Tabela 03: Matriz A, soma das colunas

<i>Matriz A'</i>	<i>Pressão</i>	<i>Temperatura</i>	<i>A. Econômicos</i>	<i>pH</i>	<i>Salinidade</i>
Pressão	1,00	6,57	0,14	6,71	6,86
Temperatura	0,15	1,00	0,14	5,88	5,89
A. Econômicos	7,38	7,20	1,00	7,86	8,00
pH	0,15	0,17	0,13	1,00	3,11
Salinidade	0,15	0,17	0,13	0,32	1,00
Soma	8,83	15,11	1,53	21,77	24,85

Fonte: Autores, 2015

Tabela 04: Matriz A normalizada

<i>Matriz A''</i>	<i>Pressão</i>	<i>Temperatura</i>	<i>A. Econômicos</i>	<i>pH</i>	<i>Salinidade</i>
Pressão	0,11	0,43	0,09	0,31	0,28
Temperatura	0,02	0,07	0,09	0,27	0,24
A. Econômicos	0,84	0,48	0,66	0,36	0,32
pH	0,02	0,01	0,08	0,05	0,13
Salinidade	0,02	0,01	0,08	0,01	0,04

Fonte: Autores, 2015



b) Obter o vetor de prioridades, tendo por objetivo identificar a ordem de importância de cada critério, para isto é calculado a média aritmética dos valores de cada linha da matriz normalizada

obtida no item anterior. A tabela 05 apresenta a Matriz A e o vetor prioridades:

Tabela 05: Matriz A e o vetor prioridades.

Matriz A'''	Pressão	Temperatura	A. econômicos	pH	Salinidade	Prioridade
Pressão	0,11	0,43	0,09	0,31	0,28	<b>0,2442</b>
Temperatura	0,02	0,07	0,09	0,27	0,24	<b>0,1362</b>
A. Econômicos	0,84	0,48	0,66	0,36	0,32	<b>0,5301</b>
pH	0,02	0,01	0,08	0,05	0,13	<b>0,0565</b>
Salinidade	0,02	0,01	0,08	0,01	0,04	<b>0,0329</b>

Fonte: Autores, 2015

Assim, a partir dos resultados obtidos, o critério Aspectos Econômicos veio em primeiro lugar seguido de pressão, temperatura, pH e salinidade.

Na etapa 4 é feita a avaliação de consistência das prioridades relativas, assim as próximas etapas são:

a) Calcular a Razão de Consistência (RC) para medir o quanto os julgamentos foram consistentes em relação a grandes amostras de juízos completamente aleatórios.

As avaliações do método AHP são baseadas no pressuposto de que o decisor é racional. Com base em Dey (2001), se o RC é superior a 0,3 os julgamentos não são confiáveis porque estão muito próximos para o conforto de aleatoriedade, neste caso os resultados obtidos não apresentam valores consistentes.

Para calcular a Razão de Consistência (RC) é necessário primeiro obter o valor de  $max$  que representa o maior autovalor da matriz A, obtido a partir da Equação 01:

$$Aw = max \times w \quad [1]$$

Onde:

A é a Matriz A.

w é o vetor de prioridade.

Uma vez calculado  $max$ , deve-se calcular o Índice de Consistência (IC) para logo calcular a Razão de Consistência (RC). O índice de consistência é determinado de acordo com a Equação 02, em que  $n$  é o número de critérios (ordem da matriz):

$$IC = \frac{max - n}{n - 1} \quad [2]$$

A Razão de Consistência (RC) é obtida pela Equação 03:

$$RC = \frac{IC}{RI} \quad [3]$$

Em que IR é o índice de consistência referente a um grande número de comparações par a par efetuadas. Este é um índice aleatório calculado para matrizes quadradas de ordem  $n$  pelo Laboratório Nacional de Oak Ridge, nos EUA. Para a matriz  $n = 5$ ,  $RI = 1,12$ .

Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 06:

Tabela 06:  $max$ , Índice e Razão de Consistência para a Matriz A dos Critérios

Variável	Resultado
$max$	6,22
IC	0,31
RC	0,27

Fonte: Autores, 2015



Com o índice Razão de Consistência igual a 0,27, menor que 0,3, para o presente estudo se considera consistente tendo em vista os aspectos diversos na avaliação da escolha da técnica de recuperação secundária.

A quinta etapa é a construção da matriz de comparação paritária para cada critério, considerando cada uma das alternativas selecionadas

Todos os procedimentos para a construção da matriz de comparação e para a determinação da prioridade relativa

de cada critério devem ser feitos novamente, observando agora a importância relativa de cada uma das alternativas que compõem a estrutura hierárquica do problema em questão. As Tabelas 07 à 11 são as matrizes paritárias para cada critério, considerando cada uma das alternativas selecionadas que foram utilizadas nos cálculos para encontrar a Tabela 12 com os auto vetores de prioridade das alternativas.

Tabela 07: Matriz Pressão.

<i>Matriz Pressão</i>	<i>Água</i>	<i>Vapor</i>	<i>Gás Lift</i>
Água	1	4,19	5,04
Vapor	0,23864	1	4,90
Gás Lift	0,19835	0,20393	1

Fonte: Autores, 2015

Tabela 08: Matriz Superior Temperatura.

<i>Matriz Temperatura</i>	<i>Água</i>	<i>Vapor</i>	<i>Gás Lift</i>
Água	1	1,13	4,09
Vapor	0,88719	1	7,29
Gás Lift	0,24466	0,13725	1

Fonte: Autores, 2015

Tabela 09: Matriz Superior A. Econômicos.

<i>Matriz A. Econômicos</i>	<i>Água</i>	<i>Vapor</i>	<i>Gás Lift</i>
Água	1	2,23	3,49
Vapor	0,44881	1	4,18
Gás Lift	0,28646	0,23909	1

Fonte: Autores, 2015

Tabela 10: Matriz Superior pH.

<i>Matriz pH</i>	<i>Água</i>	<i>Vapor</i>	<i>Gás Lift</i>
Água	1	1,33	4,77
Vapor	0,75259	1	4,04
Gás Lift	0,20974	0,24779	1

Fonte: Autores, 2015

Tabela 1: Matriz Superior Salinidade.

<i>Matriz Salinidade</i>	<i>Água</i>	<i>Vapor</i>	<i>Gás Lift</i>
Água	1	2,54	4,48
Vapor	0,39381	1	4,59
Gás Lift	0,22346	0,2179	1

Fonte: Autores, 2015



Com os dados coletados acima entrou-se as informações demonstradas na Tabela 12 e 13:

Tabela 22: Auto vetores de prioridade para cada critério, considerando as alternativas.

	Pressão	Temperatura	A. Econômicos	pH	Salinidade
Água	1,933347	1,297185	1,621384	1,511647	1,738813
Vapor	0,799454	1,446614	1,029281	1,183296	0,965657
Gás Lift	0,267198	0,256199	0,349333	0,305056	0,295529

Fonte: Autores, 2015

Tabela 33: max, Índice e Razão de Consistência das Matrizes paritária para cada critério, considerando as alternativas.

Variável	Pressão	Temperatura	A. Econômicos	pH	Salinidade
max	3,23	3,05	3,11	3,00	3,10
IC	0,12	0,03	0,05	0,001	0,05
RC	0,20	0,05	0,09	0,001	0,09

Fonte: Autores, 2015

Verifica-se que as Razões de Consistência para as Matrizes paritárias para cada Critério, considerando as alternativas também são consistentes,

uma vez que os valores são menores que 0,30. A Figura 02 apresenta a Estrutura Hierárquica com seus respectivos pesos:



Figura 02: Estrutura Hierárquica dos Critérios com seus respectivos pesos

Fonte: Autores, 2015

Na penúltima etapa é obtida a prioridade composta para as alternativas. Para obter-se as prioridades compostas das alternativas, multiplicando os valores

anteriores e os das prioridades relativas, obtidos no início do método, a Figura 03 mostra o cálculo efetuado:



$$\begin{pmatrix} 1,93335 & 1,29719 & 1,62138 & 1,51165 & 1,73881 \\ 0,79945 & 1,44661 & 1,02928 & 1,18330 & 0,96566 \\ 0,26720 & 0,25620 & 0,34933 & 0,30506 & 0,29553 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,24422 \\ 0,13625 \\ 0,53009 \\ 0,05652 \\ 0,03293 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1,65106 \\ 1,03663 \\ 0,31231 \end{pmatrix}$$

Figura 03: Cálculo das Prioridades Compostas das Alternativas

Fonte: Autores, 2015

E por último, realizou-se a escolha da alternativa, que de acordo com o cálculo das prioridades compostas das alternativas verificou-se a preferência de escolha da técnica secundária de recuperação de poço foi a injeção de água, seguida da injeção de vapor e por último e mais afastadas das demais a injeção de gás *lift*. Os resultados estão dispostos na Tabela 14:

Tabela 14: Prioridade Composta das Alternativas.

<i>Técnica de Recuperação</i>	<i>Prioridade Composta</i>
Água	1,651063219
Vapor	1,036625341
Gás Lift	0,31231144

Fonte: Autores, 2015

#### 4. CONCLUSÕES

A análise do comportamento dos reservatórios de petróleo da bacia potiguar RN/CE, apresenta características e necessidades de intervenções em processos de exploração em grandes proporções, sendo que frequentemente os *stakeholders* dos aspectos técnicos necessitam tomar decisões e uma delas é a deliberação do tipo de intervenção, buscando modelar suas preferências, os métodos multicritérios se mostram mais próximos da realidade.

O método AHP, foi escolhido para esta pesquisa pela sua vasta utilização na área da Engenharia de Petróleo e pela sua simplicidade de sua aplicação

Com o auxílio da ferramenta de apoio multicritério, construiu-se um modelo simplificado para a escolha da melhor técnica de recuperação de

reservatório de petróleo, apresentando-se adequado de acordo com a verificação junto aos possíveis decisores. Contudo o presente estudo apresenta-se como instrumento viável para auxílio na tomada de decisão do processo de escolha da técnica de recuperação de reservatório mais adequada, deixando a referida decisão de ser empírica e passando a ser sistematizada, envolvendo elementos maximizadores da produção.

É altamente recomendável a utilização da referida técnica para reprodutibilidade em cenários semelhantes para auxílio da problemática. Referente à frequência dos aspectos econômicos se deu devido ao posicionamento dos decisores quando na definição da hierarquia dos fatores. Tendo em vista o cenário atual da região, que existe um declínio preocupante da produção e elevado número de poços de petróleo, os tomadores de decisão provavelmente priorizaram a minimização dos custos para obtenção ganho a longo prazo.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBOUDWAREJ, H.; FELIX, J.; TAYLOR, S. **Highlighting heavy oil, Oilfield Review**. p.34-53, Jun. 2006, disponível em: [www.slb.com](http://www.slb.com), acessado em maio de 2013.

ALVARADO, V.; MANRIUE, E. [Enhanced Oil Recovery: An Update Review](#) Energies, 2010, Vol.3(9), p.1529.

ANSOFF, H. I. **A nova estratégia empresarial**. São Paulo: Atlas, 1990. p.24.



BANA e COSTA, C. A. & VANSNICK, J. C. **MACBETH** - An Interactive Path Towards the Construction of Cardinal Value Functions, International Transactions in Operational Research, vol. 1, n. 4, 1994.

BRANS, J. P.; VINCKE, P. A preference ranking organization method. Management Science, 1985.

CHEN, Q. et al. OPTIMAL STUDY ON THE INJECTION-PRODUCTION PROJECTS OF CHENGDAO OFFSHORE OILFIELD [J]. **Drilling & Production Technology**, v. 3, p. 019, 2004.

CHENG, C. et al. Study of SEA indicators system of urban green electricity power based on fuzzy AHP and DPSIR model. **Energy Procedia**, v. 12, p. 15

CHUGUNOV, N.; SHEPELYOV, G.; STERNIN, M. The generalised interval estimations in decision making under uncertainty. **International Journal of Technology, Policy and Management**, v. 8, n. 3, p. 298-321, 2008.

DECENZO, D.A.; ROBBINS, S.P. **Administração de Recursos Humanos**. 6ª Edição. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2004.

DEY, P. K. Decision support system for risk management: a case study. **Management Decision**, s.l., v. 39, n. 8, p. 634-649, 2001.

GOMES, L. F. A. M.; FREITAS JUNIOR, A. A. **A importância do apoio multicritério à decisão na formação do administrador**. Revista ANGRAD, v.1, n.1. Rio de Janeiro, 2000.

HWANG, C. L.; YOON, K. Multiple attribute decision making: Methods and applications, a state-of-the-art survey. Berlin, Springer-Verlag, 1981.

JACK, A.; SUN, S. Controls on recovery factor in fractured reservoirs: lessons learned from 100 fractured fields. In: **SPE Annual Technical Conference and Exhibition**. 2003.

KEENEY, R.L.; RAIFFA, H., Decisions with multiple objectives: preferences and value tradeoffs, Wiley and Sons, New York, 1976

ROSA, A. J.; CARVALHO, R. S.; XAVIER, José Augusto Daniel. **Engenharia de Reservatórios de Petróleo**. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

SAATY, T. L. **Decisões Vencedoras**. tradução de Hugo Melo. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 2002.

THOMAS, J. E. **Fundamentos da Engenharia do Petróleo**. Rio de Janeiro - Interciência 2001.