



METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS E RISCOS AMBIENTAIS PARA ESTUDOS DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL ESTRATÉGICA DE ÁREAS OFFSHORE

Jacqueline B. Mariano¹ e Emilio Lèbre La Rovere²

Copyright 2006, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico foi preparado para apresentação na *Rio Oil & Gas Expo and Conference 2006*, realizada no período de 11 a 14 de setembro de 2006, no Rio de Janeiro. Este Trabalho Técnico foi selecionado para apresentação pelo Comitê Técnico do evento, seguindo as informações contidas na sinopse submetida pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho Técnico, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, seus Associados e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho Técnico seja publicado nos Anais da *Rio Oil & Gas Expo and Conference 2006*.

Resumo

O presente artigo tem por objetivo apresentar uma proposta de metodologia de Avaliação de Impactos e Riscos Ambientais decorrentes do desenvolvimento de atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural em áreas offshore, destinada a ser utilizada em estudos de Avaliação Ambiental Estratégica. Dado o caráter estratégico e prioritário da definição de áreas para concessão das atividades de exploração e produção de petróleo, em nosso ponto de vista, uma ferramenta de avaliação de impactos e riscos ambientais deve ser aplicada anteriormente à sua oferta nas Rodadas de Licitação, ainda na etapa de planejamento. A metodologia proposta no presente artigo compreende três etapas, a saber: definição das alternativas de planejamento, definição de cenários de descobertas, definição da escala das atividades, qualificação e quantificação dos riscos e dos impactos ambientais a que estarão sujeitos os receptores ambientais selecionados.

Abstract

This paper aims to propose an environmental impact and risk assessment methodology for Strategic Environmental Assessment Studies of the oil and gas sector, in offshore regions. In our point of view, this kind of tool must be used before the offering of the areas to Bidding Rounds for the exploration and production of oil and natural gas promoted by National Petroleum Agency – ANP, so as to assess their suitability and environmental sensitivity, in order to reduce the regulatory risks to the entrepreneurs. The proposed methodology comprehends three steps, which are: definition of the planning alternatives, definition of the resources scenarios and the qualification and quantification of the environmental risks and impacts over which one of the environmental receptors selected.

1. Introdução

O segmento *upstream* da indústria do petróleo compreende uma sequência distinta de atividades que fazem parte da descoberta e do desenvolvimento das reservas *offshore* de petróleo e gás natural. Esta sequência começa com a aquisição de licenças para a atividade sísmica, exploração e perfuração exploratória, envolvendo também o projeto e a construção de instalações, as operações de produção e, finalmente, o descomissionamento das unidades produtivas, quando do final da vida útil dos campos. No caso do Brasil, a avaliação dos impactos ambientais das atividades de cada uma das etapas é feita separadamente, segundo a abordagem tradicional da Avaliação de Impactos Ambientais de projetos – AIA.

No caso do Setor de Petróleo e Gás Natural, e buscando-se obedecer ao tipo de abordagem necessária à natureza dos estudos de Avaliação Ambiental Estratégica – AAE, a metodologia propõe a avaliação dos impactos e dos riscos ambientais a que estarão submetidos os receptores ambientais ao longo de toda a cadeia do *upstream*, tendo

¹ Mestre em Ciências do Planejamento Energético, Engenheira Química – Agência Nacional do Petróleo

² D.Sc. em Economia, Engenheiro Eletricista – Programa de Planejamento Energético/COPPE/UFRJ

como principal vantagem a possibilidade de, ao considerar os efeitos ambientais de todas as etapas, orientar a tomada de decisões, já na fase de planejamento, que minimizem o impacto global destas sobre o meio ambiente.

Vale notar que neste estágio de avaliação, não é possível, ou apropriada, a condução de análises específicas de todos os recursos potencialmente afetados. Desta forma, é interessante que a metodologia de focalize os assuntos de maior preocupação e os aspectos ambientais que são únicos ou mais suscetíveis aos impactos decorrentes das atividades de petróleo e gás *offshore*.

Considerando-se as diversas atividades que compõem o segmento *upstream* da indústria de petróleo e gás natural, serão avaliados pela metodologia os impactos e riscos ambientais resultantes das seguintes atividades:

- **Atividades de Exploração:** Realização da pesquisa sísmica marítima, desmobilização das atividades;
- **Atividades de Perfuração:** Posicionamento da sonda, perfuração de poços exploratórios e de desenvolvimento, teste de poço, desativação e abandono do poço;
- **Atividades de Produção:** Instalação e operação das instalações de produção *offshore*, tais como plataformas, mono-bóias e equipamentos submarinos, armazenamento dos hidrocarbonetos;
- **Atividades de Transporte dos Hidrocarbonetos Produzidos:** Instalação de dutos e de infra-estrutura para o transporte através de navios aliviadores, transporte por dutos e por navio; e
- **Atividades de Descomissionamento:** Abandono de poços e desativação de instalações produtivas após o término da vida útil dos campos.

2. Etapa 1 – Definição das Alternativas de Planejamento

A identificação e o desenvolvimento de Alternativas de Planejamento a primeira etapa do processo de AAE, e permite que se escolham as melhores decisões, com base em informações relevantes. O propósito desta fase é identificar alternativas de diversas naturezas (de investimento, localização de ações e projetos, emprego de tecnologias) para as ações planejadas sob avaliação, verificando-se as opções mais adequadas, em termos do uso dos recursos ambientais, ou que gerem menores perdas de qualidade do meio ambiente, permitindo que sejam alcançados os mesmos objetivos.

Para o caso da condução dos estudos de AAE do setor de petróleo e gás, recomendamos, no presente trabalho, que sejam avaliadas as seguintes alternativas de planejamento, a exemplo do que é atualmente feito no Reino Unido (DTI, 2002) e nos Estados Unidos (MMS, 2002):

- **A concessão de toda a área, conforme a proposta inicial;**
- **A não concessão de nenhum bloco;**
- **A oferta para concessão de áreas restritas, aquelas com menor vulnerabilidade ambiental; ou o estabelecimento de uma agenda (restrição temporal) para a concessão das áreas.**

3. Etapa 2 – Definição dos Cenários de Descobertas

Os estudos de Avaliação Ambiental Estratégica têm por objetivo a avaliação das conseqüências ambientais de Políticas, Planos e Programas. Neste nível de decisão, as incertezas sobre a escala das atividades a serem desenvolvidas são muito grandes, pois não existem informações detalhadas a respeito dos volumes, da natureza das reservas de hidrocarbonetos que poderão vir a ser descobertos, e nem, portanto, sobre a escala das atividades que serão implementadas na área objeto da AAE.

Por esta razão, optou-se por se utilizar a Técnica de Cenários para predizer, ainda que de forma genérica, o futuro desenvolvimento da indústria petrolífera na área objeto da AAE.

A escala das atividades de exploração e de desenvolvimento, assim como o momento em que irão ocorrer, dependem de uma série de fatores, incluindo o tamanho da área ofertada, os compromissos mínimos de exploração assumidos quando da assinatura dos contratos de concessão, os programas de trabalho das empresas vencedoras e o tamanho da área efetivamente concedida, além das taxas de sucesso exploratório obtidas pela indústria em ambientes similares. Também influenciam fatores econômicos e comerciais, assim como a aprovação dos projetos de desenvolvimento por parte da Agência Nacional do Petróleo – ANP.

A determinação dos cenários e dos níveis das atividades poderá ser feita com base nos dados geológicos fornecidos pela ANP a respeito das áreas escolhidas para serem ofertadas, nas inscrições antecipadas para a Rodada, nas reservas já conhecidas mas ainda não desenvolvidas na região em questão e nas taxas de sucesso exploratório mais prováveis. A partir de tais dados deverão ser propostos os volumes dos Cenários de Descobertas. Desta forma, os cenários hipotéticos se baseiam em suposições plausíveis sobre os volumes e sobre a natureza das reservas de óleo e gás que poderão ser descobertas, sobre a forma como as atividades irão se desenvolver e sobre como poderá ser feito o aproveitamento dos recursos potencialmente presentes na região objeto da AAE.

Como segunda parte da metodologia de Avaliação de Impactos e Riscos Ambientais, serão propostos Cenários de Volumes de Descobertas para a área objeto da Avaliação Ambiental Estratégica E, tomando-se por base os dados geológicos e geofísicos já conhecidos, resultantes do passado exploratório da região em questão, assim como a opinião de especialistas.

Propõe-se que os cenários sejam elaborados com base na estimativa das reservas P50, P75 e P90 para a área objeto da AAE, expressas em boe – barris de óleo equivalente. Devido às incertezas inerentes à determinação das reservas de hidrocarbonetos, as estimativas dos volumes recuperáveis para cada um dos cenários devem ser expressas em termos de faixas de valores, preferencialmente à quantidades absolutas.

Para a metodologia proposta sugere-se a elaboração três Cenários de Descobertas distintos, de acordo com os volumes recuperáveis esperados, a saber:

- **Cenário Pessimista: Volume Pequeno de Descobertas**
- **Cenário de Referência: Volume Médio de Descobertas**
- **Cenário Otimista: Volume Grande de Descobertas**

Em termos de reservas, propõe-se que o Cenário Pessimista corresponda à hipótese de recuperação das Reservas Provadas (Reservas P90), que o Cenário de Referência corresponda à hipótese de recuperação das Reservas Prováveis (Reservas P50), e que o Cenário Otimista corresponda à hipótese de recuperação das Reservas Possíveis (reservas P15) da região avaliada, de acordo com as informações disponíveis. De forma a subsidiarem a estimativa dos volumes comercialmente recuperáveis de hidrocarbonetos.

4. Etapa 3 – Definição da Escala das Atividades

É importante que seja estimada, para cada um dos Cenários de Descobertas, a escala das atividades que tomarão lugar na área concedida. Para tanto, propõe-se que sejam previstos, ainda que grosseiramente, o número e o tipo de instalações de produção que deverão ser utilizadas, o volume de pesquisa sísmica a ser realizada, o número de poços que provavelmente serão perfurados, entre outras informações. A previsão da escala das atividades, permitirá que se estime e se avalie de forma mais realista, seus impactos ambientais potenciais.

Propõe-se que sejam efetuadas as seguintes estimativas:

É importante que seja estimada, para cada um dos Cenários de Descobertas, a escala das atividades que tomarão lugar na área concedida. Para tanto, propõe-se que sejam previstos, ainda que grosseiramente, o número e o tipo de instalações de produção que deverão ser utilizadas, o volume de pesquisa sísmica a ser realizada, o número de poços que provavelmente serão perfurados, entre outras informações. A previsão da escala das atividades, permitirá que se estime e se avalie de forma mais realista, seus impactos ambientais potenciais.

A partir dos Cenários de Descobertas e das alternativas de produção e transporte mencionadas, pode-se elaborar a Tabela 1., que resume as principais informações sobre a escala das atividades de E&P, que propõe-se que sejam estimadas:

Tabela 1. Cenários de Exploração e Desenvolvimento

Variáveis	Cenário Pessimista	Cenário Moderado	Cenário Otimista
Km de Sísmica 2D			
Km de Sísmica 3D			
Nº de Poços Exploratórios			
Nº de Poços de Desenvolvimento e Produção			
Instalações de Produção			
Estruturas Submersas (árvores de natal, manifolds)			
Dutos Rígidos (Gasodutos e/ou Oleodutos) (km)			
Tempo de Atividade (anos)			

Todas as informações anteriormente citadas serão úteis quando da etapa de quantificação dos impactos ambientais potencialmente decorrentes das atividades de E&P. Na medida em que a metodologia de AIA for sendo explicitada, sua utilização e importância se tornarão mais claras para o leitor.

4. Aspectos Ambientais das Atividades Consideradas

A partir da experiência da indústria e das informações disponíveis na literatura especializada, os aspectos considerados mais relevantes das atividades de E&P *Offshore* no que diz respeito à interferência com o meio ambiente

e que foram selecionados para serem considerados na metodologia de Avaliação dos Riscos Ambientais, são os seguintes:

Interferência com outras Atividades Antrópicas, especialmente Navegação, Pesca e Turismo: especialmente em decorrência da presença física das instalações de perfuração, produção e transporte (estabelecimento de zonas de segurança), bem como do tráfego das embarcações de suporte e de transferência dos hidrocarbonetos.

Degradação da Paisagem – Poluição Visual: Degradação da paisagem devido à presença das instalações de perfuração e produção (*ipso facto*), e das embarcações de transporte. Interferência com outras atividades antrópicas conflitantes, tais como o turismo. É mais importante no caso de campos de petróleo situados próximos à costa.

Degradação da Qualidade da Água – Poluição Hídrica: Degradação da qualidade da água devido ao descarte de efluentes hídricos durante as operações de rotina; mais relevante durante as etapas de perfuração e produção, especialmente devido à:

- Descarte de esgoto sanitário; Descarte das águas de produção; Vazamentos de óleo e/ou produtos químicos das plataformas; Vazamentos de óleo e/ou produtos químicos das embarcações de suporte; Vazamentos de óleo durante a etapa de transferência dos hidrocarbonetos produzidos;

Degradação da Qualidade do Ar – Poluição Atmosférica: Degradação da qualidade do ar devido às emissões atmosféricas decorrentes da operação de rotina das unidades e de equipamentos, além do tráfego das embarcações; mais relevante durante a etapa de produção. Emissão de gases acidificantes da atmosfera (NO_x, SO_x, CO) e de gases de efeito estufa (CO₂, CH₄ e VOCs), nas seguintes situações:

- Operação de embarcações (sísmica, apoio e transporte); Operação das unidades de perfuração; Operação das instalações de produção;

Interferência com a Biota: especialmente em decorrência das atividades de sísmica e de transporte dos hidrocarbonetos através da utilização de embarcações. Maior importância no caso de regiões de rotas ou *habitats* de mamíferos marinhos mais importante nas épocas de reprodução (fêmeas prenhes ou com filhotes), amamentação, acasalamento e nascimento dos filhotes. Arraste de comunidades de fundo (fauna benthica) devido a atividades de sísmica (ruptura de cabos) e de perfuração.

Interferência com a Biota – Poluição Luminosa: Especialmente devido a:

- Iluminação de embarcações; Iluminação de plataformas; Queima de gás natural em *flares*.

Interferência com a Biota – Poluição Sonora: Especialmente devido aos ruídos e vibrações decorrentes de:

- Pesquisa sísmica de baixa potência; Testes de sísmica 2D; Testes de sísmica 3D/4D; Perfuração de poços; Construção/operação de unidades de produção; Operação das embarcações (sísmica, apoio e/ou transporte); Operação das instalações de produção;

Emergências Potenciais – Risco de Acidentes Ambientais: presentes em todas as atividades do segmento, especialmente devido à possibilidade de ocorrência dos seguintes eventos:

- Colisão de navios de sísmica; Colisão de embarcações de apoio ou de transporte dos hidrocarbonetos produzidos; *Blow Out* de poços; Risco de explosões devido ao armazenamento de petróleo e gás.

Os aspectos acima relacionados serão mais ou menos importantes, a depender das áreas avaliadas. Desta forma, a lista anterior poderá ser reduzida, caso se verifique a pequena relevância de alguns deles, ou ampliada, caso outros não mencionados sejam considerados também relevantes.

A partir dos aspectos ambientais anteriormente relacionados foi elaborada uma lista para os receptores ambientais que serão provavelmente afetados, tomando-se por base as características da ecologia costeira e oceânica do Brasil. Esta lista é apresentada a seguir, no Quadro 1.

Quadro 1. Lista de Receptores Ambientais Avaliados

ENCLAVES DE PAISAGEM	BIOTA	ATIVIDADES ANTRÓPICAS
Costões Rochosos	Aves Marinhas e Costeiras	Pesca
Estuários e Bordas Estuarinas	Mamíferos Marinhos	Turismo e Recreação
Recifes de Corais	Quelônios Marinhos	Navegação
Bancos Submersos	Ictiofauna (Peixes)	Atividades Militares
Manguezais	Fauna Benthica	Áreas Portuárias
<i>Habitats</i> Costeiros	Plâncton	
Atóis		
Falésias		

Vale notar que podem ser acrescentados e/ou retirados receptores da lista, que não é exaustiva, nem tem por objetivo representar uma região específica sob avaliação. Da mesma forma, um determinado item pode ser mais detalhado, caso se deseje fazê-lo. Por exemplo, no caso dos mamíferos marinhos pode se desejar saber, especificamente, os impactos para uma determinada espécie (para o peixe-boi, por exemplo) que seja mais importante na região sob avaliação. O objetivo da lista de receptores apresentada no Quadro 1. é apenas o de fornecer uma base inicial para a seleção dos receptores pertinentes.

4. Etapa 4 – Metodologia de Avaliação de Impactos e Riscos Ambientais

A metodologia proposta usa uma abordagem semi-qualitativa para a determinação dos riscos ambientais associados às atividades de E&P *offshore*. O processo estima, qualitativamente, o grau da **Consequência** e da **Probabilidade de Ocorrência** do impacto ambiental, associando uma pontuação a cada atributo, a partir da utilização de critérios previamente estabelecidos. Nesse caso, a pontuação associada não precisa, necessariamente, ter uma relação acurada com a real magnitude das consequências, ou com a real possibilidade de ocorrência dos eventos impactantes. Definidos os critérios, os Impactos e os Riscos Ambientais serão então determinados em função dos dois atributos mencionados anteriormente: a **Consequência** do evento e sua **Probabilidade de Ocorrência**.

Determinação da Consequência

Foi desenvolvida uma escala de pontuação para um nível semi-quantitativo de análise, com a finalidade de classificar as consequências dos impactos e dos riscos sobre os diferentes aspectos ambientais considerados. Na presente metodologia foi escolhida a utilização de cinco níveis de severidade, que variam de 1 até 5 – *Insignificante, Menor, Moderado, Maior* e *Catastrófico*. Os critérios utilizados na definição das categorias foram adaptados da norma AS/NZS HB 203:2000, conforme mostrado na Tabelas 2., apresentada a seguir.

Tabela 2. Critérios Gerais para as Medidas Qualitativas das Consequências dos Impactos e Riscos Ambientais

Nível	Valor	Características	Custo
Insignificante	1	Nenhum impacto OU mudança ecológica localizada e temporária na homeostase local, recuperável no curto prazo. Os eventos provavelmente não serão mensuráveis ou notados.	Histerese (HTS)
Menor	2	Mudança ecológica localizada e temporária na homeostase local. Impactos de curto prazo na variabilidade local de espécies não ameaçadas. As mudanças provocadas pelos eventos estarão dentro da variabilidade natural, mas serão potencialmente detectáveis.	Resistência + Resistência
Moderado	3	Alteração/Perturbação de um componente de um ecossistema, sem efeito sobre a sustentabilidade OU impactos de longo prazo na homeostase de espécies não ameaçadas. Eventos ecológicos significativos (por exemplo, mortalidade de peixes e crescimento excessivo de algas). Possível contribuição para efeitos cumulativos e sinérgicos. Possível, mas improvável, efeito sobre a saúde humana.	Resistência + Resistência + Resiliência
Maior	4	Dano ecológico amplo. Mudança no <i>status</i> de uma ou mais espécies ameaçadas OU provável perda de sustentabilidade de <i>habitats</i> ou formações únicas. Possíveis efeitos transfronteiriços. Contribuição moderada para efeitos cumulativos e sinérgicos. Possível efeito sobre a saúde humana.	Resistência + Resistência + Resiliência
Catastrófico	5	Extinção de uma ou mais espécies. Danos irreversíveis, ou com pouca chance de recuperação, a <i>habitats</i> ou formações únicas e/ou protegidos. Grande contribuição para efeitos cumulativos e sinérgicos. Grandes efeitos transfronteiriços. Provável efeito sobre a saúde humana.	Passivo Ambiental

Fonte: a partir de EA, 2005, LA ROVERE, 1992, DTI, 2001 e ODUM, 1985.

Determinação da Probabilidade de Ocorrência

A Tabela 3. fornece os critérios adotados para a classificação qualitativa do atributo **Probabilidade de Ocorrência** do evento impactante, que será expressa numa escala que varia entre 1 (definido qualitativamente como *raro*) e 5 (definido qualitativamente como *quase certo*).

Tabela 3. Critérios para a Probabilidade de Ocorrência

Frequência	Critérios	Nível
Quase Certo	99% de possibilidade de ocorrência durante o tempo de vida do projeto OU ocorreu muitas vezes na história da indústria, incluindo eventos altamente frequentes ou contínuos.	5
Provável	90% de possibilidade de ocorrência durante o tempo de vida do projeto OU ocorreu muitas vezes em operações similares na indústria e provavelmente vai ocorrer durante a atividade.	4
Possível	50% de possibilidade de ocorrência durante o tempo de vida do projeto OU ocorreu frequentemente na indústria, possivelmente vai ocorrer durante a atividade.	3
Improvável	10% de possibilidade de ocorrência durante o tempo de vida do projeto OU ocorreu muito poucas vezes na indústria, improvável ocorrer durante a atividade.	2
Raro	1% de possibilidade de ocorrência durante o tempo de vida do projeto, apenas em circunstâncias excepcionais OU não ocorreu na indústria e é extremamente improvável que aconteça durante a atividade, ainda que possa ocorrer.	1

Fonte: A partir de EA, 2005 e AS/NZS 4360:2004, 2004.

Determinação dos Critérios de Risco

Os critérios para a determinação das consequências e das probabilidades devem refletir o contexto da avaliação, e dependem dos objetivos, políticas, metas e interesses dos diferentes atores envolvidos na discussão da avaliação.

Os critérios de risco podem ser afetados pela percepção dos diferentes grupos de interesse, pela legislação e regulação e devem ser apropriados ao tipo de riscos que estão sendo avaliados e à forma através da qual os níveis de risco serão expressos.

A magnitude das consequências de um evento, se este ocorrer, e sua probabilidade de ocorrência e de suas consequências associadas, devem ser avaliadas no contexto das estratégias e controles existentes, assim como de sua efetividade. Um evento pode ter múltiplas consequências sobre o meio ambiente e afetar diferentes objetivos. As consequências e a probabilidade de ocorrência, são, nesta metodologia, combinadas para definir o nível de risco, e podem ser estimadas através da utilização de cálculos e análises estatísticas. No caso de não existir um histórico de dados confiáveis e relevantes, podem ser feitas estimativas subjetivas que reflitam o conhecimento de um indivíduo ou de um grupo sobre a ocorrência do evento.

Para a apresentação do método, foi elaborada uma Matriz de Impactos e Riscos Ambientais, com o objetivo de relacionar as informações disponíveis sobre os ambientes marinhos avaliados com os impactos potenciais das atividades de E&P de petróleo e gás natural *offshore*.

Após a determinação dos atributos **Consequência** e **Probabilidade de Ocorrência** do Evento, a partir dos critérios previamente estabelecidos, o nível de risco do impacto será calculado a partir da multiplicação da pontuação obtida para a **Consequência** pela pontuação obtida para a **Probabilidade de Ocorrência**, a saber:

$$\text{Risco Ambiental} = \text{Consequência} \times \text{Probabilidade de Ocorrência}$$

Vale notar que o resultado final obtido neste cálculo representa uma aproximação do valor do Risco Ambiental, que será então associado a uma categoria a partir de critérios qualitativos cuja definição será apresentada mais adiante. O método não tem por objetivo fornecer estimativas de risco baseadas em cálculos precisos, até porque as incertezas sobre o nível das atividades são ainda muito grandes.

A avaliação qualitativa permite a identificação dos riscos elevados, que são os mais significativos, assim como dos menores e menos importantes. Também permite uma melhor compreensão dos impactos com menores probabilidades de ocorrência e de grandes consequências, bem como dos impactos com menores consequências associados a grandes probabilidades de ocorrência, o que facilitará seu gerenciamento futuro.

Ao se estabelecerem níveis comparativos de riscos para os impactos, torna-se possível ordená-los. Para tanto, foram estabelecidas quatro categorias distintas de classificação, cruzando-se numa única matriz, a **Probabilidade de Ocorrência** e a **Consequência do Evento** e, desta forma, obtendo-se uma **Matriz de Impactos** (vide classificação das categorias, apresentadas anteriormente). Para o nível de risco do impacto ambiental foram definidas quatro categorias qualitativas: *Extremo*, *Alto*, *Moderado* e *Baixo*.

À categoria *baixo* – representa um nível de risco aceitável – e a categoria *extremo* – representa um nível inaceitável de risco. Os critérios de aceitabilidade para os diversos níveis de vulnerabilidade ambiental foram definidos da seguinte forma:

- **Risco Extremo** – inaceitável, ação imediata é necessária, situação de emergência os recursos disponíveis devem ser focados na mitigação destes riscos, pois são prioritários.

- **Risco Alto** – são necessárias medidas de mitigação para reduzir o risco, é necessária ação em nível de políticas, tão logo os sistemas normais de gerenciamento o permitam. Necessário gerenciamento de alto nível.
- **Risco Moderado** – as responsabilidades pelo gerenciamento devem ser especificadas: é necessária atenção nos níveis de políticas, implementação e inclusão em programas de gerenciamento futuros, além de definição de procedimentos padrão de gerenciamento. Requer menção específica no plano de gerenciamento.
- **Risco Baixo** – aceitável, o gerenciamento dos riscos é feito através de operações de rotina, através de Plano de Gestão Ambiental.

A Tabela 4. apresenta a estimativa do risco das consequências associadas a uma dada probabilidade de ocorrência ou, em outras palavras, do risco resultante da probabilidade de ocorrência de uma determinada consequência. Por exemplo, se a frequência de ocorrência de um evento é *possível* e a consequência do mesmo evento é *menor*, então o risco ambiental obtido será *médio* ($3 \times 2 = 6$).

Tabela 4. Matriz Probabilidade de Ocorrência X Consequências do Evento

Probabilidade de Ocorrência do Evento	Consequências do Evento				
	Insignificante (1)	Menor (2)	Moderado (3)	Maior (4)	Catastrófico (5)
A (Quase Certo) (5)	Médio 5	Alto 10	Extremo 15	Extremo 20	Extremo 25
B (Provável) (4)	Baixo 4	Médio 8	Alto 12	Extremo 16	Extremo 20
C (Moderado) (3)	Baixo 3	Médio 6	Alto 9	Alto 12	Extremo 15
D (Improável) (2)	Baixo 2	Baixo 4	Médio 6	Médio 8	Alto 10
E (Raro) (1)	Baixo 1	Baixo 2	Baixo 3	Baixo 4	Médio 5

Fonte: a partir de AS/NZS 4360:2004, 2004 e EA, 2005.

Uma vez que os impactos e os riscos ambientais tenham sido ordenados em função do risco que representam, será possível lhes dar o tratamento adequado, iniciando-se o gerenciamento ambiental pelos impactos com riscos mais elevados, passando para aqueles com riscos moderados e, finalmente, para os impactos com riscos menores.

Tomando-se como exemplo um evento que cuja probabilidade é *rara* e cuja consequência de sua ocorrência, nesse receptor, é *menor*, estes valores fornecem um resultado igual a $2 \times 1 = 2$, que corresponderá, portanto, a um nível de risco *baixo*.

4.1. Matrizes de Avaliação dos Impactos e dos Riscos ambientais

Para a apresentação dos riscos ambientais estimados, foi criada uma Matriz de Impactos e Riscos Ambientais, cuja análise fornece uma abordagem sistemática e estruturada de apoio à decisão, seja no tocante à escolha entre alternativas de planejamento, seja no tocante ao gerenciamento posterior dos riscos identificados.

Foram elaboradas cinco Matrizes de Impactos e Riscos Ambientais distintas, uma para cada uma das etapas de E&P: Exploração (Pesquisa Sísmica), Perfuração, Desenvolvimento e Produção, Transporte e Descomissionamento.

As matrizes apresentam uma visão integrada das ações do empreendimento, dos impactos decorrentes das mesmas e dos receptores ambientais afetados, permitindo-se observar quais as ações mais impactantes, qual das etapas do *upstream* gerará mais impactos (inclusive sobre um mesmo receptor) e quais receptores serão potencialmente mais afetados.

Como resultado, as matrizes apresentam as estimativas dos impactos e dos riscos ambientais para os receptores avaliados e são mostradas a seguir. Vale notar que nem todos os impactos/riscos serão aplicáveis a todos os receptores, conforme poderá ser observado nas matrizes, que são apresentadas nas cinco figuras abaixo. No caso da não aplicabilidade do impacto ao receptor, deverá ser atribuído um valor igual a zero para o risco resultante.

ETAPA: EXPLORAÇÃO	
RECEPTORES/EVENTOS FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS	
Manguezais	
Estuários e Bordas Estuarinas	
Recifes de Coral	
Costões Rochosos	
Habitats Costeiros (Praias)	
	Ruído das Embarcações
	Ruído dos Canhões de Ar
	Colisão de Embarcações
	Presença Física dos Navios Sísmicos
	Desarte de Esgotos
	Vazamentos de óleo
	Emissões Atmosféricas
	Ruptura de Cabos
	Atraste de Cabos
	Desarte de Águas de Lastro
	VULNERABILIDADE AMBIENTAL

Figura 1. Matriz de Avaliação de Impactos e Riscos Ambientais da Etapa de Exploração

ETAPA: PERFURAÇÃO										
RECEPTORES/EVENTOS	Posicionamento da Unidade	Perfuração dos Poços	Descarte de Esgotos Sanitários	Descarte de Cascalhos	Descarte de Fluidos	Descarte de Resíduos Perigosos	Presença Física das Unidades	Vacamentos de Óleo	Emissões Atmosféricas	Descarte de Águas de Lastro
FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS										
Manguezais										
Estuários e Bordas Estuarinas										
Recifes de Coral										
Costões Rochosos										
Habitats Costeiros (Praias)										
Bancos Submersos										
BIOTA										
Mamíferos Marinhos										
Aves Marinhas e Costeiras										
Quelônios Marinhos										
Plâncton										
Fauna Bêntica										
Íctiofauna										
OUTRAS ATIVIDADES										
Pesca Comercial										
Turismo e Recreação										
Navegação										
VULNERABILIDADE AMBIENTAL										

Figura 2. Matriz de Avaliação de Impactos e Riscos Ambientais da Etapa de Perfuração

ETAPA: D & PRODUÇÃO									
RECEPTORES/EVENTOS	Tráfego de Aeronaves	Posicionamento da Unidade	Presença Física das Unidades	Descarte de Esgotos Sanitários	Descarte de Resíduos Sólidos	Descarte de Águas de Produção	Emissões Atmosféricas	Derramamentos de Óleo	Emissões de VOCs
FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS									
Manguezais									
Estuários e Bordas Estuarinas									
Recifes de Coral									
Costões Rochosos									
Habitats Costeiros (Praias)									
Bancos Submersos									
BIOTA									
Mamíferos Marinhos									
Aves Marinhas e Costeiras									
Quelônios Marinhos									
Plâncton									
Fauna Bêntica									
Íctiofauna									
OUTRAS ATIVIDADES									
Pesca Comercial									
Turismo e Recreação									
VULNERABILIDADE AMBIENTAL									

Figura 3. Matriz de Avaliação de Impactos e Riscos Ambientais da Etapa de Desenvolvimento&Produção

ETAPA: TRANSPORTE									
RECEPTORES/EVENTOS FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS	Deramamentos de Óleo	Construção dos Dutos	Colisão de Embarcações	Tráfego de Embarcações	Ancoramento	Pressão Física das Unidades	Descarte de Esgotos Sanitários	Descarte de Água de Lastro	Emissões Atmosféricas
Manguezais									
Estuários e Bordas Estuarinas									
Recifes de Coral									
Costões Rochosos									
Habitats Costeiros (Praias)									
Bancos Submersos									
BIOTA									
Mamíferos Marinhos									
Aves Marinhas e Costeiras									
Quelônios Marinhos									
Plâncton									
Fauna Bântica									
Peixes - Desova e Cria									
OUTRAS ATIVIDADES									
Pesca Comercial									
Turismo e Recreação									
Navegação									
VULNERABILIDADE AMBIENTAL									

Figura 4. Matriz de Avaliação de Impactos e Riscos Ambientais da Etapa de Transporte

ETAPA: DESCOMISSONAMENTO						
RECEPTORES/EVENTOS FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS	Remoção da Estrutura	Abandono e Condicionamento dos Poços	Descarte de Esgotos Sanitários	Yazamentos de Óleo	Emissões Atmosféricas	Descarte de Resíduos Sólidos
Manguezais						
Estuários e Bordas Estuarinas						
Recifes de Coral						
Costões Rochosos						
Habitats Costeiros (Praias)						
Bancos Submersos						
BIOTA						
Mamíferos Marinhos						
Aves Marinhas e Costeiras						
Quelônios Marinhos						
Plâncton						
Fauna Bântica						
Idiôfauna						
OUTRAS ATIVIDADES						
Pesca Comercial						
Turismo e Recreação						
VULNERABILIDADE AMBIENTAL						

Figura 5. Matriz de Avaliação de Impactos e Riscos Ambientais da Etapa de Descomissionamento

4.2. Determinação da Vulnerabilidade Global dos Receptores

Como etapa final de avaliação dos impactos e dos riscos ambientais, propõe-se que seja feita uma avaliação integrada de todos os impactos e riscos potencialmente resultantes da condução das atividades, de forma a se obter uma medida da **Vulnerabilidade Ambiental Global** de cada um dos receptores avaliados. Esta medida também tem por objetivo auxiliar na determinação da importância de cada uma das etapas de atividades do *upstream* para cada um dos receptores avaliados, e nos impactos cumulativos sobre cada receptor.

Para a determinação da **Vulnerabilidade Ambiental Global** de um determinado receptor, a matriz de impactos e riscos ambientais considera os impactos/riscos de todos os eventos que ocorrem com o mesmo. Também considera a sensibilidade do receptor aos diferentes níveis de impacto e risco. Para tanto, foram estabelecidos critérios para a agregação dos impactos e dos riscos, de forma a fornecer a vulnerabilidade ambiental global de um mesmo receptor às diferentes atividades de E&P. Desta forma, poderá ser determinada a vulnerabilidade total de um determinado receptor para cada uma das fases do *upstream*, e também uma vulnerabilidade global, referente ao somatório todas as etapas. A medida final da Vulnerabilidade Ambiental foi classificada como *alta*, *média* ou *baixa*, de forma a se possibilitar a determinação do nível de salva-guardas ou de medidas mitigadoras necessárias. Os critérios utilizados para sua classificação são apresentados na Tabela 5., e o resultado será referente a cada um dos receptores avaliados, apresentados nas Figuras de 1 a 5.

Tabela 5. Critérios para a Determinação do Nível de Vulnerabilidade Ambiental Global dos Receptores

Vulnerabilidade Ambiental Global	Critérios
BAIXA	Quando a maior parte dos impactos e dos riscos associados a um receptor foi avaliada como <i>Baixo</i> e no máximo 10% do total dos riscos foram avaliados como <i>Moderado</i> .
MÉDIA	Quando a maior parte dos impactos e dos riscos associados a um receptor foi avaliada como <i>Baixo</i> ou como <i>Moderado</i> , e no máximo 10% do total dos riscos foram avaliados como <i>Alto</i> .
ALTA	Quando a maior parte dos impactos e dos riscos associados a um receptor foi avaliada como <i>Moderado</i> ou <i>Alto</i> e no mínimo 10% do total dos riscos foram avaliados como <i>Extremo</i> .

Fonte: a partir de EA, 2005.

Finalmente, de posse das matrizes referentes aos diferentes Cenários de Descobertas e dos resultados obtidos para a Vulnerabilidade Global dos Receptores é possível a escolha entre a melhor dentre as três alternativas de planejamento consideradas.

6. Conclusões

Os principais resultados esperados a partir da aplicação da metodologia proposta são as estimativas dos riscos ambientais a que estarão sujeitos os receptores avaliados, em decorrência das atividades do *upstream* e que são resumidos pelas matrizes de AIA. Vale entretanto salientar, que a avaliação de riscos apresentada no presente trabalho é apenas um guia que destaca os graus potenciais de risco a que estarão expostos os diversos receptores avaliados, representando uma indicação sobre os efeitos das atividades de E&P. Neste sentido, é muito importante que se note que esta metodologia não tem por objetivo fornecer julgamentos definitivos (o que também não seria possível devido à falta de estudos específicos sobre os diversos impactos aqui abordados, de conhecimento profundo sobre o meio ambiente

afetado e de dados confiáveis), mas busca apenas sinalizar as questões maiores relativas à interação da indústria de petróleo com o meio ambiente.

Em nosso ponto de vista, os principais benefícios da metodologia proposta são:

- A metodologia permite uma visão geral e integrada dos impactos e dos riscos ambientais de todas as atividades de E&P sobre os diferentes receptores ambientais;
- As estimativas de risco fornecem um guia potencialmente útil para a comparação dos vários tipos de tecnologias de atividades de E&P disponíveis e que sejam aplicáveis a um mesmo tipo de reservatório, caso se deseje;
- As estimativas de Vulnerabilidade Ambiental Global consideram os impactos cumulativos de todas as atividades de cada uma das etapas do *upstream*, assim como de todas as etapas, sobre um dado receptor, possibilitando o aumento da compreensão dos pontos críticos do planejamento. Este é um fator muito importante no caso de abordagens estratégicas de avaliação, como é o caso da AAE;
- A metodologia oferece a possibilidade de busca do equilíbrio entre os custos do gerenciamento dos impactos e dos riscos ambientais e os benefícios obtidos, na medida em que são identificados os piores riscos, que podem, desta forma, ser prioritariamente gerenciados;
- A metodologia possibilita a comparação entre alternativas de planejamento definidas a partir cenários hipotéticos que buscam prever a evolução futura da área sob AAE, com a inserção das (novas) atividades de E&P;

Ao aplicarem as faixas de risco anteriormente estabelecidas quando do processo de tomada de decisão, é importante que os órgãos ambientais determinem qual, se houver, o nível de risco que estarão dispostos a aceitar, especialmente no caso de ecossistemas raros e frágeis poderem ser afetados. Desta forma, as áreas de elevada vulnerabilidade ambiental podem ser retiradas dos leilões.

Apesar de apresentar vantagens, a metodologia proposta, evidentemente, possui limitações. Com relação aos cenários de descobertas, como em todo estudo que envolve a elaboração de cenários, o método apresentado no presente trabalho está sujeito às vulnerabilidades inerentes ao exercício de projeções, nesse caso, aquelas inerentes às dificuldades de previsão das reservas de petróleo numa determinada área. As incertezas a respeito dos volumes de hidrocarbonetos afetarão também as previsões a respeito da escala das atividades a serem desenvolvidas e, conseqüentemente, da magnitude dos impactos sobre o meio ambiente. Com relação à etapa de avaliação dos impactos ambientais, como no caso de qualquer modelo, sua relevância e aplicabilidade envolvem um certo número de premissas básicas, que buscam representar a realidade. O modelo de Análise de Riscos Ambientais, proposto no presente trabalho, foi baseado numa estimativa subjetiva de faixas de conseqüências e de probabilidades de ocorrência. Desta forma, suas principais limitações são:

- A avaliação foi limitada a um certo número de impactos potenciais, isto é, a identificação dos eventos potencialmente impactantes não foi exaustiva;
- A avaliação foi limitada, em muitos casos, apenas às conseqüências primárias dos eventos identificados;
- A identificação dos recursos ambientais afetados foi feita num nível geral e também não foi exaustiva;

Cabe também notar que com a utilização de uma metodologia semi-qualitativa para a estimativa dos riscos, a avaliação resultante é puramente relativa. Entretanto, a metodologia nos parece perfeitamente adequada ao reduzido nível de detalhamento exigido pelos estudos de AAE, que no caso da indústria de petróleo e gás, provavelmente avaliarão extensas áreas *offshore*. A estimativa dos impactos e dos riscos aqui proposta não implica numa escala absoluta de avaliação que possa ser aplicada a qualquer outra situação que não aquela contida neste estudo.

7. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Recursos Humanos da Agência Nacional do Petróleo, no âmbito do PRH-21, pela bolsa de doutorado concedida ao Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ, e ao Professor Giovani Vitória Machado pelo apoio e incentivo na confecção deste artigo.

8. Referências Bibliográficas

- DEPARTMENT OF INDUSTRY TOURISM AND RESOURCES OF THE AUSTRALIAN GOVERNMENT, *Strategic Assessment of Offshore Petroleum Exploration and Appraisal Activities*, Austrália, 2005.
- DEPARTMENT OF INDUSTRY, TOURISM AND RESOURCES, *Strategic Assessment of Offshore Petroleum Exploration and Appraisal Activities*, Australian Government, Austrália, 2005.
- DTI, *Consultation Document of The Strategic Environmental Assessment of the Mature Areas of the Offshore North Sea – SEA 1*, DTI, UK, 1999/2001.

- DTI, *Consultation Document of The Strategic Environmental Assessment of the Mature Areas of the Offshore North Sea – SEA 2*, DTI, UK, 2001.
- DTI, *Consultation Document of The Strategic Environmental Assessment of the Mature Areas of the Offshore North Sea – SEA 3*, DTI, UK, 2002.
- FARAH, Pedro de Mello Calil, *Instrumentos Metodológicos para a Avaliação do Impacto Ambiental de Empreendimentos de Geração Hidrelétrica*, Tese de M.Sc., PPE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1993.
- GILPIN, Alan, *Environmental Impact Assessment – Cutting Edge for the Twenty-First Century*, 1 Ed., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1995.
- GLASSON, John, THERIVEL, Riki e CHADWICK, Andrew, *Introduction to Environmental Impact Assessment*, 2 Ed., Spon Press, Londres, 1999.
- IBGE, *Pesquisa Industrial – Ano 2003*, IBGE, Rio de Janeiro, 2004.
- LA ROVERE, Emilio Lèbre, *Instrumentos de Planejamento e Gestão Ambiental – Demandas e Propostas – Metodologia de Avaliação de Impacto Ambiental – Série Meio Ambiente em Debate*, nº 37, Brasília, MMA, 1992.
- LABORATÓRIO INTERDISCIPLINAR DE MEIO AMBIENTE DO PPE/COPPE/UFRJ, *Avaliação Ambiental Estratégica para o Setor de Petróleo e Gás Natural no Sul da Bahia – Relatório Final*, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em www.lima.coppe.ufrj.br.
- MAGRINI, Alessandra, *Metodologia de Avaliação de Impacto Ambiental – O Caso das Usinas Hidrelétricas*, Tese de D.Sc., COPPEAD/UFRJ, Rio de Janeiro, 1992.
- MMA, *Avaliação Ambiental Estratégica*, MMA, Brasília, 2002.
- MMA, *Avaliação de Impacto Ambiental: Agentes Sociais, Procedimentos e Ferramentas*, MMA, Brasília, 1995.
- MMS, *Outer Continental Shelf Oil & Gas Leasing Program: 2002-2007 – Final Environmental Impact Statement, Volumes 1 and 2*, MMS, EUA, 2002.
- MMS, *Proposed Final Outer Continental Shelf Oil & Gas Leasing Program: 2002-2007*, MMS, EUA, 2002.
- NHS, *Australian/New Zealand Standard – Risk Management – AS/NZS 4360:2004*, NHS, 2004.
- PIDCOCK, S., BURTON, C. e LUNNEY, M., *The Potential Sensitivity of Marine Mammals to Mining and Exploration in The Great Australian Bight Marine Park Marine Mammal Protection Zone – An Independent Review and Risk Assessment Report to Environment Australia*, EA, 2003.