

**IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DO CAMPO  
PETROLÍFERO CANTO DO AMARO/RN COM SISTEMA PRESSÃO-  
ESTADO-IMPACTO-RESPOSTA**

*IDENTIFICATION OF ENVIRONMENTAL IMPACTS OF OIL FIELD*

*CORNER AMARO / RN WITH PRESSURE-*

*STATE-IMPACT-RESPONSE SYSTEM*

**Jorge Luís de Oliveira Pinto Filho**

Pau dos Ferros – Rio Grande do Norte – Brasil

[jorge.filho@ufersa.edu.br](mailto:jorge.filho@ufersa.edu.br)

**Raquel Franco de Souza**

Natal – Rio Grande do Norte – Brasil

[francodesouza.raquel@gmail.com](mailto:francodesouza.raquel@gmail.com)

**Reinaldo Antônio Petta**

Natal – Rio Grande do Norte – Brasil

[petta@ccet.ufrn.br](mailto:petta@ccet.ufrn.br)

**RESUMO**

A atividade petrolífera desenvolvida no CPCA/RN aborda as etapas de prospecção, avaliação de formação, exploração, perfuração, completação, elevação e produção, sendo possível a partir deste processo produtivo oportunizar a geração de emprego, renda, royalties, energia, combustível e projeção da região no cenário nacional. Este artigo tem por objetivo arrolar e classificar os impactos ambientais significativos do Campo Petrolífero Canto do Amaro – CPCA, localizado no baixo curso da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró/RN – BHRAM/RN. A fundamentação teórica e metodológica da pesquisa se deu a partir da aplicação do sistema de avaliação Pressão-Estado-Impacto-Resposta – PEIR. Os aspectos e impactos ambientais mais significativos da indústria do petróleo constatados foram: geração de emissões atmosféricas, geração de resíduos semissólidos (lama e cascalho), geração de resíduos sólidos, geração de efluentes líquidos, geração de ruídos, poluição hídrica, poluição do solo, poluição sonora, poluição atmosférica, poluição visual, supressão vegetal, processos erosivos, interferência na flora local, interferência na fauna local, alteração da estabilidade dos ecossistemas, alteração da dinâmica de uso do solo, riscos à saúde dos trabalhadores, pressão nas comunidades locais, interferências nas atividades tradicionais e, pressão na infraestrutura de serviços públicos. Para garantir a sustentabilidade da área investigada faz necessário realizar estudos de monitoramento ambiental (água, solo, ar, e, biota), diagnósticos socioeconômicos das comunidades locais, ações de gestão ambiental e auditoria ambiental.

**Palavras-chave:** Atividade petrolífera; Impacto ambiental; Sustentabilidade.

## ABSTRACT

Oil activity developed in the CPCA/RN discusses the stages of prospecting, evaluation of training, exploration, drilling, completion, and production, being possible from this production process enhance the generation of employment, income, royalties, energy, fuel and projection of the region on the national scene. This article aims to determine the significant environmental impacts of the Oilfield Canto do Amaro - CPCA, located in the lower course of the Apodi-Mossoró watershed – BHRAM / RN. Theoretical and methodological foundation of the research took place from the application of the evaluation system Pressure-State-Impact-Response - PSIR. Aspects and most significant environmental impacts of observed oil industry were generation of air emissions, semi-solid waste (mud and gravel), solid waste, wastewater and noise, pollution of water, soil, noise, air and visual pollution; vegetation removal, erosion, interference with local flora, interference with local fauna, changing the stability of ecosystems, changes in land use dynamics, risks to workers' health, pressure on local communities, interference in traditional activities and pressure on public services infrastructure. To ensure the sustainability of the investigated area it is necessary to conduct environmental monitoring studies (water, soil, air, and biota), socioeconomic diagnostics of local communities, actions of environmental management and environmental auditing.

**Keywords:** Oil activity; Environmental impact; Sustainability.

## 1 INTRODUÇÃO

A atividade petrolífera tem importância crucial para o estabelecimento dos padrões de consumo da sociedade vigente, já que permite a utilização do petróleo como fonte de energia, na produção de combustíveis e na fabricação de diversos artigos, tais como: plásticos, fertilizantes, solventes, borracha sintética, náilon e, medicamentos (FARIAS, 2008).

O petróleo para ser utilizado é inserido em uma cadeia produtiva: prospecção; avaliação de formação; exploração; perfuração; completação; elevação; produção; processamento de fluidos; refino; transporte; distribuição; e revenda (THOMAS, 2004).

Os produtos obtidos a partir do refino do petróleo são disponibilizados numa cadeia comercial através das aplicações: gás combustível; petroquímica; combustível doméstico e industrial; gasolina; gasolina de aviação; obtenção de aromáticos; óleo diesel; detergentes; óleo de aquecimento; óleos básicos lubrificantes; asfaltos; querosene de aviação; querosene de iluminação; parafinas; produção de anodos para produção de alumínio ou de eletrodos para produção de aço; geração de energia e; solventes (FARAH, 2013).

Apesar da importância econômica inquestionável a atividade petrolífera pode alterar os componentes ambientais: meio físico (clima, ar, geomorfologia, geologia, solos, águas superficiais e águas subterrâneas); meio biótico (vegetação e fauna) e; meio antrópico, principalmente pelos impactos ambientais: erosão, assoreamento, poluição do ar, poluição da

água, poluição do solo, desmatamento, remoção da cobertura do solo, poluição sonora, afugentamento da fauna e geração de resíduos sólidos e líquidos (SILVA e SILVA, 2009).

Os impactos ambientais da atividade petrolífera vêm sendo debatidos mundialmente por Testa et. al. (1994); Morales, Bifano e Escalona (1998); González; Leuro, Reyes e, Monroy (2011); Yakovleva (2011); Khodashenas, Roayaei, Abtahi e, Ardalani (2012); Afkhami, Karbassi, Nasrabadi e Vossogh (2013); Toro, Requena, Duarte e, Zamorano (2013); Kuemmerle, Baskin, Leitão, Prishchepov, Thonicke e, Radeloff (2014); Racicot, Roussel, Dauphinais, Joly, Noel e Lavoie (2014) e; Brown e Tari (2015). No Brasil essa discussão vem sendo realizada por Dantas e Reis (2009); Freitas e Pegado (2009); Martins e Silveira (2009); Medeiros e Araújo (2009); Nascimento e Reis (2009); Silva e Silva (2009); Aquino e Costa (2011); Monteiro e Jerônimo (2012); Costa e Martins (2014) e; Cunha e Dutra (2014).

Na Região Oeste do Estado do Rio Grande do Norte, localiza-se a Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, Estado do Rio Grande do Norte – BHRAM/RN, que abrange 52 municípios, numa área de 14.276 km<sup>2</sup> (26,8% do RN), sendo formada por quatro eixos: alto curso; médio curso superior; médio curso inferior e; baixo curso (SEMARH, 2015). O baixo curso contempla uma intervenção antrópica, relacionada com exploração de petróleo e gás, mineração de areia, exploração de calcário, atividade salineira, comércio e serviços, urbanização, tráfego de veículos, transporte de cargas, construção civil, turismo e hotelaria, fruticultura irrigada, carcinicultura, pesca, pecuária e geração de energia eólica.

No baixo curso da BHRAM, localiza-se o Campo Petrolífero Canto do Amaro – CPCA, região de maior produção nacional de petróleo em terra (PORTAL BRASIL, 2014) com sua respectiva infraestrutura de exploração, perfuração e produção.

Apesar do dinamismo econômico, essa área encontra-se em situação de vulnerabilidade socioambiental, tornando-se recorte para os estudos de Barbosa, Souza Neto e Silva Filho (2007); Oliveira e Santos (2007); Costa Filho, Barbosa e Petta (2008); Costa Filho et al. (2009); Costa Filho, Barbosa e Petta (2010); Medeiros, Cunha e Almeida (2011); Correia e Jerônimo (2012); Petta e Campos (2013); Meneses e Paula (2014); Oliveira e Jerônimo (2014); Pinto Filho e Petta (2016) e; Pinto Filho, Petta e Souza (2016). Entretanto, estes estudos não correlacionam a influência das atividades antrópicas nos componentes ambientais e as ações requeridas para atenuar essa problemática.

Assim, justifica-se a necessidade de investigar a pressão exercida no CPCA/RN, com sistema de múltiplas interações. A Organização para Cooperação e Desenvolvimento

Econômico – OCDE (1993) elaborou o método de Pressão-Estado-Impacto-Resposta – PEIR com o objetivo de promover uma gestão ambiental eficiente com conexão de seus elementos.

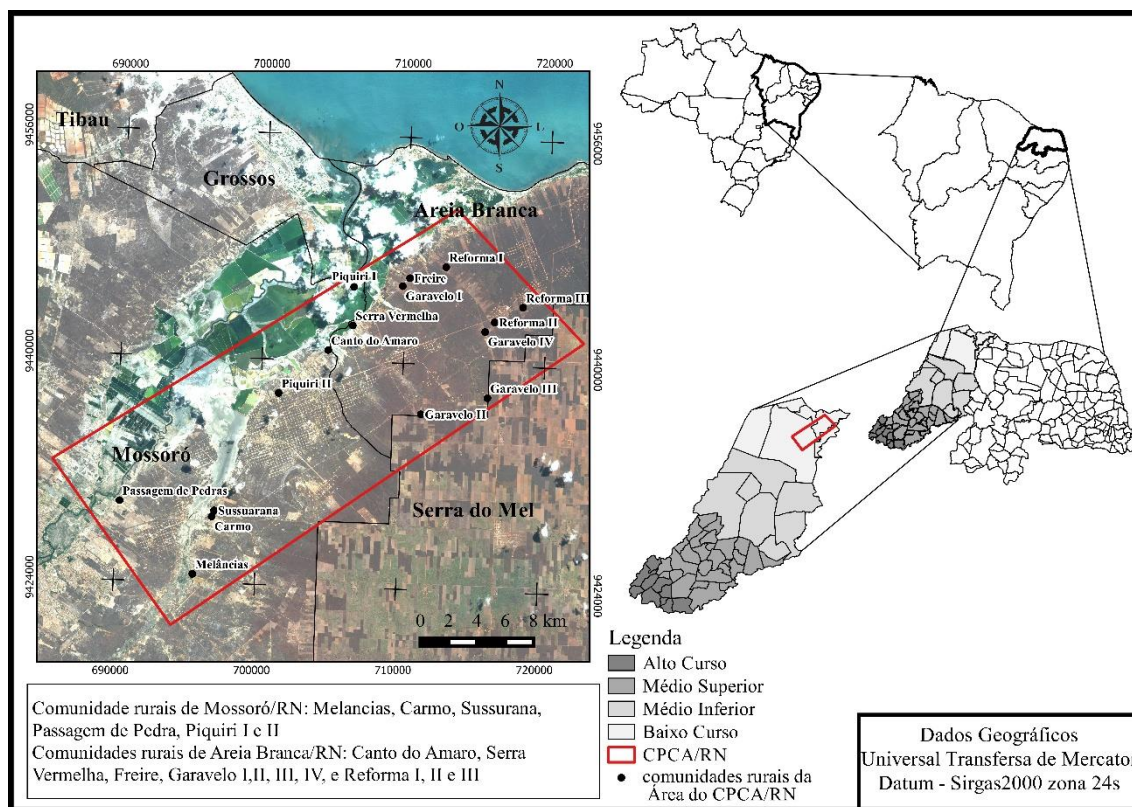
No Brasil, a aplicação dessa metodologia vem sendo realizada sob diferentes abordagens. Citam-se trabalhos realizados em reservas ambientais (CARO, QUINTEROS E MENDOZA, 2007), em terras indígenas (BRITO E CÂNDIDO, 2015), em áreas urbanas (CONCEIÇÃO E DORNELLES, 2008; ARIZA E ARAÚJO NETO, 2010), no turismo (OLIVEIRA, OLIVEIRA, GOMES E ANASTÁCIO, 2008), na mineração (FERREIRA, LIRA E CÂNDIDO, 2010), em serviços de saneamento (SCHNEIDER, SANTOS, MARTINEZ, COUTINHO, MALHEIROS E, TEMÓTEO, 2010), em serviços de gestão de resíduos sólidos (SILVA E CÂNDIDO, 2012; SILVA, SANTOS, CÂNDIDO E, RAMALHO, 2012) e em processos de desertificação (FERNANDES E BARBOSA, 2011). No entanto, ainda não aplicou essa ferramenta para apresentar um cenário dos impactos ambientais da indústria petrolífera.

O presente trabalho tem como objetivo geral realizar uma análise ambiental do CPCA/RN localizado no baixo curso da BHRAM/RN a partir da aplicação do sistema de avaliação PEIR. Para isso, elencaram-se como objetivos específicos: a) identificar as formas de pressão na região; b) apontar o estado ambiental na área de estudo; c) determinar os impactos ambientais da atividade analisada e; d) apontar respostas para problemática.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 ÁREA DE ESTUDO**

A área de estudo da referida pesquisa trata-se do CPCA/RN, localizado nos municípios de Mossoró e Areia Branca, no baixo curso da BHRAM/RN (**Figura 01**). Este campo petrolífero vem sendo explorado desde 1986, apresenta uma reserva de 116 milhões de barris de óleo, em uma área de aproximadamente 250 km<sup>2</sup> (MILANI E ARAÚJO, 2003).



**Figura 01:** Localização do Campo Petrolífero Canto do Amaro – CPCA/RN, 2018.  
**Fonte:** Elaboração de Jorge Luis de Oliveira Pinto Filho.

## 2.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA

A pesquisa classifica-se conforme sua finalidade em descritiva (descreve as características de dada população ou fenômeno em estudo) e, exploratória (torna o problema mais explícito). Quanto aos meios utilizados, enquadra-se como de campo e bibliográfica, através da aplicação do sistema de indicador de sustentabilidade PEIR (GIL, 2006).

A metodologia PEIR foi adaptada pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA a partir do método Pressão/Estado/Resposta – PER da OCDE para selecionar os descritores e indicadores de sustentabilidade (WINOGRAD, 1996).

A matriz PEIR é um instrumento analítico que objetiva retratar, as pressões que as atividades humanas exercem sobre o meio ambiente, como estas alteram a qualidade dos recursos naturais, os impactos causados e a reação da sociedade (PNUMA, 2002).

Os quatro aspectos envolvidos na metodologia PEIR visam: a) as Pressões que as atividades humanas impõem sobre o meio ambiente através de suas atividades e processos; b) o Estado em que se encontra o Meio Ambiente, mostrando a condição atual em termo de

qualidade ambiental; c) os Impactos causados pela atividade humana e suas conseqüências ou condição de saúde e bem-estar da população, economia, ecossistemas e; d) a Resposta da Sociedade às ações necessárias para mitigar, adaptar, prevenir, deter ou reverter impactos negativos sobre o meio ambiente, produzidos pelas atividades humanas (PNUMA, 2002).

A análise ambiental do CPCA/RN a partir da aplicação do sistema de avaliação PEIR se deu com coleta de dados da seguinte forma: levantamento teórico da caracterização da área; descrição do processo produtivo da atividade econômica (levantamento teórico e pesquisa em campo) e determinação *in loco* dos indicadores de sustentabilidade PEIR.

Para subsidiar o levantamento dos indicadores do PEIR no CPCA/RN utilizou-se o método Check-List em visitas nos meses de 06 e 07/2013 com a finalidade de identificar as fontes de poluição da área de estudo, por ser um método rápido e conciso (SÁNCHEZ, 2012).

As variáveis abordadas no Check-List foram embasadas em Derísio (2012), sendo as seguintes: localização da área de estudo; localização dos usuários dos recursos naturais; tipos de usos dos recursos naturais; possíveis fontes potenciais ou efetivamente poluidoras da área de estudo; efeitos da poluição ambiental e técnicas de controle da poluição ambiental.

Os dados primários e secundários obtidos foram expostos através de uma matriz de interação (SÁNCHEZ, 2012) e analisados através discussão com estudos dos impactos ambientais na atividade petrolífera no CPCA, no Brasil e no mundo.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 APLICAÇÃO DO PEIR NO CPCA/RN**

A aplicação do modelo PEIR para o CPCA/RN se deu com uma caracterização da área de estudo, descrição do processo produtivo, identificação dos indicadores de sustentabilidade da atividade petrolífera *onshore* e, proposição de indicadores de respostas de atenuação da problemática investigada.

#### **3.2 CARACTERIZAÇÃO DO CPCA/RN**

O CPCA/RN vem operando com 1.113 poços de petróleo e/ou gás (PORTAL BRASIL, 2012) com infraestrutura composta por cavaletes, central de tratamento dos cascalhos de perfuração, cisternas de proteção, dutos, estação de tratamento de efluentes, estação de tratamento de óleo, estações coletoras de óleo, estações de bombeamento, estações

receptoras de óleo, estradas, incineradores, jazidas de areia, lagoas de tratamento, linhas de produção, linhas de surgências, linhas de vapor, linhas elétricas de alta tensão, poços de injeção, sondas de perfuração e veículos de transportes de óleo.

### 3.3 PROCESSO PRODUTIVO DO CPCA/RN

A cadeia produtiva do petróleo é organizada nas fases Upstream (exploração, perfuração e produção), Midstream (refinamento) e Downstream (transporte, distribuição e comercialização) (THOMAS, 2004). Neste trabalho enfatizou-se a fase Upstream que contempla as atividades do CPCA/RN (prospecção; avaliação de formação; exploração; perfuração; completação; elevação e; produção).

### 3.4 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PEIR NO CPCA/RN

#### *Pressão*

PRESSÃO	INDICADORES DE PRESSÃO
PROCESSO PRODUTIVO DO CPCA/RN (fase Upstream)	Prospecção
	Avaliação de formação
	Exploração
	Perfuração
	Completção
	Elevação
	Produção

**Quadro 01:** Indicadores de Pressão exercida no CPCA/RN

Na área do CPCA/RN a fase de prospecção é composta pelas etapas: permissória, elaboração de croqui da área, estudos geodésicos, abertura e nivelamento da área, perfuração da área, carregamento, tamponamento, espalhamento de material, detonação, recolhimento de material, oficinas de cabos e recuperação da área. Na fase de avaliação de formação dos reservatórios de petróleo encontram-se as etapas de perfilagem a poço aberto, testes de pressão a poço revestido e perfilagem de produção. Para exploração de petróleo são adotadas as etapas de construção da base, operação de Desmontagem Transporte e Montagem – DTM e perfuração do poço. A perfuração de poço ocorre com construção de acessos, construção da base do poço, intervenção da sonda de perfuração, instalações de tanques de testes para poços exploratórios, instalação de linha de surgência e avaliação da capacidade de produção para poços exploratórios. Na adequação dos poços de petróleo é executada a fase de completação,

com ações de circulação de fluido, uso de máquinas de combustão interna, correção de cimentação montagem do canhão e completação. Para tornar o CPCA/RN apropriado para produção inicia-se a fase de elevação, através de instalação, operação e manutenção do bombeio mecânico com hastes; instalação do poço de injeção e descartes dos fluídos do poço de injeção. Finalmente, a produção no CPCA/RN ocorre a partir das etapas de processamento primário, coleta, transporte, armazenamento e distribuição do petróleo para refino.

Estado

ESTADO	INDICADORES DE ESTADO
MEIOS FÍSICOS E BIÓTICOS	Recursos Hídricos (Superficiais e Subterrâneos)
	Solo
	Ar
	Fauna e Flora
MEIO ANTRÓPICO	Colaboradores
	Vizinhança
	Sociedade

Quadro 02: Indicadores de Estado para o CPCA/RN

Impacto

FASES DO PROCESSO PRODUTIVO <sup>1</sup>	INDICADORES DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS																															
	MEIO FÍSICO			MEIO BIÓTICO	MEIO ANTRÓPICO																											
	SOLO	AR	ÁGUA		COLABORADOR	VIZINHAÇA			SOCIEDADE																							
	Alteração das propriedades biológicas	Alteração das propriedades físicas	Alteração das propriedades químicas	Indução de processos erosivos	Geração de ruídos	Emissões Atmosféricas	Poluição Sonora	Alteração microclimática	Alteração da qualidade da água superficial	Alteração da qualidade da água subterrânea	Alteração do regime de escoamento	Escassez de Água	Interferência na Fauna Local	Interferência na Flora Local	Alteração da estabilidade do ecossistema	Alteração nas condições de segurança	Alteração nas condições de saúde	Riscos ambientais	Alteração da paisagem	Alteração na estrutura de bens edificados	Alteração das condições de segurança	Incomodos à comunidade	Tráfego de máquinas pesadas	Geração de royalties	Geração de emprego e renda	Utilização da mão de obra local	Pressão na infraestrutura dos serviços públicos	Geração de Energia e combustível	Projeção da região no cenário nacional			
1	X		X	X	X	X							X	X		X																
2	X	X	X	X		X	X				X		X	X	X				X					X		X						
3	X	X	X	X		X	X		X	X	X		X	X	X	X		X	X					X	X	X	X	X	X			
4	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X		X	X				X	X	X	X	X	X	X			



5	X	X	X		X	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
6	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

<sup>1</sup>Fases do CPCA/RN: 1- Prospecção, 2- Avaliação de formação, 3- Exploração, 4- Perfuração, 5- Completação, 6- Elevação e, 7- Produção.

**Quadro 03:** Indicadores de Aspectos e Impactos no CPCA/RN

A fase de prospecção do CPCA/RN propulsiona a geração de emprego e renda; entretanto verificam-se também impactos ambientais significativos, principalmente nas etapas de abertura e nivelamento da área, perfuração da área e detonação; é possível apontar que as emissões atmosféricas veiculares (**Figura 02-A**) e geração de ruídos (**Figura 02-B**) são os mais recorrentes. Essa complexidade na área de estudo já vem sendo alertada por Barbosa, Souza Neto e Silva Filho (2007) e Oliveira e Santos (2007), ao identificarem também poluição atmosférica e poluição sonora, respectivamente. Resultados semelhantes também foram identificados por Monteiro e Jerônimo (2012), Nascimento e Reis (2009), e, Martins e Silveira (2009) no Brasil; por Racicot, Roussel, Dauphinais, Joly, Noel e Lavoie (2014) no Canadá e; Yakovleva (2011) na Rússia. Tal situação merece destaque, já que a cadeia de produção de óleo contribui para formação de chuva ácida a partir das emissões de óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>) e de outras substâncias contaminantes (NO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>) classificadas como Gases de Efeito Estufa – GEI (GONZÁLEZ; LEURO, REYES E, MONROY, 2011).

A



B



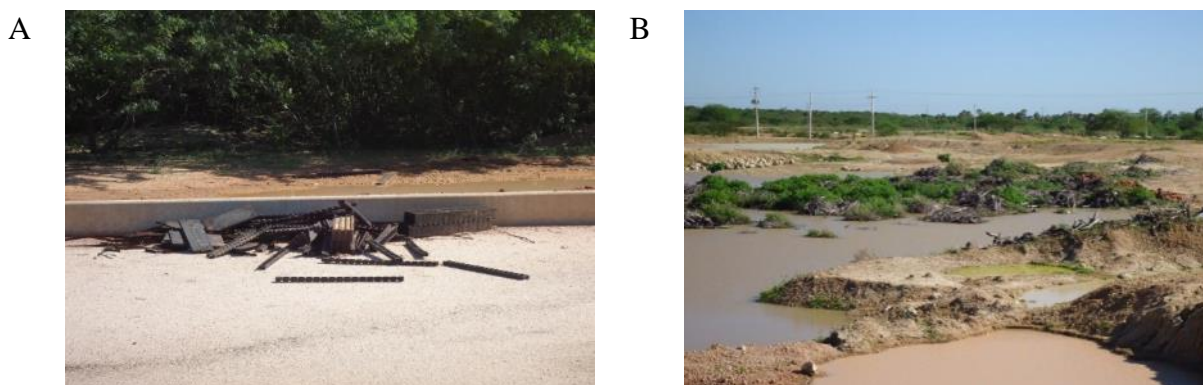
A – Emissões atmosféricas de tráfego de veículos para transporte de equipamentos (estações de investigação sísmica, estação total, explosivos sísmográficos) e pessoal. B – Geração de ruídos dos cabos e geofones, da detonação de explosivos e, das perfuratrizes mecanizadas.

**Figura 02:** Impactos ambientais mais recorrentes na fase de prospecção do CPCA/RN, 2013.

**Fonte:** Jorge Luis de Oliveira Pinto Filho.

Na fase de Avaliação da Formação da Cadeia Produtiva do CPCA/RN observa-se a geração de emprego e renda com fatores positivos; porém a mão de obra local não é utilizada, uma vez que para realizar essa etapa faz necessária equipe técnica especializada. Os impactos

adversos significativos das etapas desse processo são interferências no meio a partir da geração de resíduos sólidos (**Figura 03-A**) e remoção da cobertura do solo através do desmatamento (**Figura 03-B**). Tal problemática na área investigada também já foi enfatizada por Oliveira e Santos (2007) e Oliveira e Jerônimo (2014) ao constatarem a geração de resíduos e desmatamento em seus estudos, simultaneamente. Dados similares foram identificados em estudos de Costa e Martins (2014), Dantas e Reis (2009) e Nascimento e Reis (2009) no Brasil; Racicot, Roussel, Dauphinais, Joly, Noel e Lavoie (2014) no Canadá; Toro, Requena, Duarte e, Zamorano (2013) na Colômbia e; Yakovleva (2011) na Rússia. A destinação final dos resíduos sólidos é a maior preocupação da indústria petrolífera, em virtude principalmente, dos grandes volumes gerados (MENESES E PAULA, 2014).

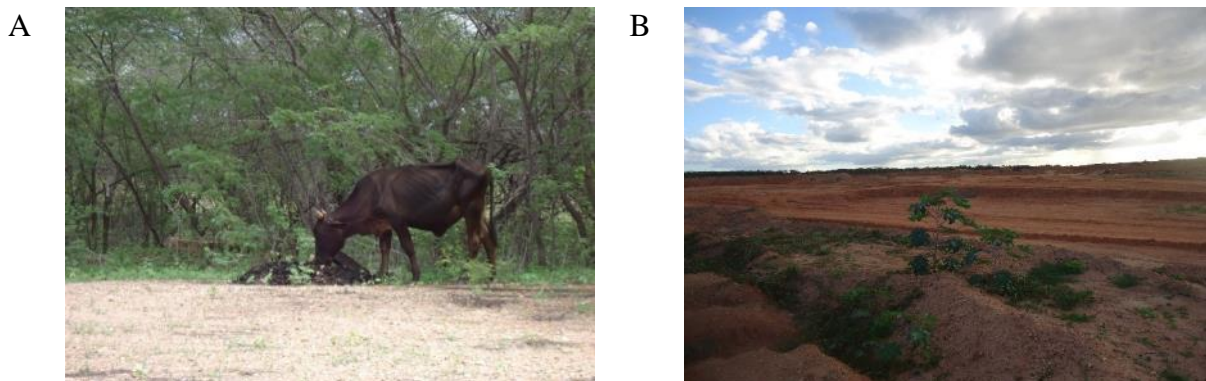


A – Acondicionamento inadequado de resíduos sólidos da perfilagem do poço de petróleo. B – Remoção da cobertura do solo na preparação da área para perfilagem do poço.

**Figura 03:** Impactos ambientais na fase de avaliação de formação do CPCA/RN, 2013

**Fonte:** Jorge Luis de Oliveira Pinto Filho

Na fase de Exploração do CPCA/RN os benefícios se expandem em relação às fases anteriores, com a geração de royalties e a maior possibilidade da utilização da mão de obra local em algumas atividades. Os impactos ambientais mais significativos são a alteração das propriedades do solo a partir da geração de lama e cascalho (**Figura 04-A**) e alteração dos compartimentos ambientais (**Figura 04-B**). Estes riscos na região também foram alertados por Meneses e Paula (2014) e Costa Filho, Barbosa e Petta (2010) ao determinarem em suas pesquisas a geração de cascalho e a infiltração de óleo no solo, concomitantemente. A interferência da fauna e flora com a atividade petrolífera também foi evidenciada por Costa e Martins (2014), Cunha e Dutra (2014), Martins e Silveira (2009) e Nascimento e Reis (2009) no Brasil; Afkhami, Karbassi, Nasrabadi e Vossogh (2013) no Irã e; Yakovleva (2011) na Rússia. Estas alterações são significativas na medida em que contribuem para redução da biodiversidade através da diminuição da flora, perda de habitat dos animais e arrefecimento da vida selvagem (TORO, REQUENA, DUARTE E, ZAMORANO, 2013).

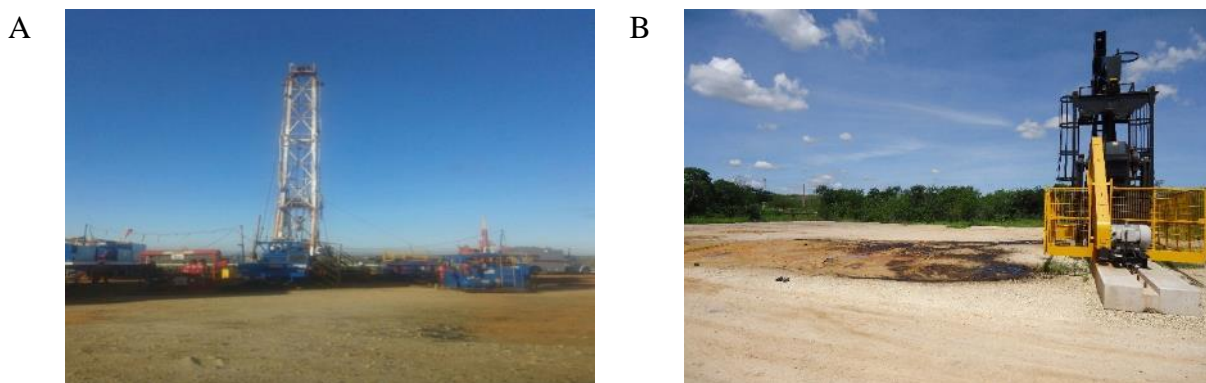


A – Acondicionamento inadequado dos resíduos sólidos da perfuração do poço de petróleo em contato com animal da pecuária local.  
 B – Alteração das características do solo, do regime de escoamento hídrico, da biota e fauna devido terraplanagem para exploração de petróleo.

**Figura 04:** Impactos ambientais da fase de exploração do CPCA/RN, 2013.

**Fonte:** Jorge Luis de Oliveira Pinto Filho

Na Fase de Perfuração do CPCA/RN constatam-se efeitos benéficos na geração de royalties, emprego e renda; porém, a utilização da mão de obra local limita-se apenas às etapas de construção de acessos e construção da base dos poços. Evidenciam-se alterações nos compartimento ambientais (solo, ar, água e biota) com a geração de ruídos (**Figura 05-A**) e a geração de fluídos (**Figura 05-B**). O predomínio de extensas áreas degradadas através das atividades petrolífera na área analisada (desmatamento, retirada do solo e derramamento de óleo no solo) pode proporcionar um cenário susceptível de desertificação (COSTA FILHO, BARBOSA E PETTA, 2008; COSTA FILHO ET AL., 2009; COSTA FILHO, BARBOSA E PETTA, 2010; MEDEIROS, CUNHA E ALMEIDA, 2011). Em estudos sobre as alterações em áreas de exploração de petróleo e gás Martins e Silveira (2009) e Nascimento e Reis (2009) no Brasil; Afkhami, Karbassi, Nasrabadi e Vossogh (2013) no Irã e; Yakovleva (2011) na Rússia também encontraram desequilíbrio ambiental através da interferência no solo e risco de derramamento de óleo com a geração de fluídos.



A – Geração de ruídos da intervenção da sonda de perfuração B – Infiltração de óleo no solo na instalação dos poços exploratórios.

**Figura 05:** Impactos ambientais da fase de perfuração do CPCA/RN, 2013.

**Fonte:** Jorge Luis de Oliveira Pinto Filho

Com a Fase de Completação do CPCA/RN evidenciam-se a geração de royalties, a geração de renda e emprego (utilizou-se de mão de obra local em todas as etapas). Porém, constata-se efeitos maléficos dessa fase nos sistemas ambientais, com a geração de efluentes líquidos (**Figura 06-A**) e degradação do solo (**Figura 06-B**). O quadro de vulnerabilidade na área de estudo vem sendo discutido por Correia e Jerônimo (2012) e Costa Filho, Barbosa e Petta (2010) ao detectarem, na seguinte ordem, vazamentos de óleo em sistemas de bombeio e óleo jorrado em instalação elétrica da estação automática de transmissão de dados. Resultados semelhantes foram obtidos por Costa e Martins (2014); Cunha e Dutra (2014), Dantas e Reis (2009), Martins e Silveira (2009), Medeiros e Araújo (2009) e, Nascimento e Reis (2009) no Brasil e; Yakovleva (2011) na Rússia ao determinar que a geração de fluídos e seu potencial de contaminação do solo e da água são um dos aspectos ambientais mais relevantes da atividade petrolífera. Tal situação merece destaque, pois Afkhami, Karbassi, Nasrabadi e Vossogh (2013), ao estudarem os impactos das atividades de petróleo no Irã, constataram poluição do solo por metais pesados (As, Cd, Cr, Ni, Cu, Zn, Pb e V) devido a introdução do fluido de perfuração e eliminação de lama desse processo.

A



B



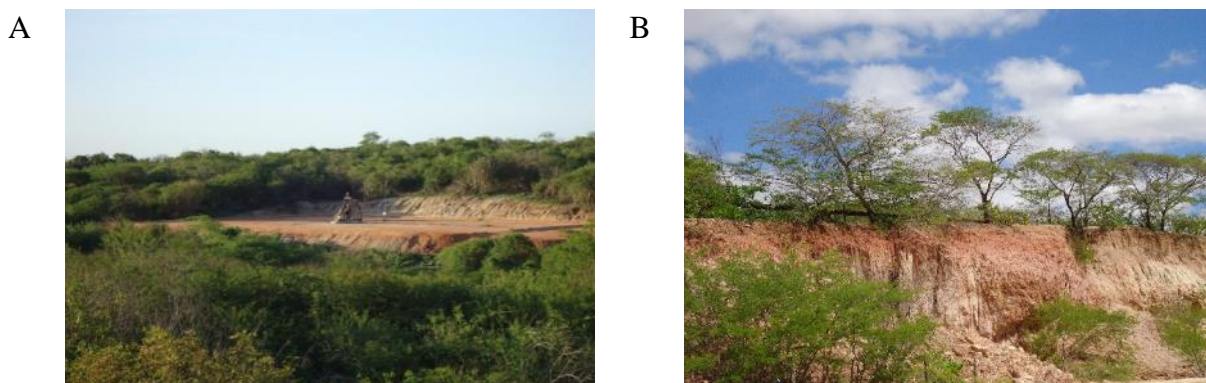
A – Geração de efluentes e resíduos na etapa de circulação de fluidos. B – Vazamento de óleo no solo no sistema de bombeio.

**Figura 06:** Impactos ambientais da fase de completção do CPCA/RN, 2013.

**Fonte:** Jorge Luis de Oliveira Pinto Filho

A Fase de Elevação no CPCA/RN oportuniza a geração de royalties, geração de emprego e renda, incluindo a mão de obra local. Essa fase proporciona alterações nos meios físicos, bióticos e antrópicos, principalmente na instalação do bombeio mecânico com hastes (**Figura 07-A**) com a supressão vegetal, que origina áreas susceptíveis a erosão (**Figura 07-B**). Ao realizarem estudos na região Oliveira e Jerônimo (2014) e Costa Filho, Barbosa e Petta (2008) afirmaram que atividade petrolífera constrói um cenário de riscos a partir da degradação de áreas com destaque para manguezais e erosão em áreas de poços, respectivamente. Estes impactos ambientais também foram determinados por Monteiro e

Jerônimo (2012) e Nascimento e Reis (2009) no Brasil; Brown e Tari (2015) na Nigéria e; Kuemmerle, Baskin, Leitão, Prishchepov, Thonicke e, Radeloff (2014) na Rússia. A alteração de ecossistemas com a indústria do petróleo proporciona perturbação dos animais de caça para alimentos e mudanças em rotas de migração, afetando significativamente as comunidades tradicionais através das modificações dos seus estilos de vida (YAKOVLEVA, 2011).



A – Supressão vegetal para instalação do bombeio mecânico com hastes. B – Áreas com linhas de surgência susceptíveis aos processos erosivos.

**Figura 07:** Impactos ambientais da fase de elevação do CPCA/RN, 2013.

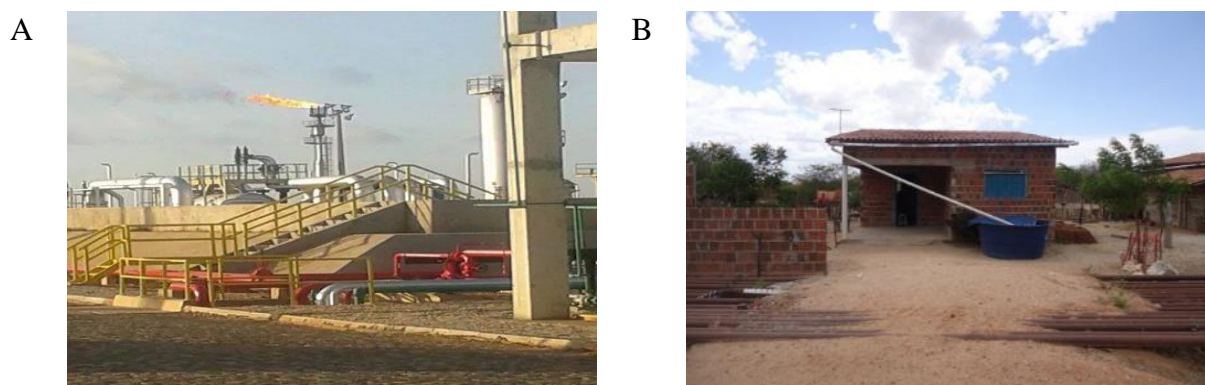
**Fonte:** Jorge Luis de Oliveira Pinto Filho

Na Fase de Produção no CPCA/RN apura-se que os benefícios gerados pela indústria petrolífera se consolidam, com a geração de royalties, geração de emprego e renda, utilização da mão de obra local, geração de energia e combustível e projeção da região no cenário nacional. Todavia, as etapas de processamento primário do petróleo, coleta, transporte, armazenamento do petróleo e sua distribuição para refino provocam alterações nos compartimentos ambientais (**Figura 08-A**) e no meio antrópico (**Figura 08-B**). As ameaças do CPCA/RN para as comunidades próximas já foram alertadas por Petta e Campos (2013) e Costa Filho, Barbosa e Petta (2010) ao identificarem, na seguinte ordem, valores da concentração de radônio acima do valor de isenção (em linhas de dutos), além de um cenário de vulnerabilidade social e econômica (devido às condições precárias de moradia, problemas no abastecimento de água e inexistência de coleta de resíduos sólidos). Ressalta ainda que Pinto Filho, Petta e Souza (2016) também determinaram vulnerabilidade socioeconômica e ambiental da população local do CPCA/RN.

Tal situação pode ser corroborada através resultados obtidos em estudos de Costa e Martins (2014), Monteiro e Jerônimo (2012), Aquino e Costa (2011), Freitas e Pegado (2009), Nascimento e Reis (2009) e, Silva e Silva (2009) no Brasil; Brown e Tari (2015) na Nigéria; Racicot, Roussel, Dauphinais, Joly, Noel e Lavoie (2014) no Canadá; Toro, Requena, Duarte

e, Zamorano (2013) e González; Leuro, Reyes e, Monroy (2011) na Colômbia e; Yakovleva (2011) na Rússia.

Os campos de exploração de petróleo podem proporcionar consequências deletérias nas populações locais, principalmente, quando se refere à saúde humana. Morales, Bifano e Escalona (1998) encontraram efeitos da deposição atmosférica ( $H^+$ ,  $SO_4-S$ ,  $NO_3-N$ ,  $NH_4-N$ ) em comunidades rurais na Bacia Hidrográfica de Maracaibo, Venezuela. Outra forma de manifestação da pressão exercida pela atividade petrolífera em comunidades próximas refere-se à radioatividade nos processos de produção de petróleo e gás (TESTA ET AL., 1994; KHODASHENAS, ROYAEI, ABTAHI E, ARDALANI, 2012).



A – Alteração microclimática com emissões atmosféricas no processamento primário dos poços de petróleo e gás. B – Pressão na comunidade com linhas de produção, surgências e vapor em frente a residência da população local.

**Figura 08:** Impactos ambientais da fase de produção do CPCA/RN, 2013.

**Fonte:** Jorge Luis de Oliveira Pinto Filho

### Resposta

A partir dos impactos ambientais no CPCA/RN apresenta-se uma proposta de indicadores de respostas para prevenir e/ou controlar os mesmos (**Quadro 04**). Estes dados são corroborados por Pinto Filho e Petta e Souza (2016) também determinaram ações atenuantes para a problemática do CPCA/RN.

RESPOSTA	INDICADORES DE RESPOSTA
Plano de gerenciamento de emissões atmosféricas	Identificação, caracterização, quantificação, classificação, manuseio, acondicionamento, tratamento e disposição das emissões atmosféricas
Plano de gerenciamento de resíduos semissólidos	Identificação, caracterização, quantificação, classificação, manuseio, acondicionamento, tratamento e disposição dos resíduos semissólidos.
Plano de gerenciamento de resíduos sólidos	Identificação, caracterização, quantificação, classificação, manuseio, acondicionamento, tratamento e disposição dos resíduos sólidos.
Plano de gerenciamento de efluentes líquidos	Identificação, caracterização, quantificação, classificação, manuseio, acondicionamento, tratamento e disposição dos efluentes líquidos.
Plano de controle da poluição hídrica	Identificação, caracterização, quantificação e classificação da poluição hídrica.

Plano de controle da poluição do solo	Identificação, caracterização, quantificação e classificação da poluição do solo.
Plano de controle de poluição sonora	Identificação, caracterização, quantificação e classificação da poluição sonora.
Plano de controle da poluição atmosférica	Identificação, caracterização, quantificação e classificação da poluição atmosférica.
Plano de controle da poluição visual	Identificação, caracterização, quantificação e classificação da poluição visual.
Plano de prevenção e controle da erosão	Testes da umidade do solo, determinação do escoamento superficial e uso de imagens da cobertura foliar para comparação.
Plano de recuperação de áreas degradadas	Mapeamento das áreas degradadas, indicadores da sucessão vegetal, indicadores de qualidade hídrica e, indicadores de qualidade do solo.
Plano de reflorestamento	Aerofotometria da vegetação e monitoramento (estruturais de riqueza, altura, diâmetro, densidade, diversidade, frequência e área basal).
Plano de manejo animal	Determinação da quantidade, densidade, diversidade e frequência das espécies.
Plano de prevenção e controle de ruídos	Medição dos níveis de ruídos e vibrações periodicamente nas áreas de produção.
Plano de inspeção veicular	Fiscalização da frota, monitoramento da qualidade do ar e monitoramento de acidentes.
Plano de contingenciamento de óleo	Identificação dos pontos de derramamento de óleo, coleta, transporte, armazenamento, tratamento e destino final desse produto.
Plano de prevenção e controle de riscos	Controle no armazenamento de produtos perigosos e no abastecimento de veículos, dados de produtos químicos e inspeções de segurança.
Projetos de educação ambiental	Determinação dos agentes envolvidos, palestras, conferências, seminários, cursos, projetos, visitas, aulas de campo e comunicação.

**Quadro 04 – Indicadores de Resposta no CPCA/RN**

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O CPCA/RN é o maior campo terrestre de petróleo no país, em funcionamento desde 1986, tem reserva de óleo de 116 milhões de barris e vem operando com infraestrutura que consta estradas; veículos de transportes; sondas de perfuração; poços de petróleo, gás e injeção; cavaletes; dutos; cisternas de proteção; linhas elétricas de alta tensão; linhas de produção, surgências e vapor; estações coletoras, bombeamento e receptoras de óleo; estação de tratamento de efluentes, óleos e cascalho de perfuração; incineradores e; jazidas.

A atividade petrolífera desenvolvida no CPCA/RN aborda as etapas de prospecção, avaliação de formação, exploração, perfuração, completação, elevação e produção, sendo possível a partir deste processo produtivo oportunizar a geração de emprego, renda, royalties, energia, combustível e projeção da região no cenário nacional.

Apesar do dinamismo econômico o CPCA/RN representa grandes riscos e vulnerabilidades socioambientais através dos impactos de geração de emissões atmosféricas, geração de resíduos semissólidos (lama e cascalho), geração de resíduos sólidos, geração de

efluentes líquidos, geração de ruídos, poluição hídrica, poluição do solo, poluição sonora, poluição atmosférica, poluição visual, supressão vegetal, processos erosivos, interferência na flora local, interferência na fauna local, alteração da estabilidade dos ecossistemas, alteração da dinâmica de uso do solo, riscos à saúde dos trabalhadores, pressão nas comunidades locais, interferências nas atividades tradicionais e, pressão na infraestrutura de serviços públicos.

Diante dessa situação são elencadas respostas para prevenir e/ou controlar os impactos ambientais: gerenciamento de emissões atmosféricas, resíduos semissólidos, resíduos sólidos, efluentes líquidos; controle da poluição hídrica, terrestre, sonora, atmosférica e, visual; prevenção e controle da erosão; recuperação de áreas degradadas; reflorestamento; manejo animal; prevenção e controle de ruídos; inspeção veicular; contingenciamento de óleo; prevenção e controle de riscos e; ações de educação ambiental.

A sustentabilidade do CPCA carece de estudos de monitoramento ambiental (água, solo, ar, e, biota), diagnósticos socioeconômicos das comunidades locais, ações de gestão ambiental e auditoria ambiental.

## REFERÊNCIAS

AFKHAMI, F.; KARBASSI, A. R.; NASRABADI, T.; VOSOOGH, A. Impact of oil excavation activities on soil metallic pollution, case study of an Iran southern oil field. **Environ. Earth. Sci.**, 70, 1219–1224, 2013.

AQUINO, F. N. P. M.; COSTA, L. F. L. G. Riscos ambientais em uma sonda de perfuração de petróleo onshore na unidade de negócios RN/CE – Mossoró/RN. **Holos**, a. 27, v. 3, 2011.

ARIZA, C. G.; ARAÚJO NETO, M. D. DE. Contribuições da geografia para avaliação de impactos ambientais em áreas urbanas, com o emprego da metodologia Pressão - Estado Impacto - Resposta (P.E.I.R). **Caminhos de Geografia**, v. 11, n.35, p. 128-139, 2010.

BARBOSA, C. T. P.; SOUZA NETO, J. A.; SILVA FILHO, C. A. Arsenic and antimony distribution in the stream sediments of the Canto do Amaro and Alto da Pedra Oil Fields, Northeastern, Brazil. **Brazilian Journal of Petroleum and Gas**, v. 1, n. 1, p. 45-50, 2007.

BRITO, A. L. C. DE; CÂNDIDO, G. A. Contribuições do sistema de indicador de sustentabilidade Pressão-Estado-Impacto-Resposta (P-E-I-R) na análise situacional da vulnerabilidade socioambiental das terras indígenas. **Revista Espacios**, v. 36, n. 06, 2015.

BROWN, I.; TARI, E. An Evaluation Of The Effects Of Petroleum Exploration And Production Activities On The Social Environment In Ogoni Land, Nigeria. **International Journal of Scientific & Technology Research**, v. 4, i. 4, 2015.



- CARO, C.; QUINTEROS, Z.; MENDOZA, V. Identificación de indicadores de conservación para la reserva nacional de Junín, Perú. **Ecología Aplicada**, v. 6, n. 1-2, p. 67-74, 2007.
- CONCEIÇÃO, R. S. DA; DORNELLES, L. M. A. Avaliação urbano-ambiental numa perspectiva de uso e ocupação do solo na área de planejamento 2 da cidade do Rio de Janeiro. **Geografares**, n. 6, p.61-72, 2008.
- CORREIA, B. R. B.; JERÔNIMO, C. E. M. Oportunidades de produção mais limpa no consumo de recursos hídricos na exploração & produção de petróleo *on shore* no estado do RN. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 7, n. 7, p. 1335-1348, 2012.
- COSTA FILHO A.; BARBOSA M. P.; PETTA R. A. O uso de geotecnologias no diagnóstico de risco a desertificação no Campo Petrolífero Canto do Amaro, Município de Mossoró-RN. **Engenharia Ambiental**, v. 5, n. 3, p. 243-253, 2008.
- \_\_\_\_\_. Avaliação dos Riscos e Vulnerabilidades na Infraestrutura Exploratória no Campo Petrolífero Canto do Amaro, Município de Mossoró, RN. **Engenharia Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 141-158, 2010.
- COSTA FILHO A.; BARBOSA M. P.; PETTA R. A.; COSTA, A. H. A. Identificação dos riscos nos processos erosivos dos rios Apodi e Mossoró no Campo Petrolífero Canto do Amaro, RN, com auxílio das imagens orbitais de alta resolução. **Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 223-230, 2009.
- COSTA, A. P. L.; MARTINS, R. A. Diagnóstico ambiental do meio físico: ausência de análises geoquímicas nos relatórios de controle ambiental para obtenção de licença prévia para perfuração de poços de petróleo onshore do Rio Grande do Norte. **Geochimica Brasiliensis**, v. 28, n.1, p. 108-115, 2014.
- CUNHA, G. S.; DUTRA, A. J. B. Avaliação da eletroflotação no tratamento de água produzida de petróleo. **Holos**, a. 30, v. 3, 2014.
- DANTAS, C. V. da C.; REIS, L. M. M. Dimensão social dos indicadores de sustentabilidade dos municípios produtores de petróleo e gás do Rio Grande do Norte. **Holos**, a. 25, v. 4, 2009.
- DERÍSIO, J. C. **Introdução ao controle da poluição ambiental**. 4. ed. São Paulo. Editora: Oficina de Textos, 2012, 224.
- FARAH, M. A. **Petróleo e seus derivados**: definição, constituição, aplicação, especificações e características de qualidade. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- FARIAS, R. F. de. **Introdução à química do petróleo**. Ciência Moderna; Rio de Janeiro, RJ: 2008.
- FERNANDES, M. DE F.; BARBOSA, M. P. Aplicações dos Indicadores Socioeconômicos e Ambientais no Modelo DPSIR (*Força Motriz/Pressão/Estado/Impacto/Resposta*) e Influências na Desertificação nos Municípios de Araripina-PI, Crato e Barbalha-CE e Marcolândia-PI. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, p. 722-737, 2011.

FERREIRA, E. DA S.; LIRA, W. S.; CÂNDIDO, G. A. Sustentabilidade no setor de mineração: uma aplicação do Modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta. **Engenharia Ambiental**, V. 7, n. 3, p.074-091, 2010.

FREITAS, J. S. A. de; PEGADO, E. A. da C. Inclusão da quantificação de emissões de gases do efeito estufa em estudos prévios de licenciamento ambiental de perfuração onshore. In: Erika Araújo da Cunha Pegado; Valdenildo Pedro da Silva (Org.). **Licenciamento Ambiental onshore: limites e otimização**. 1ed. Natal: Editora do IFRN, 2009, p. 57-88.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

GONZÁLEZ; A. M.; LEURO, O. M. C.; REYES, J. R. A.; MONROY, E. F. C. Comparison of potential environmental impacts on the production and use of high and low sulfur regular diesel by life cycle assessment. **Ciencia, Tecnología y Futuro**, v. 4, n. 4, 2011.

KHODASHENAS, A.; ROAYAEI, E.; ABTAHI, S. M; ARDALANI, E. Evaluation of Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM) in the South Western Oil Wells of Iran. **Journal of Environmental Radioactivity**, v. 109, p. 71-75, 2012.

KUEMMERLE, T.; BASKIN, L.; LEITÃO, P. J.; PRISHCHEPOV, A. V.; THONICKE, K.; RADELOFF, V. C. Potential impacts of oil and gas development and climate change on migratory reindeer calving grounds across the Russian Arctic. **Diversity and Distributions**, v. 20, p. 416–429, 2014.

MARTINS, R. A; SILVEIRA, I. M. da. Implementação do programa de monitoramento ambiental na fase de perfuração: o caso de Governador Dix-Sept Rosado-RN. In: Erika Araújo da Cunha Pegado; Valdenildo Pedro da Silva (Org.). **Licenciamento Ambiental onshore: limites e otimização**. 1ed. Natal: Editora do IFRN, 2009, p. 114-130.

MEDEIROS, D. D. V; ARAÚJO, A. L. C. Rejeito do fluido de perfuração como passivo ambiental na elaboração de relatório de controle ambiental de atividade petrolífera onshore. In: Erika Araújo da Cunha Pegado; Valdenildo Pedro da Silva (Org.). **Licenciamento Ambiental onshore: limites e otimização**. 1ed. Natal: Editora do IFRN, 2009, p. 131-154.

MEDEIROS, W.; CUNHA, L.; ALMEIDA, A. C. DE. Riscos ambientais no Litoral: estudo comparativo Brasil-Portugal. **Cadernos de Geografia**, n. 30/31, 2011.

MENESES, C. G.; PAULA, G. DE A. Avaliação do resíduo de cascalho de perfuração de poços de petróleo da bacia potiguar e alternativas para sua destinação e reaproveitamento. **Revista Eletrônica de Petróleo e Gás**, Ano 3, n. 1, p. 29-38, 2015.

MILANI, E. J.; ARAÚJO, L. M. Recursos Minerais Energéticos: Petróleo Energy Mineral Resources: Petroleum. In: A. Bizzi, C. Schobbenhaus, R. M. Vidotti e J. H. Gonçalves (eds.) **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**. CPRM, Brasília, 2003.

MONTEIRO, C. A. S.; JERÔNIMO, C. E. M. Correlação dos aspectos e impactos ambientais à legislação para as atividades de exploração de petróleo on shore no RN. **Scientia Plena**, v. 8, n. 9, 2012.

MORALES, J. A.; BIFANO, C.; ESCALONA, A. Atmospheric deposition of SO<sub>4</sub> – S and (NH<sub>4</sub> + NO<sub>3</sub>) – N at two rural sites in the western Maracaibo Lake Basin, Venezuela. **Atmospheric Environment**, v. 32, n. 17, p. 3051-3058, 1998.

NASCIMENTO, I. L. M.; REIS, L. M. M.. Estudo de caso: análise de um Relatório de Controle Ambiental (RCA) referente à atividade de levantamento sísmico. **Holos**, a. 25, v. 3, 2009.

OECD. Organization for Economic Cooperation and Development. **OECD core set of indicators for environmental performance reviews**. (1993). A synthesis report by the Group on the State of the Environment. Paris. Disponível em: <http://www.nssd.net/pdf/gd93179.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2015.

OLIVEIRA, A. A. S.; JERÔNIMO, C. E. M. Mapeamento das áreas degradadas por poços de petróleo por meio da aerofotometria na região produtora de Mossoró-RN. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 1, p.648-651, 2014.

OLIVEIRA, I. S. S.; OLIVEIRA, D. C.; GOMES, L. J.; ANASTÁCIO, R. Indicadores de sustentabilidade: diretrizes para a gestão do turismo na APA Litoral Sul de Sergipe. **Caderno Virtual de Turismo**, v. 8, n. 2, p. 46-55, 2008.

OLIVEIRA, R. C.; SANTOS, J. B. Gestão ambiental nas empresas do setor de petróleo e gás em Mossoró-RN. **Holos**, v. 3, 2007.

PETTA R. A.; CAMPOS, T.F.C. Estimativa da Radioatividade Regional nas Instalações Petrolíferas e Industriais do Canto do Amaro (RN). **Revista de Geologia**, v. 26, n. 2, p. 35-44, 2013.

PINTO FILHO, J. L. O.; PETTA, A. R. Propostas de diretrizes de gestão ambiental para o campo petrolífero canto do amaro, RN, Brasil. **Estudo & Debate**, Lajeado, v. 23, n. 2, p. 245-264, 2016.

PINTO FILHO, J. L. O.; PETTA, A. R. SOUZA, R. F. Caracterização socioeconômica e ambiental da população do campo petrolífero Canto do Amaro, RN, Brasil. **Sustentabilidade em Debate**, v. 7, n. 2, p. 200-216, 2016.

PNUMA. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Projeto Geo Cidades: relatório ambiental urbano integrado - Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: PNUMA/MMA/IBAM/ISER/RED EH, 2002.

PORTAL BRASIL. **Produção de Petróleo fica Acima de 2,2 Milhões de Barris/dia pelo Terceiro mês Consecutivo**. Editorial, 10/04/2012. Disponível em: < <http://www.brasil.gov.br/noticias/arquivos/2012/04/10/producao-de-petroleo-ficaacimade-2-2-milhoes-de-barris-dia-pelo-terceiro-mes-consecutivo>>. Acesso em 27/10/2014.

PORTAL BRASIL. **Pré-sal brasileiro tem produção recorde de petróleo e gás em dezembro**. Editorial, 03/02/2014. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2014/02/pre-sal-brasileiro-tem-producao-recorde-de-petroleo-e-gas-em-dezembro>. Acesso em: 17 jul. 2018.

RACICOT, A.; ROUSSEL, V. B.; DAUPHINAIS, J. F.; JOLY, J. S.; NOEL, P.; LAVOIE, C. A Framework to Predict the Impacts of Shale Gas Infrastructures on the Forest Fragmentation of an Agroforest Region. **Environmental Management**, v. 53, p. 1023-1033, 2014.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impactos Ambientais: conceitos e métodos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

SCHNEIDER, D. D.; SANTOS, R.; MARTINEZ, R. C.; COUTINHO, S. M. V.; MALHEIROS, T. F.; TEMÓTEO, T. G. Indicadores para serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário voltados às populações vulneráveis. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 17, p. 65-76, 2010.

SEMARH. Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Banco de dados – SEMARH**. Disponível em:  
<http://servicos.semarh.rn.gov.br/semarh/sistemadeinformacoes/consulta/cBaciaDetalhe.asp?CodigoEstadual=01>. Acesso em: 10 abr. 2014.

SILVA, C. J. M. N. da; SILVA, V. P. Acompanhamento e monitoramento de impactos ambientais no licenciamento ambiental onshore. In: Erika Araújo da Cunha Pegado; Valdenildo Pedro da Silva (Org.). **Licenciamento Ambiental onshore: limites e otimização**. 1ª. ed. Natal: Editora do IFRN, 2009, p. 155-178.

SILVA, M. E.; CÂNDIDO, G. A. A análise de indicadores de sustentabilidade na problemática de resíduos sólidos em Campina Grande – PB. **REUNA**, v.17, n.1, p. 91-110, 2012.

SILVA, S. S. F.; SANTOS, J. G.; CÂNDIDO, J. A.; RAMALHO, A. M. C.; Indicador de Sustentabilidade Pressão-Estado-Impacto-Resposta no Diagnóstico do Cenário Sócio Ambiental resultante dos Resíduos Sólidos Urbanos em Cuité, PB. **Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade**, v. 2, n. 3, p.76-93, 2012.

TESTA, C.; DESIDERI, D.; MELI, M. A.; ROSELLI, C.; BASSIGNANI, A.; COLOMBO, G.; FANTONI, R. F. Radiation protection and radioactive scales in oil and gas production. **Health Phys.**, v. 67, n. 1, p.34-38, 1994.

THOMAS, J. E. (Org.). **Fundamentos de engenharia do petróleo**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Interciência: Petrobrás, 2004.

TORO, J.; REQUENA, I.; DUARTE, O.; ZAMORANO, M. A qualitative method proposal to improve environmental impact assessment. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 42, p. 9-20, 2013.

WINOGRAD, M. **Marco Conceptual para el desarrollo y uso de indicadores ambientales y de sustentabilidad para toma de decisiones em Latinoamérica y el Caribe**. Mexico: PNUMA/CIAT, 1996.

YAKOVLEVA, N. Oil pipeline construction in Eastern Siberia: Implications for indigenous people. **Geoforum**, v. 42, p.708-719, 2011.

\*\*\*

---

**Jorge Luís de Oliveira Pinto Filho** – Técnico em Saneamento pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte (CEFET-RN); bacharel em Gestão Ambiental pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN); mestre em Ciências do Solo pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA); e doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte UFRN. Atualmente é professor adjunto da UFERSA.

---

**Raquel Franco de Souza** – Possui graduação em Geologia pela Universidade Federal do Amazonas (Brasil - 1984), mestrado em Engenharia de Minas, pela Universidade de Akita, no Japão e doutorado em Engenharia de Recursos Naturais, pela Universidade de Tohoku, no Japão. Atualmente é professora Titular da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e participou ativamente da implantação e foi a primeira coordenadora, na UFRN, do Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, associação em rede de sete IES do nordeste (UFC, UFRN, UFPI, UFS, UFPE, UFPB e UESC).

---

**Reinaldo Antônio Petta** – Graduação em Geologia pela Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' (UNESP); mestrado em Geoquímica pela Universidade Federal da Bahia (UFBA); e doutorado em Geoquímica pela UNESP, com 02 anos *sandwich* na Universidade Católica de Louvain (UCL), na Bélgica. Pós-Doutorado em Geoprocessamento na Universidade da Califórnia (UCSB) e Pós-Doutorado em Geoprocessamento no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Professor Associado IV do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), onde coordena, desde 1995, o Laboratório de Geomática e Ciências Ambientais (LAGEOMA).

---

Recebido para publicação em 15 de junho de 2018

Aceito para publicação em 11 de julho de 2018