



## As alterações do albedo superficial em áreas de exploração petrolífera *onshore* na Bacia Potiguar no RN

Agassiel de Medeiros Alves<sup>1</sup>; Venerando Eustáquio Amaro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia do Petróleo – [agassiel@gmail.com](mailto:agassiel@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Orientador do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia do Petróleo - [amaro@ufrn.br](mailto:amaro@ufrn.br)

### RESUMO

O presente trabalho aborda a discussão sobre a exploração petrolífera *onshore* que ocorre na Bacia Potiguar, nos limites do estado do Rio Grande do Norte, sob o foco das alterações do índice de albedo superficial associada a estes. O albedo é considerado uma significativa variável na compreensão do balanço energético que compõe importante elemento da análise de alterações climáticas globais. Através da utilização de ferramentas de sensoriamento remoto e SIG, utilizando-se das cenas produzidas pelo sensor OLI do satélite Landsat-8, foi possível determinar as variações do índice de albedo nos campos petrolíferos ali existentes. O levantamento indica, com a determinação dos valores processados, que não houveram significativas alterações da reflectância nas áreas de exploração petrolíferas até agora analisadas, em relação às demais áreas sob influência antrópica.

**Palavras-chave:** Bacia Potiguar, campos de produção, SIG, albedo, análise ambiental.

### 1. INTRODUÇÃO

Esta pesquisa baseia-se inicialmente na análise do albedo, como relevante fator do balanço de energia, da superfície terrestre relacionado aos 101 campos de produção *onshore* existentes nos limites da Bacia Potiguar no estado do Rio Grande do Norte. Neste artigo são apresentados os dados dos campos de Canto do Amaro e Campo de Baixa do Algodão.

A Bacia Potiguar possui uma área total de cerca de 49.000 km<sup>2</sup>, destes 27.000 km<sup>2</sup> *offshore*, e 22.000 *onshore*, divididos entre os estados de CE e RN. É considerado o maior campo atualmente de exploração continental do Brasil, e tem no estado do RN uma área estimada de 16.903,9 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 34,5%

da área total com abrangência. (AnP, 2014)

Baseando-se na necessidade do acompanhamento das variações climáticas e seus sistemas relacionados, o controle de índices de albedo faz-se necessário por se tratar de um relevante índice de reflectância de radiação solar. O foco da interpretação do índice de albedo é feito em escala superficial da atmosfera (ToA) e o índice de albedo das superfícies.

A Bacia Potiguar está localizada em uma região de clima semiárido, com subclassificação na área central de semiárido severo, com a excepcionalidade da conexão entre a zona costeira e a caatinga (savana), com clima seco e quente, temperaturas acima de 25°C e médias pluviométricas anuais inferiores a 600 mm. O processo natural



de desertificação se faz presente nesta região sendo alterado sob a ação antrópica ali existente. (ANDRADE, 1973, p.153)

A exploração petrolífera na Bacia Potiguar remonta a década de 50 do século XX, e evoluiu significativamente à medida que novos campos foram descobertos e as tecnologias de extração evoluíram, possibilitando a extração de petróleo e gás natural *onshore* em 7.071 poços no estado. (AnP, 2014)

Associado a isto, segundo o Relatório de 2013 da Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2013), outras formas de energia foram exploradas do estado, de forma significativa temos a lenha, energia elétrica (termoelétricas e eólicas) e biomassa da cana-de-açúcar.

O albedo é um conceito associado à reflectância da radiação solar pela atmosfera, onde cerca de 30% da radiação, principalmente de ondas curtas, é refletida de volta ao espaço. É considerado um importante indicativo das mudanças climáticas globais.

Em termos climáticos locais e regionais, o índice de albedo superficial é uma variável significativa na análise nas demais (temperatura, humidade, precipitação, evapotranspiração). A principal moduladora do albedo atmosférico / superficial é a cobertura de nuvens, associado à composição de aerossóis atmosféricos e do grau de incidência dos raios solares de acordo com a localização da área em análise. (VEISSID; PEREIRA, 2000)

Na realidade da área de estudo, as mudanças no albedo de superfície originadas exploração de biomassas (desmatamentos) e processos de desertificação, além de alterações na composição atmosférica, por introdução de aerossóis e gases, provenientes da queima da biomassa constituem componentes importantes para o controle desse balanço energético da atmosfera. (ECK et al., 1998).

Considerando os aspectos naturais relativos ao bioma caatinga, que compõe a quase totalidade da área da Bacia Potiguar *onshore*, de caráter semiárido, os índices de albedo representam uma importante variável a ser observada no cômputo da evolução climática, em face de suas estruturas naturais e demais relações de ação antrópica ali estabelecidas.

## 2. METODOLOGIA

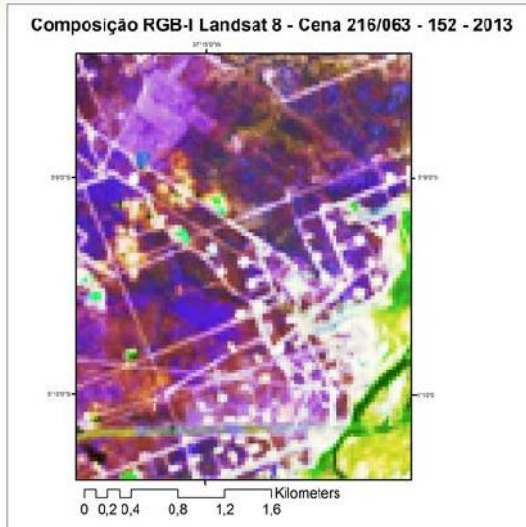
Utilizando-se de técnicas de sensoriamento remoto e SIG, o levantamento dos dados necessários para a observação dos níveis de albedo superficial da Bacia Potiguar no RN baseou-se no processamento das imagens do satélite Landsat 8, fornecidas pela USGS.

Foram utilizadas cinco cenas para cobrir toda a área em análise, 216/063(159), 216/064(191), 215/063(152), 215/064(152) e 214/064(161). As datas selecionadas foram as de maior proximidade ao período de afélio do ano no mês de julho, e que possuíam a menor cobertura de nuvens (<7%).

O trabalho de campo realizado permitiu o levantamento de campo de pontos de georreferência para garantir a precisão espacial das informações associadas ao sistema de projeção WGS-84, o que garantiu uma precisão de 7,64m para as imagens em análise com uma resolução de 30x30m por pixel.

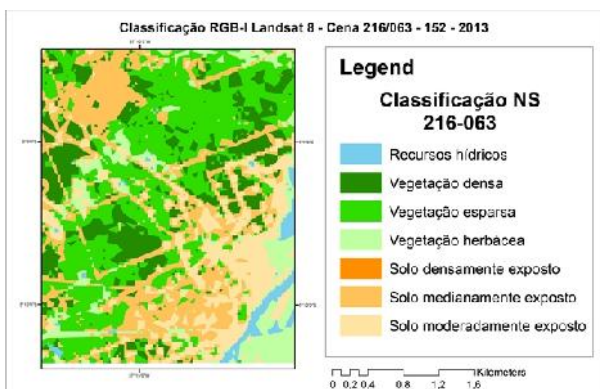
A partir da composição das cenas na combinação RGB-I (R-6, G-234, B-53, I-7) foi possível destacar as diferentes estruturas de vegetação, áreas exploradas, solo exposto, variações de solo, reservas hídricas e demais formas de ocupação humana. (Figura 1)

Estas informações favoreceram a compreensão da leitura das áreas de exploração petrolífera, bem como a de processos naturais de alto nível de reflectância (Figura 2).



**Figura 1:** Composição das imagens Landsat 8 (RGB-I).

Foram utilizadas ainda como fontes complementares de informação as imagens de alta resolução do satélite Rapideye e Topodata (MMA, 2014), para averiguação de questões da classificação das imagens. Os dados referentes aos campos de exploração, poços instalados e gasodutos foram obtidos junto ao Banco de Dados de Exploração e Produção – BDEP da Agência Nacional de Petróleo (AnP, 2014).



**Figura 2:** Classificação NS da cena do Landsat 8 – 216-063(152/2013)

A partir da coleta destas informações de base, foram aplicados os sistemas de correção atmosférica e análise de reflectância por dois métodos: o 6S associado ao proposto por Liang (2000); e a ferramenta GeoBia, utilizado no software ArcGis 10.2.

Através do método GeoBia, foi possível fazer uma leitura panorâmica de todo o albedo proveniente da superfície da Bacia Potiguar em uma perspectiva regional na análise as variações através de análises comparativas entre áreas preservadas e demais atividades desenvolvidas.

O método baseia-se no cálculo de reflectância com correção atmosférica:

$$R_{\text{earth}} = R_{\text{sat}} - (R_{\text{scatter}} - 0.01) \quad [1]$$

Onde,

$R_{\text{earth}}$ : Reflectância da superfície da terra

$R_{\text{sat}}$ : Reflectância do ToA

$$R_{\text{sat}} = \frac{(DN - 0.0002) - 01}{\cos SZ} \quad [2]$$

Onde,

DN = número digital;

cos SZ = cosseno de  $90^\circ$  – grau de elevação solar;

$R_{\text{scatter}}$  : Reflectância dispersa na atmosfera

$$R_{\text{scatter}} = \frac{(DN_{\text{min}} - 0.0002) - 01}{\cos SZ} \quad [3]$$

Onde,

$DN_{\text{min}}$  = valor mínimo de DN;

cos SZ = cosseno de  $90^\circ$  – grau de elevação solar;

A partir da utilização do sistema de correção 6S (ANTUNES et al, 2014, p. 03) foi empregada a correção das bandas 2,3,4,5,6 e 7, sendo subdivididas nas faixas 2,3,4 (visível), 5 (infravermelho próximo), 6 e 7 (infra-vermelho médio).

Os itens de observação deste método são baseados na utilização das seguintes variáveis: ângulo solar, ângulo zenital, distância terra-sol, cobertura de aerossóis e modelo de atmosfera.

A correção atmosférica foi feita individualmente nas bandas, o que propiciou uma expressiva interpretação através de três etapas: Calibração e radiância, Correção atmosférica (ToA), e





por último a mensuração do albedo superficial através do método Liang (2000).

Calibração e radiância:

$$L_{\lambda} = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{Q_{\text{cal max}} - Q_{\text{cal min}}} (Q_{\text{cal max}} - Q_{\text{cal min}}) + L_{\min} \quad [4]$$

Onde,

$L_{\lambda}$  : Valor de radiância

$L_{\max}$ : Valor máximo de radiância (W/Esteradiano/m<sup>2</sup>/μm)

$L_{\min}$ : Valor mínimo de radiância (W/Esteradiano/m<sup>2</sup>/μm)

$Q_{\text{cal max}}$ : Valor máximo de níveis de cinza utilizados na quantização dos dados

$Q_{\text{cal min}}$ : Valor mínimo de níveis de cinza utilizados na quantização dos dados

f) Correção atmosférica:

$$\tau_{\text{ap}} = \frac{f \times L_{\lambda} \times d^2}{E_{\text{sol}} \times \cos \theta_s} \quad [5]$$

Onde,

$\pi$  : ângulos sólido em esterradiano;

$L_{\lambda}$  : Valor de Radiância;

$d$  : distância sol-terra em unidades astronômicas (UA);

$E_{\text{sol}}$  = irradiância solar para uma dada banda em W/m<sup>2</sup>/μm;

Após a correção atmosférica, as bandas analisadas do sensor OLI são submetidas ao cálculo de albedo superficial, baseado na adaptação do método proposto por Liang (2000, p. 227) para o sensor ETM+ para o sensor OLI, com as devidas adaptações de ondas curtas e da faixa do visível.

Albedo superficial

$$r^{\text{OLI}} = (0.356r_2 + 0.317r_3 + 0.130r_4 + 0.373r_5 + 0.085r_6 + 0.072r_7) - 0.0018 \quad [6]$$

Onde,

$^{\text{OLI}}$  = Sensor Operational Land Image –

Landsat 8, adaptado a partir da relação com as bandas do sensor ETM+.

0,356  $r_2$ : Valor específico de calibragem da banda.

Após a composição, classificação e análise do albedo ToA e superficial, foram feitas análises comparativas com a tabela global de albedo proposta por (Otterman, 1977), onde se verificou a relação entre as condições naturais que induzem ao albedo natural desta área, e as alterações causadas nos campos petrolíferos em análise.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados iniciais obtidos com a aplicação das técnicas GeoBia e 6S + Liang (2000), foi possível observar as seguintes considerações:

A área em análise possui um nível de reflectância baseado no albedo superficial associado ao estimado por Otterman (1977), no item “floresta soltando folhas durante uma estação seca, cerrado e semideserto” com albedo médio estimado em 0,18.

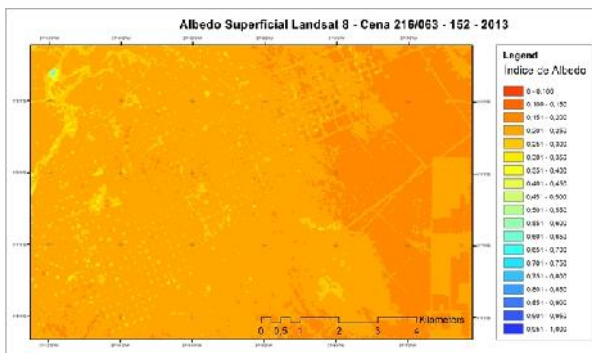
Considerando-se o índice de albedo de zonas desérticas (0,30), a área analisada encontra-se em nível inferior, em se considerando dados das bandas VIS/IR-P/IR-M (0,1571) e mais próximas em relação ao VIS/IR-P (0,2066), fato este associado ao nível de condições naturais preservadas e suas propriedades físico-químicas naturais após período de maior pluviosidade na região (jan-jun).

Através da utilização de pontos de controle: áreas de vegetação preservada, cobertura de nuvens, sombra de nuvens, depósitos de salinas e áreas urbanas, foi possível analisar comparativamente os índices de albedo relativo a estas áreas com diferentes tendências de variação.

Nas regiões de caatinga preservada, a tendência de menores índices apresenta-se na faixa de 0,10 a 0,15. Segundo Otterman (1977), a média de albedo relativo a florestas em áreas

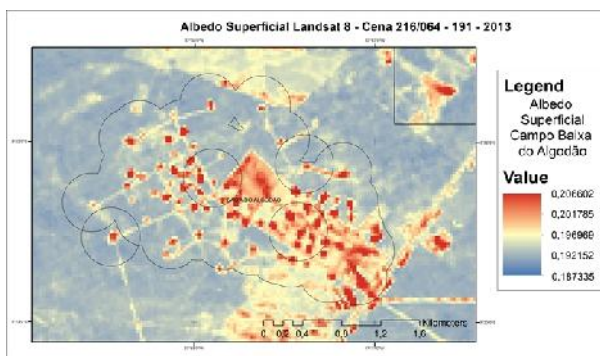


tropicais semiáridas é de aproximadamente 0,14 (Figura 3).



**Figura 3:** Estimativa de albedo superficial pelo método GeoBia de parte do Campo de Canto do Amaro.

A observação dos índices banda por banda proporcionou a integração das faixas do espectro eletromagnético do visível, infravermelho próximo e infravermelho médio, o que demonstraram que as faixas de curta frequência apresentam uma significativa tendência indicativa dos valores de albedo da área em análise, proporcionando uma quantificação mais precisa das áreas analisadas (Figura 4).



**Figura 4:** Estimativa de albedo superficial pelo método 6S e Liang(2000), do Campo de Baixa do Algodão.

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicam que as áreas de exploração petrolífera analisadas apresentam variação dos índices de albedo superficial em termos de alteração de valores do albedo superficial pouco significativos em relação

às alterações associadas a outras atividades antrópicas existentes na região (agropecuária, zonas urbanas, e exploração de demais recursos naturais).

Ainda será necessário quantificar estas áreas de alteração, com a conclusão da presente pesquisa, analisando-se comparativa os índices quanti-qualitativos destas alterações.

As relações entre as estruturas geossistêmicas que compõe a área de estudo devem ser levadas em consideração a fim de observar as causas de alterações de índices de albedo superficial em áreas de exploração cuja mesma técnica foi aplicada, no mesmo período e que apresentem diferentes valores.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao apoio do corpo docente e técnico que compõe o PPGCEP - UFRN, bem como à comunidade acadêmica do GEOPRO - UFRN, em especial ao Prof. Dr. Venerando Eustáquio Amaro.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M. C. *The semiard coastal region of northeastern Brasil*. In: AMIRAN, D. H. K.; WILSON, A. W. *Coastal Deserts: the natural and human environments*. The University of Arizona Press: Tucson, 1973.

ANTUNES, M. A. H.; FREIRE, R. M. B.; BOTELHO, A. S.; TONIOLLI, L. H. *Correções atmosféricas de imagens de satélites utilizando o modelo 6S*. Disponível em: <[http://www.researchgate.net/publication/255635015\\_correes\\_atmosfricas\\_de\\_imagens\\_de\\_satlites\\_utilizando\\_o\\_modelo\\_6s](http://www.researchgate.net/publication/255635015_correes_atmosfricas_de_imagens_de_satlites_utilizando_o_modelo_6s)>. Acesso em 13.02.2014

BRASIL, MME. Ministério das Minas e Energia, EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético**



**Nacional 2013:** ano base 2012. Rio de Janeiro: EPE, 2013

BRASIL. ANP. BDEP. **Banco de Dados de Exploração e produção.** Disponível em: <<http://app.anp.gov.br/webmaps/>> Acesso em 15.08.2014

ECK, T.F., BRENT, H. N., SHUTSKER, I. & SETZER, A. **Measurements of irradiance attenuation and estimation of aerosol single scattering albedo for biomass burning aerosols in Amazonia.** Journal Geophys. Res. 103 (D24): p.865-878. 1998

FADIGAS, E. A. F. A. ; REIS, L. B. ; CARVALHO, C. E. **Energia, Recursos Naturais e a Prática do Desenvolvimento Sustentável.** São Paulo: Manole, 2005

GALDINO, C. A. B. **Passivo ambiental e o setor de exploração de petróleo em terra: abordagem teórica e percepção institucional dos impactos ambientais gerados pela atividade.** Dissertação do Programa de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal/RN, 2003.

GOLDENBERG, J. ; LUCON, O. **Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento.** Edusp: São Paulo, 2007

IGAC - Instituto Geografico Agustin Codazzi. **Descripción y correccion de produtos Landsat 8:** Landsat Data Continuity Mission. Versión 1.0. Bogotá: Colômbia, 2013

OTTERMAN, J. **Anthropogenic impact on the albedo of the earth.** In: *Climatic Change* 1. Dordrecht, (1977) p. 137-155.,

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Geocatálogo.** Disponível em <<http://www.geocatalogomma.com.br/>> Acesso em 13.7.2014

USGS - Geological Survey. **Cenas do satélite Landsat-8:** Disponível em <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em 15.10. 2013.

VEISSID, N.; PEREIRA, E. B. **Estimativa do albedo planetário empregando dados do experimento célula solar do satélite brasileiro SCD2.** *Brazilian Journal of Geophysics*, Vol. 18(1), p. 26. 2000.