

MARIO TAVARES DE OLIVEIRA CAVALCANTI NETO  
(ORGANIZADOR)

# PETRÓLEO E GÁS

NOÇÕES BÁSICAS PARA ALUNOS  
DO ENSINO MÉDIO



**IFRN**  
Editora

MARIO TAVARES DE OLIVEIRA CAVALCANTI NETO

(ORGANIZADOR)

# PETRÓLEO E GÁS

NOÇÕES BÁSICAS PARA ALUNOS  
DO ENSINO MÉDIO



Natal, 2016

Presidente da República      Michel Temer  
Ministro da Educação      José Mendonça Bezerra Filho  
Secretária de Educação Profissional e Tecnológica      Eline Neves Braga Nascimento

**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia  
do Rio Grande do Norte**

Reitor      Wyllys Abel Farkatt Tabosa  
Pró-Reitor de Pesquisa e Inovação      Marcio Adriano de Azevedo  
Coordenadora da Editora do IFRN      Darlyne Fontes Virginio  
Conselho Editorial      André Luiz Calado de Araújo  
   Dante Henrique Moura  
   Jerônimo Pereira dos Santos  
   José Yvan Pereira Leite  
   Maria da Conceição de Almeida  
   Samir Cristino de Souza  
   Valdenildo Pedro da Silva

Todos os direitos reservados

**FICHA CATALOGRÁFICA**

Ficha elaborada pela Seção de Processamento Técnico da Biblioteca Sebastião Fernandes do Campus Natal Central do IFRN.

P497      Petróleo e gás: noções básicas para alunos do ensino médio. / Organização de Mário Tavares de O. Cavalcanti Neto.- Natal : IFRN, 2014  
169 p. il; color.

ISBN: 978-85-8333-177-3

1. Petróleo e Gás Natural – Formação Profissional. 2. Geologia do Petróleo. 3. Licenciamento Ambiental – Atividade Petrolífera. 4. Petróleo – Rio Grande do

CDU 622.323:377

**PROJETO GRÁFICO**

Guilherme Henrique Kramer D. de Lima

**DIAGRAMAÇÃO E CAPA**

Eriwelton Carlos Machado da Paz

**REVISÃO LINGUÍSTICA**

Pedro Henrique Grizotti  
Maria Clara Lucena de Lemos

**CONTATOS**

Editora do IFRN  
Rua Dr. Nilo Bezerra Ramalho, 1692, Tirol.  
CEP: 59015-300  
Natal-RN. Fone: (84) 4005-0763  
Email: editora@ifrn.edu.br

Edição eletrônica: E-books IFRN  
Prefixo editorial: 68066  
Disponível para download em:  
<http://memoria.ifrn.edu.br>

# LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Palestra ministrada na Escola Estadual Prof. Anísio Teixeira pelos professores Jossylúcio, Ana Karla e o técnico Auricélio. Foto dos brindes: Cartilha, <b>Folder</b> e Brindes distribuídos com as escolas e alunos .....	18
Figura 02: Modelo da Maquete doada às escolas de Ensino Médio.— .....	19
Figura 03: À esquerda, o Jogo Eletrônico interativo e a maquete de produção de gás e, à direita, amostras de petróleo bruto que compõe os brindes do PETROTEC aos alunos e escolas .....	19
Figura 04: Dois aspectos da prática de laboratório do experimento de verificação de adulteração de gasolina pela professora Ana Karla.....	20
Figura 05: Fotografia do ônibus utilizado para a realização das aulas práticas de campo: o PETROMÓVEL, adquirido pela FUNCERN com recursos da FINEP.....	22
Figura 06: Aspectos da aula de campo com alunos da Escola Estadual Edgar Barbosa .....	23
Figura 7: Outros aspectos da economia existente no trecho Natal – Macau. Aero geradores em João Câmara e Salina em Macau .....	24
Figura 08: Moinho de Vento na entrada de Macau/RN .....	26
Figura 09: Esboço climático simplificado do Rio Grande do Norte.....	30
Figura 10: Esboço vegetativo do Rio Grande do Norte.....	31
Figura 11: Estruturas geológicas simplificadas do Rio Grande do Norte.....	41
Figura 12: Mapa Geológico Simplificado do Trajeto percorrido pelo PETROMÓVEL, com Delimitações da Plataforma de Natal e da Bacia Potiguar .....	49
Figura 13: Esquema Simplificado do Processo de Geração das Rochas Sedimentares.....	50
Figura 16: Fotografia Mostrando Arrecifes na Região da Praia do Forte, Natal-RN.— .....	52
Figura 14: Imagem de Satélite da Cidade de Natal, sendo possível distinguir facilmente os Corpos de Dunas.— .....	52

Figura 15: Fotografia Mostrando Sedimentos Dispersos pelo Vento na Duna de Genipabu, ao Norte de Natal.....	53
Figura 17: Esquema Simplificado para a Geração de Bacias do Tipo <i>Rift</i> ....	56
Figura 18: Mapa Geológico da Bacia Potiguar.....	57
Figura 19: Afloramento da Formação Açu Próximo à Cidade de Apodi, Oeste Potiguar. Destaque para os Pacotes de Maré.....	58
Figura 20: Empilhamento Construído para Exemplificar o Contato da Formação Jandaíra (Calcário) com a Formação Açu (Arenito).....	59
Figura 21: Forno Utilizado na Queima de Calcário para a Produção de Cal.....	61
Figura 22: Modelo Simplificado do Sistema Petrolífero da Bacia Potiguar.....	62
Figura 23: Estrutura interna da Terra segundo o novo modelo e atual modelo.....	67
Figura 24: A figura abaixo mostra a influência de um corpo mineralizado (de maior densidade) na atração gravitacional medida num gravímetro.—	69
Figura 25: O campo magnético da terra afeta jazimentos que contem magnetita, gerando um campo induzido que é identificado no magnetômetro.....	70
Figura 26: Esquema de aplicação de método de eletrorresistividade.....	70
Figura 27: Esquema de aplicação de método de potencial espontâneo.....	71
Figura 28: Esquema de aplicação de método radiométrico.....	71
Figura 29: Exemplificação dos tipos de força normal (tração e compressão) e a cisalhante. As deformações plástica e frágil ocorrem ao ultrapassar o limite elástico.....	73
Figura 30: No campo elástico, após a remoção do esforço, a deformação é reversível, já no campo dúctil (deformação plástica), o caminho reverso é diferente, e após o ponto de faturamento (deformação frágil), não existe resposta ao alívio da tensão.....	73
Figura 31: Deformações elásticas e movimentos de partículas do terreno associados à passagem de ondas.....	74
Figura 32: Esquema de incidência de raio de onda P sobre uma interface de contraste de impedância acústica (produto da densidade pela velocidade da rocha.....	75

Figura 33: Imagens com alguns tipos de fontes terrestres não explosivas. ....	77
Figura 34: A – esquema de aquisição usando canhão de ar; B – imagem real de um canhão de ar. Os canhões de água são muito parecidos com os de ar, a liberação de ar/água sob forte pressão provoca a emissão de energia para subsuperfície. C, D – <i>boomers</i> , a placa metálica emite impulsos acústicos ou ondas de pressão.....	78
Figura 35: A – aplicação de geofone em área asfaltada; B – esquema da parte interna de um geofone de bobina móvel; C – hidrofone .....	79
Figura 36: A – Lanço simétrico, transdutores em ambos os lados da fonte; B – Lanço lateral, transdutores em apenas um dos lados.....	80
Figura 37: Esquema de levantamento sísmico marítimo tridimensional. Notar que o lanço é lateral, todos os transdutores estão num mesmo lado das fontes .....	80
Figura 39: Fluxograma básico de processamento dos dados sísmicos.— ..	82
Figura 40: Exemplo de aplicação de atributo sísmico. A imagem inferior ganhou um aspecto em relevo, que ajuda na interpretação de estruturas (falhas e dobras) .....	83
Figura 41: Exemplo de interpretação sismoestrutural. Mapeamento tridimensional de set de falhas em um campo de petróleo.....	84
Figura 42: Exemplo de interpretação sismoestratigráfica. Mapeamento de sequencias deposicionais.....	84
Figura 43: Esquema de perfilagem .....	86
Figura 44: Mapa de Localização dos epicentros dos tremores em relação ao trecho percorrido durante as aulas de campo do PETROTEC.— .....	90
Figura 45: O encaixe dos continentes como um quebra-cabeças.— .....	91
Figura 47: Placas Tectônicas, seus limites e sentido de movimento. ....	95
Figura 48: Comparação das Escalas de Richter e Mercalli.....	98
Figura 49: Imagem de Benjamin Franklin .....	103
Figura 50: Exemplo de máquina e aparelhos que transformam a eletricidade em outras formas de energias .....	104
Figura 51: Exemplo de fontes geradoras de eletricidade .....	105
Figura 52: Exemplo de geradores de eletricidade que não utilizam turbinas geradoras.....	106

Figura 53: Gerador eólico e moto-gerador a diesel.....	106
Figura 54: Massas de ar no Brasil.....	107
Figura 55: Esquema de um aereo gerador .....	108
Figura 56: Ilustração de um reservatório de petróleo .....	113
Figura 57: Exemplificação de uma prospecção sísmica.....	119
Figura 58: Representação de uma sonda de perfuração e alguns dos seus equipamentos.....	120
Figura 59 – Representação da coluna de revestimento e da camada de cimento.....	124
Figura 60 – Unidade de Bombeio (UB).....	126
Figura 61: Etapas da descoberta de um campo de petróleo e gás.....	129
Figura 62: Mapa regimes de contratação (Janeiro de 2015).....	130
Figura 63: Detalhe da coluna de perfuração.....	131
Figura 64: Amostra de Petróleo para análise.....	132
Figura 65: Origem e destino dos recursos para investimentos de P&D em petróleo no Brasil. ....	136
Figura 66: Marco regulatório do Pré-Sal e áreas estratégicas. ....	138
Figura 68 – Exemplo de grãos de uma rocha sedimentar com água: a. Rocha parcialmente saturada, com rocha+água+ar; b. Rocha saturada, totalmente preenchida com água .....	144
Figura 69 – Esquema da evolução de exploração de petróleo em um reservatório, em que a quantidade de óleo diminui com o avanço da exploração, e ao nível de água aumenta. ....	145
Figura 70 – Esquema ilustrando a injeção de água em um campo de petróleo, com a finalidade de aumentar a pressão para que o óleo ascenda à superfície. ....	146
Figura 71 - Evolução do Preço do Petróleo tipo <b>Brent</b> .....	<b>151</b>
Quadro 1: Principais Reservas Mundiais de Gás e Petróleo em Rocha Geradora—.....	157
Figura 72: Localização das reservas de óleo e gás em rocha geradora. ....	158
Figura 73: Esquema de produção de óleo e gás por “ <b>Fracking</b> ”.....	159

# SUMÁRIO

<b>EPÍGRAFE</b> .....	<b>11</b>
<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>Cap. I. AS AÇÕES DO PETROTEC NAS ESCOLAS DE ENSINO MÉDIO</b>	
<i>Mário Tavares de O. Cavalcanti Neto</i> .....	17
I.1 - INTRODUÇÃO .....	17
I.2 - PALESTRAS .....	18
I.3 - PRÁTICA DE LABORATÓRIO .....	20
I.4 - PRÁTICA DE CAMPO .....	22
I.5 - DEPOIMENTOS .....	24
REFERÊNCIAS: .....	28
<b>Cap. II. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS</b>	
<i>Jossylucio Jardell de Araújo e Rebecca Paiva de Araújo</i> .....	17
II.1 - INTRODUÇÃO .....	29
II.2 – ASPECTOS CLIMÁTICOS .....	29
II.3 – VEGETAÇÃO .....	30
II.4 - O RELEVO E SEUS MODELADOS .....	39
II.5 - A HIDROGRAFIA CONSOANTE AO RELEVO .....	43
REFERÊNCIAS .....	46
<b>Cap. III. GEOLOGIA AO LONGO DO TRAJETO DO PETROMÓVEL</b>	
<i>Matheus Lisboa Nobre da Silva</i> .....	48
III.1 - INTRODUÇÃO .....	48
III.2 - CONTEXTO GEOLÓGICO .....	49
III.2.1 - Plataforma de Natal .....	51
III.2.2 - Bacia Potiguar .....	56
III.2.3 - Embasamento Cristalino .....	60
III.3 - RECURSOS MINERAIS .....	60
III.3.1 - Calcário .....	61
III.3.2 - Petróleo e Gás .....	62
III.4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	63
REFERÊNCIAS .....	64
<b>Cap. IV. SÍSMICA APLICADA À PESQUISA DE PETRÓLEO</b>	
<i>Alinne Jéssica Dantas de Araújo</i> .....	68



IV.1 - INTRODUÇÃO .....	68
IV.2 - MÉTODOS GEOFÍSICOS .....	69
IV.2.1 - Método gravimétrico;.....	69
IV.2.2 - Método magnético .....	69
IV.2.3 - Métodos elétricos .....	70
IV.2.4 - Método radiométrico:.....	71
IV.3 - O MÉTODO SÍSMICO .....	72
IV.3.1 Aquisição .....	75
IV.3.2 Processamento.....	81
IV.3.3 Interpretação.....	83
REFERÊNCIAS .....	87

### **Cap. V. TERREMOTOS DE JOÃO CÂMARA/RN**

<i>Mário Tavares de Oliveira Cavalcanti Neto</i> .....	90
V.1 - INTRODUÇÃO .....	90
V.2 - DERIVA CONTINENTAL E TECTÔNICA DE PLACAS.....	91
V.3 - MEDINDO OS TERREMOTOS .....	96
V.4 - ATIVIDADES SÍSMICAS NO BRASIL.....	99
V.5 - OS TERREMOTOS DE JOÃO CÂMARA.....	99
REFERÊNCIAS .....	101

### **Cap. VI. ENERGIA EÓLICA, UMA ALTERNATIVA AO RIO GRANDE DO NORTE**

<i>Márcio Anderson de Medeiros Nunes</i> .....	103
VI.1 - INTRODUÇÃO .....	103
VI.2 - ENERGIA ELÉTRICA.....	104
VI.3 - ENERGIA EÓLICA.....	106
VI.4 - GERADOR EÓLICO.....	107
VI.5 - ENERGIA EÓLICA NO NORDESTE E NO RN .....	108
VI.6 - IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS .....	109
REFERÊNCIAS .....	111

### **Cap. VII. NOÇÕES SOBRE PROSPECÇÃO E PRODUÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS**

<i>José Auricélio Nogueira Custódio</i> .....	103
VII.1 - INTRODUÇÃO .....	113
VII.2 - CLASSIFICAÇÃO DO PETRÓLEO QUANTO AO TIPO .....	114
VII.3 - A EXPLORAÇÃO .....	115

VII.3.1 - Prospecção.....	115
VII.3.2.1 - Métodos Geológicos.....	116
VII.3.2.2- Geologia da Superfície .....	116
VII.3.2.3- Aerofotogrametria e Fotogeologia .....	116
VII.3.2.4- Geologia de Subsuperfície .....	117
VII.3.2.5 - Gravimetria .....	118
VII.3.2.6 - - Magnetometria.....	118
VII.3.2.7 - Métodos Sísmicos .....	119
VII.3 - A PERFURAÇÃO .....	120
VII.3.1 - Tubulações .....	121
VII.3.2 - Mesa Rotativa e Top Drive.....	122
VII.3.3 - Brocas.....	122
VII.3.4 - Fluidos de Perfuração.....	122
VII.3.5 - Revestimento .....	123
VII.3.5 - Cimentação .....	123
VII.4 - UNIDADE DE BOMBEIO (UB) .....	124
VII.4.1 - Estrutura da UB.....	124
REFERÊNCIAS .....	127

## **Cap. VIII. A DESCOBERTA DE UM CAMPO DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL EM 5 PASSOS**

<i>Carlos Alberto Poletto</i> .....	129
VIII. 1 - INTRODUÇÃO .....	129
VIII.2 - AQUISIÇÃO DE BLOCOS EXPLORATÓRIOS .....	130
VIII. 3 - ESTUDOS DA BACIA.....	130
VIII.4 - PERFURAÇÃO.....	131
VIII.5. PLANO DE AVALIAÇÃO .....	132
VIII.6 - AVALIAÇÃO DA DESCOBERTA.....	132

## **Cap. IX. MARCO REGULATÓRIO DA ATIVIDADE PETROLÍFERA NO BRASIL**

<i>Carlos Alberto Poletto</i> .....	134
IX.1 - INTRODUÇÃO .....	134
IX.2 - MARCO REGULATÓRIO DO REGIME DE CONCESSÃO DE PRODUÇÃO (LEI 9478/97).....	134
IX.3 - MARCO REGULATÓRIO DO PRÉ-SAL .....	137
REFERÊNCIAS .....	142

## **Cap. X. ÁGUA DE PRODUÇÃO EM POÇOS DE PETRÓLEO**

<i>Tarsila Barbosa Dantas</i> .....	143
X.1 - INTRODUÇÃO .....	143
X.2 - ÁGUA DE PRODUÇÃO.....	143
X.2.1 - Águas de formação.....	143
X.2.2 - Água de injeção .....	146
X.2.3 - Caracterização da água produzida.....	147
X.3 - USO E DISPOSIÇÃO .....	147
X.4 - ÁGUA PRODUZIDA E MEIO AMBIENTE.....	147
X.5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	148
REFERÊNCIAS .....	150

## **Cap. XI. POR QUE O PREÇO DO PETRÓLEO CHEGOU A NÍVEIS TÃO BAIXOS EM 2015?**

*Mário Tavares de O. Cavalcanti Neto, Luiz Fernando Dias Filho e*

<i>Bruna Marcela Soares de Araújo</i> .....	151
XI.1 - INTRODUÇÃO .....	151
XI.2 - ALGUNS CONCEITOS BÁSICOS .....	152
XI.3 - MATRIZ ENERGÉTICA .....	154
XI.4 - FONTES ALTERNATIVAS .....	155
XI.5 - <i>FRACKING</i> .....	156
XI.6 - RESPONDENDO ÀS QUESTÕES INICIAIS.....	161
REFERÊNCIAS .....	162

# EPÍGRAFE

Este livro relata alguns aspectos das ações do PETROTEC nas Escolas de Ensino Médio do Estado do Rio Grande, incluindo aquelas do âmbito Federal e Estadual. O PETROTEC é um projeto de “Implantação de um Programa de divulgação e promoção de atividades tecnológicas do setor de Petróleo e Gás (P&G) junto a alunos da rede de ensino médios do Rio Grande do Norte”, financiado pela FINEP através do Convênio: 01.10.0604.00, referência: 2535/09, executado pelo IFRN através do Grupo de Pesquisa Mineral/DIAREN/FUNCERN, com a participação da Petróleo Brasileiro S. A. (Petrobras) e Secretaria de Estado de Educação e Cultura (SEEC).

O enfoque do livro engloba desde as ações no espaço físico das Escolas até as aulas práticas de campo. Este último enfoque aborda os aspectos geográficos, geológicos, socioeconômicos e as particularidades existentes ao longo da BR 406, no trecho entre as cidades de Natal e Macau, que é a principal rota das práticas de campo. Outro trajeto se dá ao longo da BR 304, entre as cidades de Natal a Mossoró. Em ambos os roteiros são feitas entradas em certas localidades para atingir objetivos específicos, pois, apesar da finalidade do Projeto ser as atividades do setor de Petróleo e Gás, a equipe aproveita a oportunidade para focar temas relacionados às fontes energéticas estratégicas do Estado, uma vez que muitos alunos têm, nesta prática de campo, uma das poucas oportunidades de pôr em prática os ensinamentos tratados em sala de aula.

Procuramos, ainda, abordar as bases de cunho teórico associada a um assunto técnico ou, quando não cabível, transversalizar o tema às questões em escala global, a fim de fornecer ao aluno de Ensino Médio, uma dimensão apropriada e um entendimento, numa linguagem acessível. Essa estratégia é importante na compreensão do assunto tratado, bem como torna-se base para os conteúdos de diferentes disciplinas do ensino médio.

Desta forma, dividimos o livro em 11 capítulos, sendo o primeiro intitulado “AS AÇÕES DO PETROTEC NAS ESCOLAS DE ENSINO MÉDIO”,

em que o autor narra o que a equipe do PETROTEC executa nas escolas, incluindo palestras motivacionais e técnicas, aulas práticas de laboratório e as aulas de campo. Estas têm dois trajetos principais sendo um, ao longo da BR 406, o mais utilizado pela possibilidade de execução em um único dia, razão pela qual foi o objeto dos capítulos a seguir.

O segundo capítulo, descrito pelos autores Jossylúcio Jardell de Araújo e Rebecca Paiva de Araújo Silva, trata dos aspectos da geografia física do trecho. Este capítulo tem por título “ASPECTOS FISIAGRÁFICOS” e aborda aspectos do clima, vegetação, solo, relevo, pluviometria, hidrografia e socioeconomia.

No terceiro capítulo, autor Matheus Lisboa Nobre da Silva descreve a “GEOLOGIA AO LONGO DO TRAJETO DO PETROMÓVEL”, desde as rochas arqueanas com mais de 2,5 bilhões de anos nas proximidades de Taipu/João Câmara, passando pelas rochas da Bacia Potiguar, onde estão as concentrações de Petróleo e Gás, até os sedimentos representados pelo Grupo Barreiras, dunas na microrregião de Natal, entre outros. Além dessa abordagem, o autor retorna aos conceitos de rochas ígneas, metamórficas e sedimentares e menciona os recursos minerais das rochas aflorantes no trecho entre Natal e Macau.

Alinne Jéssica Dantas de Araújo descreve o método geofísico mais utilizado na prospecção de petróleo no quarto capítulo intitulado “SÍSMICA APLICADA À PESQUISA DE PETRÓLEO”. Antes de tratar diretamente esse método, ela discorre sobre outros métodos da geofísica usados na pesquisa de petróleo e gás.

O professor Mário Tavares de Oliveira Cavalcanti Neto aborda os terremotos no capítulo quinto, desde a teoria dos abalos sísmicos, tendo a Tectônica de Placas por base, até os casos registrados no município de João Câmara e adjacências. Esse capítulo tem por título “TERREMOTOS DE JOÃO CÂMARA/RN” e seu conteúdo se baseia em ampla pesquisa bibliográfica.

Ao longo do trajeto, diversos aero geradores compõem a paisagem desse novo vetor da economia norte-rio-grandense. Marcio Anderson Medeiros discorre sobre o tema, desde a descoberta da energia elétrica e suas fontes tradicionais e alternativas até o foco do capítulo e as

potencialidades do Estado. Esse sexto capítulo tem por título “ENERGIA EÓLICA, UMA ALTERNATIVA AO RN”.

No sétimo capítulo, Auricélio escreve sobre “NOÇÕES SOBRE PROSPECÇÃO E PRODUÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS” contemplando desde os trabalhos necessários à descoberta de depósitos de Petróleo e Gás, métodos geológicos e geofísicos, até a produção desses bens minerais energéticos tão essenciais à civilização contemporânea.

Os capítulos oitavo e nono são devidos ao geólogo Carlos Poletto. O oitavo é uma cópia autorizada do site <http://www.petrobras.com.br/fatos-e-dados/a-descoberta-de-um-campo-de-petroleo-e-gas-natural-em-5-passos.htm> que, sob o título “A DESCOBERTA DE UM CAMPO DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL EM 5 PASSOS” explica a formação geológica do petróleo, as técnicas de pesquisa e avaliação de campos petrolíferos. No capítulo nono, **o geólogo sênior Carlos** Alberto Poletto trata do “MARCO REGULATÓRIO DA ATIVIDADE PETROLÍFERA NO BRASIL”, segundo a legislação vigente à época de elaboração deste Livro, tema objeto de sua tese de doutoramento intitulada “Gestão compartilhada de P&D em Petróleo: A interação entre a Petrobras e a Universidade Federal do Rio Grande do Norte.” Essa tese foi realizada no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Petróleo, na UFRN.

O capítulo décimo trata da “ÁGUA DE PRODUÇÃO EM POÇOS DE PETRÓLEO”, onde Tarsila Barbosa Dantas discorre sobre o tema das águas subterrâneas que coexistem com os campos petrolíferos, sua importância e destinação.

O décimo primeiro e último capítulo discutem um tema atual: “POR QUE O PREÇO DO PETRÓLEO CHEGOU A NÍVEIS TÃO BAIXOS EM 2015?”. Luiz Fernando Dias Filho, Bruna Marcela Soares de Araújo e Mário Tavares discutem a geopolítica do Petróleo e Gás, as relações comerciais internacionais entre os países produtores e não produtores, as questões de mercado, energias alternativas, o novo método de produção denominado *fracking* e como tudo isso impacta no preço desta *commodity* e no desenvolvimento dos países, uma vez que todos dependem de energia para se desenvolverem.

Assim, o livro foi organizado tendo como objetivos atender às necessidades dos alunos de ensino médio do Estado do Rio Grande

do Norte e contribuir para que este setor de Petróleo e Gás seja mais conhecido e que possa sensibilizar mais e melhores alunos para profissões relacionadas.

Gostaríamos de expressar sinceros agradecimentos a todos aqueles que contribuíram, direta e/ou indiretamente, para a execução das atividades do projeto, com destaque para:

- A Financiadora de Estudos e Pesquisa (FINEP) pelo apoio financeiro ao projeto PETROTEC;
- O Instituto Federal de Ensino Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Campus Natal Central (IFRN/CNAT), na pessoa do seu Diretor Geral Prof. José Arnóbio de Araújo Filho, pelo apoio sempre presente às ações do PETROTEC;
- Aos componentes do Grupo de Pesquisa Mineral (GPM), todos os bolsistas do CNPq e, em especial, ao professor João Batista Monteiro de Sousa, diretor do Departamento de Recursos Naturais (DIAREN), pelo apoio sempre dispensado às ações do PETROTEC;
- À Fundação de Apoio à Educação e ao Desenvolvimento Tecnológico do Rio Grande do Norte (FUNCERN) pela gerência financeira;
- À Pro-Reitoria de Pesquisa e Inovação do IFRN, na pessoa do Pró-Reitor José Yvan Pereira Leite e ao Diretor de Pesquisa do CNAT, Prof. Samir Cristino da Silva pelo apoio com bolsistas de Pesquisa que auxiliaram na execução dos trabalhos.

Por fim, agradecer e pedir a benção de Deus sobre este livro e seus autores, na esperança de estar contribuindo com o conhecimento desta geração de alunos do Ensino Médio e auxiliando o setor de Petróleo e Gás do Brasil, despertando vocações para que a indústria petrolífera brasileira disponha dos melhores profissionais.

# APRESENTAÇÃO

Preciso iniciar confessando que sabia pouco a respeito do Projeto PETROTEC quando fui convidado a fazer a apresentação deste novo livro. Conhecia o projeto basicamente através de conversas com amigos e colegas de trabalho que sempre me trouxeram informações e opiniões muito positivas a seu respeito.

Iniciei minha honrosa tarefa com a leitura do livro “O Petróleo e as Profissões Vinculadas – Oportunidades no Rio Grande do Norte”, publicado pela Editora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) em 2015 e que tem como público alvo os estudantes de ensino médio do Estado. Trata-se de um livro muito bem concebido, que busca, através de uma linguagem acessível e abordagens técnicas, históricas e ambientais, adentrar o maravilhoso e complexo mundo do petróleo, findando com um meticuloso capítulo voltado para as oportunidades de formação profissional.

Um das grandes questões que se coloca para todo jovem, em qualquer tempo, é a escolha da profissão. São muitas as opções e é difícil conhecer com algum detalhe o conteúdo dos cursos e o dia a dia das carreiras. O avanço tecnológico, particularmente a internet, tem se revelado um importante instrumento de acesso a informações, nos seus diversos graus de profundidade. Todavia, uma dificuldade, neste ambiente de pesquisa, é a visão multidisciplinar de uma ciência. Perceber as interfaces e as complementações de disciplinas que compõem uma determinada ciência não é tarefa fácil.

A publicação que ora se apresenta tem este louvável mérito. Reúne, tendo por base as ciências da terra, conceitos e exemplos palpáveis para o estudante do ensino médio. A geologia e a geomorfologia da cidade de Natal e redondezas, a caracterização fisiográfica, com elementos de relevo, clima, vegetação e hidrografia fazem da aula de campo, transposta para este livro, uma viagem fascinante. O que dizer dos terremotos em João Câmara para exemplificar as teorias da Deriva Continental e da Tectônica de Placas? E do transporte de grãos pelo vento nas dunas para exemplificar a dinâmica dos processos de forma-



ção de sedimentos? Envolvendo toda esta dinâmica estão também aqui presentes os alertas e os riscos das interferências do homem no meio ambiente, que nos fazem refletir sobre a responsabilidade daqueles que se propuserem a atuar nesta área.

Aqui o aprendizado chega sem que se perceba. Tudo se torna fácil e cativante. Aproveite a leitura.

**GUILHERME GONTIJO**

Geólogo especialista em exploração de petróleo

# CAPÍTULO I

---

## AS AÇÕES DO PETROTEC NAS ESCOLAS DE ENSINO MÉDIO

*Mário Tavares de O. Cavalcanti Neto*

### I.1 - INTRODUÇÃO

As ações do PETROTEC <sup>1</sup> são realizadas sob a demanda da Escola a ser assistida ou da equipe executora do projeto. No primeiro caso, a direção da escola procura a equipe por meio das mídias sociais como a página na internet ([www2.ifrn.edu.br/petrotec](http://www2.ifrn.edu.br/petrotec)), facebook (<https://www.facebook.com/people/Petrotec-Ifnrn>), e-mail ([petrotec.ifrn@gmail.com](mailto:petrotec.ifrn@gmail.com)) ou pelo fone (84) 4005-9943, no horário de expediente, e agenda a palestra, a aula prática de laboratório e de campo. Na segunda forma, a própria equipe, sob orientação da Secretaria de Estado de Educação do Rio Grande do Norte (SEEC), procura a Direção da Escola para fazer o agendamento. A intervenção inicial se dá na forma de palestras, aulas práticas de laboratório, aplicação de jogos eletrônicos interativos, doação de kits didáticos de Petróleo e Gás, Livro Paradidático, Cartilhas e *Folders*. Em seguida, a prática de campo é agendada com vistas a atender o objetivo de vivenciar o aprendizado adquirido nas palestras.

O PETROTEC ainda participa de eventos como feiras, gincanas, mostras de tecnologia, exposições, curso de atualização e formação de professores multiplicadores em Petróleo e Gás, entre outros que não

---

1 O PETROTEC é o Projeto de “Implantação de um Programa de divulgação e promoção de atividades tecnológicas do setor de Petróleo e Gás junto a alunos da rede de ensino médios do Rio Grande do Norte”, financiado pela FINEP através do Convênio: 01.10.0604.00, referência: 2535/09, executado pelo IFRN através do Grupo de Pesquisa Mineral / DIAREN / FUNCERN, com a participação da Petrobrás e Secretaria de Estado de Educação e Cultura (SEEC).

serão focadas nesse capítulo do livro, pois esses temas já são objeto de detalhamento da Cartilha e *Folders*. Aqui, procuraremos nos restringir às “Ações do PETROTEC nas Escolas de Ensino Médio”.

## I.2 - PALESTRAS

As palestras tratam das profissões relacionadas às áreas de Petróleo, Gás, Refino e Biocombustível junto a alunos do Ensino Médio visando estimulá-los para conhecer mais as possibilidades profissionais e descobrirem vocações. São exibidos filmes sobre o tema e doados materiais didáticos como Livro, Cartilha, *Folders* e Brindes. Esses brindes são canetas, chaveiros, amostras de óleo bruto, balas, entre outros (ver figura 01). Todas as doações citadas são destinadas aos alunos do ensino médio.

Figura 01: Palestra ministrada na Escola Estadual Prof. Anísio Teixeira pelos professores Jossylúcio, Ana Karla e o técnico Auricélio. Foto dos brindes: Cartilha, *Folder* e Brindes distribuídos com as escolas e alunos.

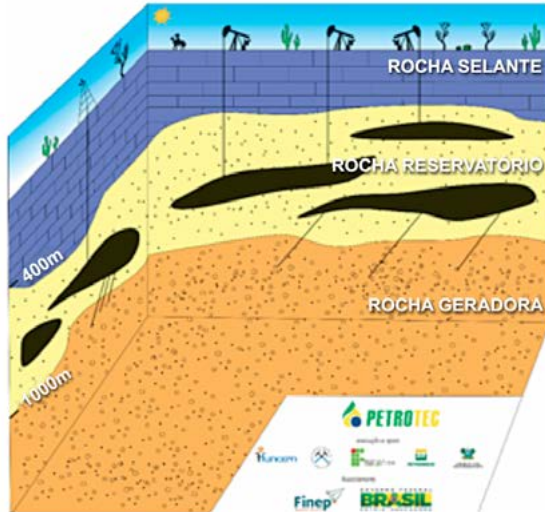


FONTE: O autor.

Para a escola, além de uma maquete em acrílico (ver figura 02), o grupo executor do PETROTEC doa livros paradidáticos, amostras de óleo bruto e roteiros de experimento para verificação de adulteração de gasolina (vide Figura 02) para aquelas escolas que dispõem de laboratório de química.

A maquete, além da produção de óleo por maquinário, popularmente conhecido como cavalo de mecânico (ou ainda cavalo de pau), apresenta a coluna estratigráfica baseada na bacia Potiguar, com indicação das camadas selante, geradora e reservatório, possibilitando o entendimento da geologia do petróleo (figura 02).

Figura 02: Modelo da Maquete doada às escolas de Ensino Médio.



FONTE: O Autor

Enquanto um ou dois membros da equipe está na sala de aula, ou no auditório, ministrando palestra, outra equipe fica no pátio estimulando os alunos, durante o intervalo, a participarem dos jogos eletrônicos interativos (figura 03). Os acertos são premiados com balas, petróleo bruto, cartilha etc.

Figura 03: À esquerda, o Jogo Eletrônico interativo e a maquete de produção de gás e, à direita, amostras de petróleo bruto que compõe os brindes do PETROTEC aos alunos e escolas



FONTE: O Autor

### I.3 - PRÁTICA DE LABORATÓRIO

As aulas práticas de laboratório são ministradas pela professora Ana Karla ou, ainda, pelo técnico em petróleo e gás, José Auricélio Nogueira Custódio e consiste em um experimento para a verificação de adulteração da gasolina comercializada nos postos de Natal (ver figura 04).

Figura 04: Dois aspectos da prática de laboratório do experimento de verificação de adulteração de gasolina pela professora Ana Karla.



FONTE: O autor

A seguir, é o próprio Auricélio quem descreve a experiência:

“A gasolina é um produto combustível derivado diretamente do petróleo. É um hidrocarboneto e possui de 5 a 20 átomos de carbono em sua composição.

Segundo Martinelli Jr (2015), como uma das propriedades mais importante da gasolina, temos a octanagem, é por meio dela que podemos saber a capacidade da gasolina de resistir à detonação, ou sua capacidade de resistir à autoignição antes da partida do motor. No Brasil, essa octanagem é expressa em alguns valores mínimos dependendo do tipo de gasolina.

Na composição da gasolina é adicionado uma certa quantidade de álcool etílico, que é bastante importante para a combustão desse combustível, pois ele aumenta a octanagem em virtude do seu baixo poder calorífico, e também ajuda na redução da produção do monóxido de carbono (CO). Segundo Custódio et al. (2014),

“Apesar da fiscalização da ANP, algumas distribuidoras insistem em vender gasolina com especifi-

cações que não atendem à legislação, sobretudo o teor de álcool na gasolina, que hoje é estabelecido em 25%” (CUSTÓDIO et al. 2014).

Para saber a porcentagem de álcool na gasolina faz-se um experimento que será descrito abaixo.

### **MATERIAIS:**

- 2 Provetas de 100ml com tampa;
- 50 ml de gasolina;
- 50 ml de solução de NaCl. (1 litro de água destilada para 10g de NaCl).
- Luvas, máscara e jaleco de proteção.

### **PROCEDIMENTOS:**

Conforme compilado de FONTAN (2015)

“ 1º) Em uma proveta, colocamos os 50ml de gasolina e, na outra, colocamos os 50ml da solução.

**OBS.:** Utilizamos duas provetas, pois devemos assegurar que as medidas estão o mais preciso possível.

2º) Despejamos os 50ml da solução na proveta que contém a gasolina.

3º) Tampar e agitar (levemente) a proveta, certificando que não haja perda de volume por vazamento.

4º) Esperar que as fases se separem para melhor visualização.

5º) Anotar os novos valores das suas fases.”

### ***Cálculos para a obtenção do resultado***

Deve-se ter percebido que o volume da gasolina diminuiu, consequentemente, o volume da solução aumentou. Para efetuar os cálculos devemos seguir esses passos:

1º) Denominar o novo valor da concentração de  $V'$ ;

2º) Subtrair 50ml de  $V'$  e chamar o novo valor de  $V''$ ;

**Ex.:**  $V'' = V' - 50\text{ml}$

$V''$  irá representar a quantidade de etanol presente em 50ml de gasolina.

3º) Relacionar  $V''$  em porcentagem da seguinte forma:

$$\begin{array}{r} 50\text{ml} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 100\% \\ V'' \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad x\% \end{array}$$

4º) Somar 1 ao  $x\%$ , e deve ser igual a 25%. Desta forma:

$X\% + 1 = \text{Teor de Álcool na gasolina}$

#### I.4 - PRÁTICA DE CAMPO

Com o objetivo de vivenciar os ensinamentos das palestras do PETROTEC e, assim, atrair os melhores alunos para o setor de Petróleo e Gás (P&G), a equipe do projeto realiza aulas de campo com os estudantes do Ensino Médio, nas regiões produtoras de petróleo *on shore* e estações de tratamento e de refino (Refinaria Clara Camarão). Para tanto, o projeto PETROTEC, financiado pela FINEP, adquiriu um micro-ônibus com 27 lugares pelo que chamamos, carinhosamente, de PETROMÓVEL (figura 05). São duas rotas principais: Natal – Macau e Natal – Mossoró, cada uma delas com paradas e entradas que podem ser diferentes, dependendo dos enfoques complementares aos objetivos do projeto.

Figura 05: Fotografia do ônibus utilizado para a realização das aulas práticas de campo: o PETROMÓVEL, adquirido pela FUNCERN com recursos da FINEP.



FONTE: O autor

Para muitos estudantes, essa é a única oportunidade de vivenciar os conhecimentos adquiridos em sala de aula. Visando potencializar essa oportunidade, a equipe do PETROTEC aproveita o trajeto para apresentar aspectos relacionados ao Sistema de Localização Geográfica por GPS, Cartografia, Geologia, Física e Química aplicadas ao setor de P&G, Meio Ambiente e Ecologia, Clima, Hidrografia, Relevo, Vegetação e Socioeconomia Regional (ver mosaico na figura 06). Ao longo deste livro paradidático, cada um dos conteúdos abordados será descrito em capítulos específicos.

Figura 06: Aspectos da aula de campo com alunos da Escola Estadual Edgar Barbosa.



FONTE: O Autor

O roteiro principal é o de Natal – Macau, pela BR 406, via Estrada do óleo (rodovia RN 118). Nesse trecho principal apresentamos aos alunos os Parques Eólicos, onde vários aerogeradores já estão gerando energia elétrica de baixo impacto ambiental, assim como apresentamos a monocultura de cana de açúcar no Vale do Rio Ceará-Mirim, as mineradoras de calcário para fabricação da cal, a indústria pesqueira e as salinas de Macau (ver figura 07).



Figura 7: Outros aspectos da economia existente no trecho Natal – Macau. Aero geradores em João Câmara e Salina em Macau.



FONTE: O Autor

Outros roteiros são trabalhados como esse de Macau. Um exemplo é o roteiro via Guimarães, onde se situam a Refinaria Clara Camarão, plataformas de produção de P&G em mar e cavalos mecânicos em terra.

O trecho Natal – Mossoró é pouco trabalhado em função das distâncias não permitirem que o trajeto seja concluído em um único dia. Quando realizado, pode ser observada a maior área produtora de petróleo *on shore* nas proximidades de Mossoró, além do polo ceramista e da fruticultura irrigada. Esses dois trechos principais, quais sejam: Natal-Macau e Natal-Mossoró, são ligeiramente modificados para favorecer determinados enfoques em consonância com os objetivos do projeto e da escola de ensino médio. Assim, a cerâmica vermelha e a barragem Armando Ribeiro Gonçalves podem justificar uma parada quando do trajeto até o campo produtor de Canto do Amaro.

Geralmente acompanham essas aulas práticas de campo pelo menos 3 membros do PETROTEC (dois professores e um bolsista do CNPq) e um ou dois professores da escola que está sendo assistida, para se responsabilizar pelo grupo de alunos e trocar experiências com a equipe do PETROTEC, uma vez que é meta deste projeto é também treinar 200 professores para se tornarem multiplicadores dos objetivos deste Projeto.

## **I.5 - DEPOIMENTOS**

Apresentamos apenas dois depoimentos, para evitar delongas e primar pela objetividade. Na realidade, são centenas de depoimentos tomados por escrito durante as práticas de campo, arquivados no

nosso banco de dados. Aqui são apresentados o depoimento de uma aluna da Escola Estadual Edgar Barbosa e de um professor da Escola Estadual Professor Eliah Maia do Rêgo.

### **Depoimento da aluna Beatriz Roxanna Maciel (16 anos):**

*“O projeto Petrotec é muito interessante, ele abriu portas para aprendermos de uma forma mais dinâmica sobre essa área tão influente nos dias de hoje: Petróleo & Gás. Gostei muito da aula de campo; aprendi muitas coisas que só via na teoria na sala de aula e tive a oportunidade de vivenciar tudo isso na prática.*

*Com os materiais que nos foram concedidos pela equipe do PETROTEC, começamos nossas primeiras anotações: como usar um GPS. Por sermos bastante empenhados, não foi preciso muito tempo para já estarmos experts. Enquanto o ônibus passeava nas ruas de nossa cidade, já nos encaminhando para o nosso destino, recebíamos várias curiosidades e informações sobre o clima, a elevação, a área, a população, o fuso horário, não só da nossa cidade, Natal, mas também do nosso estado, o Rio Grande do Norte, como um todo.*

*Conhecendo um pouco mais das regiões que ficam aos arredores da nossa cidade, os chamados “Municípios limítrofes” como nos foi ensinado, fomos nos distanciando da capital. Colorindo cada município com uma cor específica, fomos anotando suas informações, como quantidade de habitantes, solo, vegetação, etc.*

*Nossa primeira parada foi em uma base da Petrobras. Encontramos máquinas imensas extraindo petróleo. Recebemos algumas informações, sobre a extração, de um técnico, que nos mostrou um depósito com uma amostra de petróleo que estava a caminho do laboratório. Depois de conhecer um pouco mais da base, nos dirigimos à cidade de Macau. Lá, depois de tirarmos muitas fotos (ver figura 08), como em outras paradas, recebemos informações sobre a extração de sal do local.*

Figura 08: Moinho de Vento na entrada de Macau/RN



FONTE: A depoente

*Esse moinho é o símbolo da cidade. Quem visita Macau, com certeza já conheceu esse moinho. Depois da curta parada em Macau, já era hora de voltar para a escola. Recebemos um lanche maravilhoso, que foi alvo de muitos elogios e chegamos em Natal cantando e rindo muito.*

*Aprendizado e diversão, um pacote completo, o que tornou essa aula de campo inesquecível para todos os alunos.”*

**Relato da aula de campo enviado pelo Prof. Avelino Hora em 08/01/2015, Diretor da Escola Estadual Professor Eliah Maia do Rêgo:**

*“Ao participar desse projeto, em parceria com o IFRN, os alunos da 3ª série do ensino Médio regular da Escola Estadual Professor Eliah Maia do Rêgo tiveram a oportunidade de ir a campo observar de perto o ambiente de trabalho e as nuances que cercam a carreira dos profissionais da área de petróleo e gás. Com essa possibilidade, a aula de campo preparada foi um sucesso devido a alguns aspectos que estruturam o próprio projeto. Entre esses aspectos, está o plano didático, desenvolvido pelos monitores e professores, que proporcionou durante*

*todo percurso uma carga enorme de novos conhecimentos e interação entre os alunos. Um segundo aspecto de sucesso a ser considerado foi o planejamento do roteiro de viagem juntamente com o professor da disciplina, nesse caso, geografia. Isso fez com que conteúdos ministrados em sala de aula fossem explorados no campo, fazendo assim uma ponte importante entre a leitura e prática. Por fim, a infraestrutura disponibilizada pelo projeto foi satisfatória, atendendo às necessidades de um trabalho de campo seguro e eficiente, enchendo de esperança e vivenciando realmente um ensino público de qualidade e fazedor de novos projetos de vida.”*

## REFERÊNCIAS:

CUSTÓDIO, José Auricélio Nogueira et al. **Análise Comparativa da Influência da Gasolina X Etanol nos Motores Automotivos Flex.** In: CONNEPI, 9., 2014, Natal. **Anais....** São Luís: IFRN, 2014. p. 1 - 10.

FONTAN, Ana Paula. **Química Geral I.** Experimental. 1º Período. CEFET Química. Unidade RJ. Montagem e revisão: Profª. Ana Paula Fontan. Disponível no site [www.ifrj.edu.br/webfm\\_send/558](http://www.ifrj.edu.br/webfm_send/558), acessado em 10/09/2015.

MARTINELLI JR, Luiz Carlos. **Motores de Combustão Interna. Conceitos Básicos.** Unijuí, Campus Panambi. Disponível em <https://kaiohdutra.files.wordpress.com/2010/10/motores-de-combustao-interna3.pdf>. Acesso em 09/09/2015.

## CAPÍTULO II

---

# ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

*Jossylucio Jardell de Araújo*

*Rebecca Paiva de Araújo*

### II.1 - INTRODUÇÃO

Agora iremos apreciar as questões relacionadas ao clima e à vegetação, características do trajeto percorrido pelo PETROMÓVEL nas aulas de campo que têm como percurso basilar a saída do município de Natal e finalizando em Macau, geralmente seguindo o trajeto da BR 406.

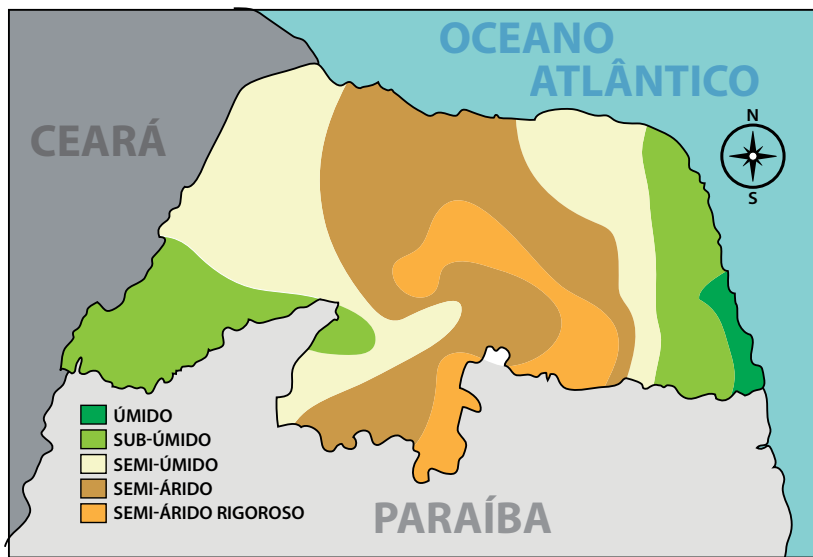
Ao longo do percurso pudemos averiguar as diversidades existentes no Rio Grande do Norte, tangenciado entre os inúmeros vieses interpretativos, sejam: econômico, social, cultural, energético, fisiográfico, entre outros, optamos por descrever um pouco dos aspectos que envolvem esse último, atentando para as questões climáticas. Como estratégia de tentar sintetizar o tema de maneira clara e sem muitas complicações de termos técnicos, o Atlas – Rio Grande do Norte – Estudo Geohistórico e Cultural, nos permite informar que as chuvas são um fenômeno natural e caem com certa regularidade. Como exemplo, lançamos os dados dos anos de 2006 e 2010, onde as médias anuais se mantiveram normais e os fatores climáticos acompanharam essa tendência. Só abrimos um parêntese para destacar que nos anos seguintes, o sertão foi acometido pelo fenômeno natural das estiagens constantes e corriqueiras no calendário das secas.

### II.2 - ASPECTOS CLIMÁTICOS

Acerca das características gerais, se elencarmos as médias anuais de precipitações e as isoietas por estas determinadas (ver figura 09), como

parâmetro para elaborar um esboço cartográfico, o território do Rio Grande do Norte pode ser dividido em cinco tipos climáticos.

Figura 09: Esboço climático simplificado do Rio Grande do Norte.



FONTE: IDEMA, 2010.

Grosso modo, podemos destacar, no esboço acima, dois nichos distintos, são eles representados pela cor verde com temperaturas mais amenas, localizado nas extremidades do Estado. Isso, se levarmos em consideração a parte central, colorido com tons de pasteis, representado pelas áreas “semi” e suas subclassificações, contemplando as adversidades climáticas e sua inospitalidade, com a qual se apresenta durante boa parte do calendário anual.

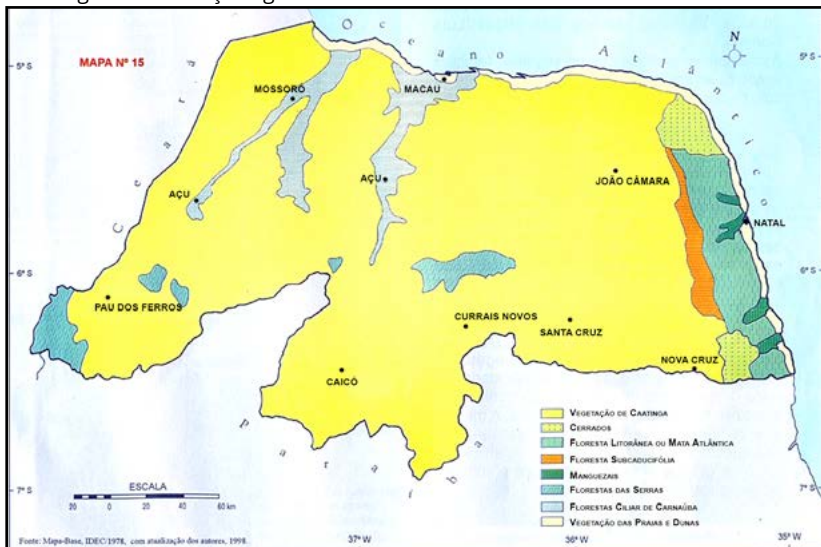
### II.3 - VEGETAÇÃO

Os elementos veiculados anteriormente influenciam diretamente na paisagem e nas formações vegetais que se apresentam e são determinadas de acordo com o local e as características de clima, relevo e solo que apresentam. Nesse território, encontramos algumas formações vegetais que determinam ambientes ecológicos (ver figura 10),

também conhecidos como ecossistemas, totalizando oito formações vegetais. Atualmente, a cobertura vegetal que caracteriza o estado do Rio Grande do Norte não corresponde à cobertura primitiva pois, ao longo do tempo, várias ações empreendidas sobre o ambiente foram degradando-o de maneira depredativa para utilização do solo a se implantar *comodities* economicamente, e/ou servir de espaços produtivos do homem, modificados segundo os empreendimentos de próteses sociais, como a construção de estradas, barramento de cursos de rios para formar açudes e barragens, construção de cidades, entre outros.

Contemporaneamente, o que existe é uma cobertura vegetal secundária compreendendo, do ponto de vista de Milton Santos (2006), uma natureza secundária ou segunda natureza, na qual o homem começa a empreender suas ações e transformá-la segundo suas necessidades, onde, de fato, não nos damos conta de que existam transformações, pois já se tornou banal aos que a vivenciam. De toda maneira, o que hoje existe é um esboço de um resquício vegetativo, onde suas áreas avançam e retraem segundo as intenções produtivas, seguindo abaixo o esboço simplificado.

Figura 10: Esboço vegetativo do Rio Grande do Norte



FONTE: FELIPE & CARVALHO (1999, p. 26).



Diante do esboço genérico, vamos nos ater às condicionantes paisagísticas encontradas no trajeto elencado pelo grupo do PETROTEC, para compor o roteiro da viagem de campo, em que vamos nos ater a descrevê-las a partir de composições pontuais do ponto de vista dos ecossistemas, ancorado numa leitura generalizada dos ambientes nas suas composições.

Tomando como ponto de partida a cidade de Natal/RN, cercania localizada na microrregião de Natal, vamos encontrar uma área composta administrativamente, segundo a metodologia empregada pelo IBGE. Vamos compor um cenário delimitado, imaginariamente, pelos municípios de Natal, Parnamirim e Extremoz.

Nesse recorte descritivo, vamos nos deparar com um ambiente representado pelo domínio classificado pelo clima Sub-úmido típico. Grosso modo, podemos, ainda, destacar uma vegetação caracterizada pela presença da Floresta Litorânea ou Mata Atlântica. Ainda existem, convivendo nesse mesmo ambiente, as vegetações localizadas nas franjas litorâneas de Praias, Dunas e Manguezais.

Seguindo no curso do roteiro, cabe registrar que o clima Sub-úmido vai do litoral de Parnamirim/Natal até o litoral de Touros e abrange, também, trechos da região serrana de Luís Gomes, Martins, Portalegre e as partes mais elevadas da Serra João do Vale, encontrando alguns registros dessa vegetação de maneira isolada, sob a forma de pequenas ilhas isoladas, já incorporando e trocando material genético, constituindo uma mescla transitória, onde os dados que deram suporte para essa leitura foram possíveis a partir da simplificação descrita em IDEMA (2010).

Buscando fazer um demonstrativo hídrico simplificado, podemos inferir, com base no material mencionado anteriormente, que as médias pluviométricas anuais transitam entre 800 e 1.200 milímetros de chuvas. Tentando abstrair as precipitações e encaixá-las dentro de uma das classificações existentes e sistematizadas pela Classificação de Köppen<sup>2</sup>, podemos enquadrá-la como pertencente ao clima tropical chuvoso,

---

2 É um sistema constituído a partir da sistematização de elementos globais para classificar os tipos climáticos na geografia.

com inverno seco e com a estação chuvosa iniciando por volta do mês de maio, com perspectiva de se prolongar até o mês de julho.

A Mata Atlântica, vegetação existente na área de interesse, é um ecossistema formado pelo conjunto de vegetais e animais que se estende ao longo de toda a costa brasileira partindo, em termos territoriais, do Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul, avançando pelo interior, espraiando seus domínios pelos Estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina.

No Rio Grande do Norte, essa mata estendia-se, originalmente, pela costa litorânea de Baía Formosa até Ceará- Mirim/Maxaranguape, estando restrita a uma faixa do Litoral Leste do Estado e a pequenos fragmentos, em decorrência do intenso desmatamento. Muito desse esboço atual é fruto do processo histórico voltado às demandas do cultivo da cana-de-açúcar, embora entendamos que outros fatores contribuíram para otimizar esse empreendimento, como a construção civil para a indústria de móveis e pela expansão das cidades litorâneas.

Dentro desse ambiente podemos, ainda, destacar a interferência das florestas perenifólias, cuja ocorrência está ligada à pluviosidade e à umidade que condicionam a uma formação vegetal de maior porte e densidade, possibilitando uma variedade de espécies pertencentes a várias formas biológicas e extratos de solo, dos quais os inferiores dependem do extrato superior.

A composição paisagística das Dunas, em grandes áreas no Estado, é compreendida por exemplares a parte de beleza cênicas ímpares e são localizadas em áreas específicas no litoral potiguar. O respaldo para essas constituições físicas serem tidas como componentes de ecossistema frágil na sua natureza, é por encontrar-se diante das ações modificadoras impostas pelos homens e pelos empreendimentos que mudam o curso perene dos ventos, comprometendo um reordenamento e/ou reequilíbrio ecológicos, em função das necessidades e importâncias que são efetuadas pelas populações desses espaços. Sem contar que esses espaços constituem, ainda, uma das principais fontes de recarga das águas subterrâneas, ou seja, o lençol de onde são retiradas as águas para as necessidades humanas, somando-se a outras necessidades existentes.

A estrutura formada no horizonte é, aparentemente, constituída pela acumulação de areias, denominadas geologicamente por Quartzosas Distróficas Marinhas. Sua formação é constituída tipicamente pelo acúmulo e depósito de areias pela ação dos ventos provenientes dos solos desestruturados, classificados no mapa de solos do Rio Grande do Norte, como estruturas dunares eólicas.

A cobertura vegetal que se fixa nas dunas é típica do ambiente onde se encontram as estruturas provenientes das Vegetações das Praias e Dunas, com exemplares essencialmente rasteiras, resistentes às condições ambientais como umidade, nutrientes escassos e evaporação intensa. As plantas mais conhecidas localmente nesses ambientes são denominadas no linguajar local como Bredo de Praia, Salsa-Roxa e Ameixa, entre outros exemplares de plantas referenciados em IDEMA (2010).

À medida que vamos nos afastando das interferências do mar, seguindo a faixa mais plana e baixa das dunas, a vegetação aumenta de porte e passa a ter características arbustivas com exemplares de caule mais encorpado e possuidores de sombras para animais e o desenvolvimento da fauna ali existente. Entre os exemplares arbóreos mencionamos: maçaranduba, Guabiraba, Guajirú, entre outras.

A localização territorial das dunas se estende ao longo de toda a costa, observado nos municípios de Baía Formosa, localizado no Litoral Oriental até Tibau, situado no Litoral Norte. Os principais impactos sobre essa vegetação, do ponto de vista paisagístico, estão intimamente relacionados ao processo de urbanização, quando ocorre a retirada da cobertura vegetal, convergindo para a desestabilizando as dunas e ocasionando o assoreamento de rios, riachos e lagoas, conforme constatado e registrado em IDEMA (2010).

Os Manguezais compreendem um capítulo à parte de sua localização, como aponta Manske (2014), pois estes são um ecossistema costeiro composto, na sua magnitude, por vegetais essencialmente arbóreos, encontrando-se na zona de transição entre os ambientes terrestres e marinhos, completando uma simbiose espacial. Característicos de regiões tropicais e subtropicais da terra, estão intimamente sujeitos ao regime das marés e do movimento lunar. Os solos onde se

encontram esse ecossistema, por se encontrarem em contato direto com o mar, são salinos e ricos em matéria orgânica por sua natureza.

O Manguezal, segundo Araújo (2010), ocorre nas margens de baías, enseadas, barras, desembocaduras de rios, lagunas e reentrâncias costeiras, onde haja encontro das águas dos rios e do mar ou diretamente exposto à linha da costa. A cobertura vegetal é típica e inconfundível, ao contrário do que acontece nas praias arenosas e nas dunas, instala-se em substratos de formação recente, de pequena declividade, sendo inundados alternadamente por água salgada e por água doce. As espécies mais encontradas são o mangue manso, mangue ratinho e o mangue vermelho ou sapateiro. A riqueza biológica desse ecossistema costeiro faz com que essas áreas sejam os grandes “berçários” naturais de várias espécies de organismos marinhos.

Dando prosseguimento ao trajeto da viagem, passamos pelos municípios de São Gonçalo do Amarante e Ceará- Mirim, que estão inseridos administrativamente na microrregião de Macaíba. As áreas supracitadas, segundo as divisões administrativas criadas pelo IBGE, são compostas pelos seguintes municípios: Macaíba, Ceará-Mirim, Nísia Floresta, São Gonçalo do Amarante e São José de Mipibu, onde todos perfazem uma dinâmica paisagística pertencente aos mesmos domínios climáticos e, conseqüentemente, contêm as mesmas formações vegetais que a microrregião da capital do Estado, são elas: o clima Sub-úmido e a vegetação de Mata Atlântica com todas as suas particularidades existentes, mostrando, apenas, traços sutis da interferência da formação paisagística do bioma da caatinga, em menor expansão.

Mais à frente, entramos em outra microrregião, a da Baixa verde, com características distintas das observadas anteriormente. A microrregião da Baixa Verde é composta pelos municípios de Bento Fernandes, Jandaíra, João Câmara, Parazinho e Poço Branco. Nessa microrregião, é notório, de acordo com as interpretações observáveis na figura anterior, que a mesma está localizada nos domínios do clima Semiúmido e a vegetação predominante é a de caatinga.

As chuvas nessas microrregiões em tela não são tão constantes se comparadas com as da microrregião do litoral Nordeste. A temperatura aparenta ser mais elevada e muitos elementos podem ser associados a

uma série de fatores que servem de subsídios para efetuar uma leitura expressa pela paisagem, com uma vegetação que não apresenta o mesmo vigor da veiculada anteriormente, demonstrando a vivência em campo de dois ambientes distintos e perfil da vegetação que se localiza mais próxima ao litoral.

Adentrando o interior do Estado, já pode ser visível a vegetação de porte menor. Geralmente elas passam  $\frac{3}{4}$  do ano sem sua folhagem e apenas quando o período de chuvas começa é que as plantas se enchem de verde rapidamente. O período chuvoso é caracterizado na sua maioria por três meses, que vão geralmente de maio a julho, momento em que elas têm todas as condições de realizarem todo o seu ciclo vegetativo (florescer, colocar os frutos e hibernar), esperando o resto dos meses, que são chamados localmente como verão.

O espaço dessa cercania em termo de abrangência, compreende cerca de 93% de toda a área territorial do Estado, podendo ser ela toda classificada como pertencentes de um Clima semiúmido seco, tipo que abrange as áreas da Chapada do Apodi e das Serras de Santana, São Bernardo e Serra Negra do Norte, além da região da Baixa Verde.

As médias de precipitação pluviométricas situam-se entre 600 e 800 milímetros de chuvas por ano, algo muito próximo ao dos desertos e áreas semiáridas. Buscando enquadrar as particularidades em tela dentro das classificações criadas por KOPPEN, a que se encaixa em termos sistemáticos é a do clima semiúmido seco, que equivale à transição entre o Tropical Típico e o Semiárido, como aponta o IDEMA (2010).

A Caatinga, vegetação típica e encontrada em todos os recônditos dessa planície, é uma palavra de origem indígena que significa, segundo o linguajar indígena, “Mato Branco” (Tupi) ou Seridó (Cariri), refere-se à aparência da vegetação no período seco. Lógico que existem outras denominações populares e autores que defendem motes para suas origens e interpretações outras, como: carrasco, sertão etc., algo que vai depender do local onde se encontra e origens da comunidade. No entanto, essa é a mais aceita pela literatura acadêmica. Estima-se, acerca da vegetação da Caatinga, que ela é recoberta com uma área de pouco mais de 80% em sua predominância, inserido num ambiente de semiaridez, da cobertura vegetal no Estado.

O clima Semiárido ou Semiárido rigoroso é que prevalece na maior parte do território estadual, conforme aponta Santos (2014). Esse ambiente é associado a uma constituição predominante de litologia simplificada composta por horizontes representados de solos pedregosos: Litólicos Eutróficos e os Brunos não cálcicos, elencados por muitos autores como constituintes de elementos definidores da flora da caatinga. Algo que pode ser fruto de condições bastante imposta pelo meio natural, como solos rasos, bem drenados, situados em relevo com formas: plano a ondulado, originado geralmente a partir de diversas rochas, como os minerais existentes nos calcários, granitos e migmatitos.

A terra pedregosa é geralmente calcinada por sucessivos dias de sol forte e pela ausência ou escassez de chuvas, cujo período do albedo, quando o seu sol está a pingo (por volta do meio dia, o sol está inclinado num ângulo de 90°), a sensação térmica aparenta que o sol está muito próximo ao chão, favorecendo o surgimento arbustos ou pequenas árvores, que em nada contribui para o homem ter uma sensação térmica a menos.

Os períodos chuvosos são os mais esperados pela população, pois com ele alimentam todas as esperanças de fartura e reposição dos níveis de água nos reservatórios para abastecer a população e animais, como desenvolver atividades agrícolas. Nos raros períodos de chuva, as plantas nativas da Caatinga aparecem com algumas folhagens, que logo caem durante a longa estação seca. Levando em consideração todo o conjunto apresentado e tomando como referência as condições climáticas, associando a uma pouca oferta d'água, quase sempre crítica, os rios ou riachos presentes nesse ecossistema apresentam uma importância para a dinâmica local uma vez que são por eles onde escorrem todas as águas que vão compor um mapa de bacias hidrográficas, com a predominância de cursos temporários, estando secos na maior parte do ano.

Chegando ao território pertencente à microrregião de Macau, observa-se uma situação climática ainda mais distinta das observadas no percurso. A microrregião em tela é composta pelos municípios de Caiçara do Norte, Galinhos, Guamaré, Macau e São Bento do Norte. As

características que encerram os condicionantes climáticos perfazem, em sua totalidade climática, os condicionantes de semiaridez, composto por baixos níveis pluviométricos e altas temperaturas.

A vegetação predominante da microrregião é a da Caatinga Hipoxerófila, formada em sua totalidade por árvores e arbustos de pequeno porte, com as perdas das folhas ocorrendo logo na fase em que vão encerrando as chuvas, época de seca, destacado como estratégia de adaptação para se manterem vivas.

O clima semiárido também pode ser encontrado nos outros roteiros visitados pelo PETROMÓVEL, onde esse clima vai abranger todo o Vale do Açu, parte do Seridó, do Sertão Central e do litoral que vai de São Miguel do Gostoso ao município de Areia Branca. Nessas searas, as médias de precipitação variam de 400 a 600 milímetros de chuvas anualmente, vindos a equivaler na Classificação de Koppen, ao clima semiárido de fato.

Neste outro roteiro, a formação paisagística predominantemente é marcada pela Caatinga, subdividindo-se em duas estratificações formais, seriam elas a Caatinga Hipoxerófila ou arbustiva arbórea e a Caatinga Hiperxerófila ou arbustiva, como foi sistematizado pelo IDEMA (2010) e será esboçado abaixo sob a forma de tópicos, são as duas formas:

- A Caatinga Hipoxerófila é formada predominantemente por árvores e arbustos. Essa vegetação perde as suas folhas e torna-se ressequida na época seca. Sem as folhas, as plantas não perdem água por transpiração e não fazem fotossíntese, reduzindo o metabolismo; esse fenômeno é chamado de estivação. Estão localizadas predominantemente no Agreste do Estado, em áreas de clima Sub-úmido seco e Semiárido.
- A Caatinga Hiperxerófila trata-se de uma formação vegetal resistente a grandes períodos de estiagem, é um tipo de vegetação mais seca, rala, de porte baixo, de solo pedregoso, raso e pouco fértil. Ela também se caracteriza por sua grande capacidade de adaptação à falta de água (ou xerofitismo) através de diferentes estratégias. São plantas quase todas

espinhosas (bromeliáceas e cactáceas), a justificarem a roupa de couro que no passado os vaqueiros vestiam para arrebanhar o gado nas trilhas abertas na caatinga.

Essa formação vegetal compreende um degradê interno, subdividindo as áreas de clima Semiárido e em Semiárido Rigoroso, a partir de visitas sistemáticas em campo e observações a fim de delimitar as áreas onde podem, a grosso modo, se encontrar o “óleo cru”, que vem a partir de métodos físicos, químicos e mecânicos, ser extraído desse contexto paisagístico e compor o cenário do setor de P&G nas franjas do Rio Grande do Norte.

#### **II.4 - O RELEVO E SEUS MODELADOS**

As questões relacionadas à caracterização do relevo no roteiro de estudo são tomadas nesse artigo como o objetivo central. Tal perspectiva descritiva segue como encaminhamento didático necessário aos alunos do Ensino Médio da rede estadual, auxiliando os alunos contemplados com a aula de campo a uma melhor compreensão dos vários ambientes existentes e condicionantes ao longo de todo trajeto da viagem no PETROMÓVEL. Com isso, fornecemos subsídios para o entendimento do conteúdo a seguir, intervindo de maneira combinada com a rede de drenagem e os recursos hídricos esboçados mais à frente.

Acerca do relevo, podemos destacar que suas formas (segundo a sua natureza e levando em consideração o aspecto visual – elevação) e predicados são fruto de uma série de fatores combinados, como, por exemplo, tipo de solo, clima, hidrografia e vegetação, além da sucessão de eventos de fatores internos e externos da crosta terrestre, acontecidos numa escala de tempo geológico, em que são mensurados em milhões de anos, muito distante da nossa realidade histórica vivenciada pela geração dos nossos avós e pais. Embora alguns eventos pontuais mediante a intervenção humana (antrópica) tendam, em alguns casos, a intervir de forma intensiva (a exemplo, o caso da exploração aurífera ocorrido em Serra Pelada) é importante evidenciar que se tratam de casos isolados motivados pela cobiça do homem, não se aplicando a realidade em questão.



Assim, passamos a ver o relevo como o resultado de um conjunto de elementos/fenômenos formadores, inerentes ao processo modelador, associado às constâncias externas agindo como esculpidores do modelado, mostrando-se, aos olhos do observador, com formas variadas e dinâmicas.

Considerando os elementos formadores do modelo do relevo terrestre, podemos classificá-lo segundo sua natureza em duas grandes classes de agentes atuantes, como descrito na literatura dos livros do ensino médio da Geografia, seriam eles:

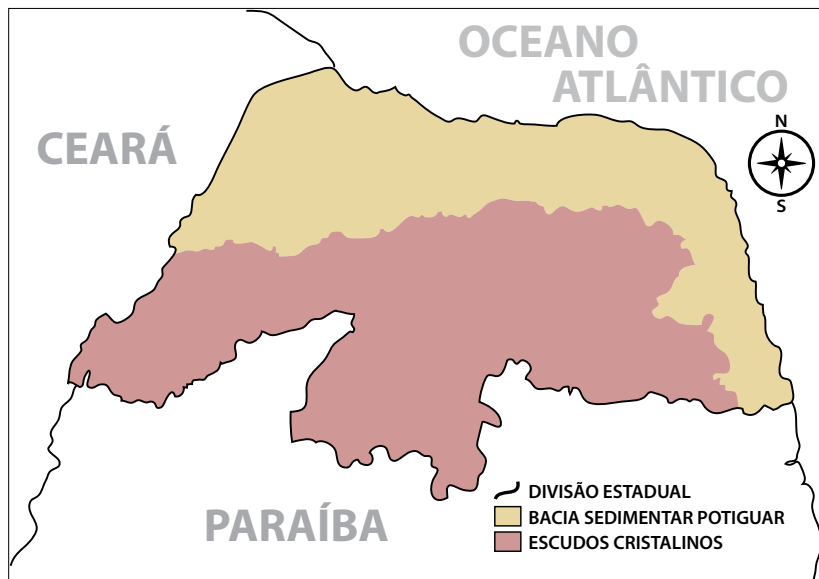
- Agentes endógenos ou internos – são fenômenos assinalados pela atuação de forças, ocasionado na dinâmica interna da crosta terrestre, ocorrendo de maneira letárgica e perene. Seriam exemplo, para ilustrar o fenômeno, a tectônica de placas, o vulcanismo e os terremotos.
- Agentes Exógenos ou externos – caracterizam-se pela ação modeladora da superfície da terra. Acontece quando, num produto quase acabado para o momento, fundem-se as forças das águas (chuvas, rios e mares) e a ação do gelo, do ar e do homem, de maneira a esculpir todos os territórios.

Diante da profusão de formas e dimensões que emolduram a crosta terrestre, os condicionantes naturais influenciam na composição das camadas que cobrem a terra. Estamos nos referindo ao aspecto geológicos das rochas, em que mesmo uma rocha difícil de ser fragmentada pelas mãos humanas e com dureza elevada, no seu ambiente natural, ela se consome aos poucos, formando novas rochas e solos.

Agrupando as classes de rochas no Rio Grande do Norte, podemos identificar dois grandes grupos de estruturas geológicas, nos quais encontramos os **Escudos Cristalinos**, composto pelas rochas mais antigas, geradas a partir de altas temperaturas e que aparentam serem estáveis e menos propensas a terremotos, e as **Bacias Sedimentares**, que são o resultado da sedimentação de detritos, resultante do processo erosivo dos maciços circunvizinhos, compreendendo terrenos

jovens que podem resguardar minerais de interesse econômico como os metálicos, carvão e petróleo, compreendendo uma área diminuta no Estado, conforme pode ser observado no mapa abaixo (ver figura 11).

Figura 11: Estruturas geológicas simplificadas do Rio Grande do Norte.



FONTE: Confeccionado pelo autor a partir dos dados vetoriais disponibilizados no site do Geobank ([geobank.sa.cprm.gov.br](http://geobank.sa.cprm.gov.br)). Acesso em 11 dez. 2015. Sistemas de coordenadas do Mapa: GCS - WGS 1984.

No entanto, não podemos desconsiderar a possibilidade de encontrarmos, no Estado, vestígios da interferência sedimentar litorânea no Cristalino e, na estrada de via dupla, vestígios do cristalino aflorando na bacia ou a poucos quilômetros da área de transição, pois a natureza reserva muitas surpresas para os mais desavisados. De toda forma, vamos nos ater a ver, de maneira descritiva, as peculiaridades que fundamentam a porção litorânea, justamente por todo o nosso roteiro de viagem.se localizar neste território.

Numa primeira observação e seguindo o roteiro, vamos nos deparar com a cidade de natal e municípios limítrofes, a área de interesse administrativo da microrregião de natal. O ambiente fica localizado no litoral do Estado e sua altitude média não ultrapassa os 100 m. Isso

significa dizer que estamos diante de uma grande área assentada na formação barreiras, cujas formas são visualizadas pelas dunas móveis.

A geomorfologia contribui para um entendimento mais acurado das formas do relevo, atentando para a natureza das rochas, como foi mostrado no mapa anterior de maneira simplificada, cuja associação ao clima e tipo de fatores formadores do solo, como vimos há pouco, explicam esses grandes subdomínios formados.

De acordo com os dados distribuídos no mapa, podemos caracterizar três grandes domínios geomorfológicos, conforme destacou Dantas e Ferreira (2010). Eles classificados de acordo com o mapa das formações geomorfológicas, sistematizados genericamente e agrupados em quatro grandes grupos de domínios a serem destacados enquanto subsídios para os elementos da natureza e o registro do relevo, seriam eles:

- *Planície Costeira do Rio Grande do Norte* – compreende uma pequena faixa de terra circundando o Estado e encontra-se em contato direto do continente com as águas oceânicas. Sua principal representação paisagística são as dunas, falésias e praias, resultado de padrões de relevo de origem de deposição eólica, fluvial e marinha. São nesses espaços onde podemos encontrar os ecossistemas das restingas e manguezais, núcleos importantes no ciclo de animais marinhos.
- *Tabuleiros Costeiros* – aparecem na paisagem na formação sedimentar com formas planas e baixas latitudes, geralmente acabando seu corpo com geometrias abruptas, chegando em algumas áreas a alcançar a linha de costa. Duas são as subdivisões de suas seções: a porção leste – agreste, que compreende o domínio da Mata Atlântica, mata típica de clima úmido e semiúmido, formado por rochas sedimentares litificadas; E a porção localizada no lado Norte, cuja vegetação dominante é da Caatinga, típica de clima semi-árido.

- *Baixos Platôs da Bacia Potiguar* – é uma subdivisão dos Tabuleiros Costeiros porque apresentam elevações superiores e pouca densidade de drenagens devido ao solo espesso e bem drenado, típico da Formação Jandaíra e Calcários.
- *Depressão sertaneja* – domínio de áreas aplainadas e topografia suavemente ondulada, resistindo a alguns *inselbergs* e pequenas elevações isoladas recobertas pela vegetação de Caatinga.

Todo esse conjunto de elementos destacados vão rebater diretamente num substrato bastante peculiar por natureza, cujas formas e modelo visual representam, na paisagem, formas que assumem o relevo, esteticamente, em termos de altitude.

Deixando um pouco de lado a questão relacionada à natureza do relevo e voltando-se para o campo da análise prática, ainda cabe uma última explanação da área de estudo. Levando em consideração o elemento elevação, como foi proposto por Jurandir Ross, os subsídios permitem inferir que a área visitada é quase toda caracterizada como pertencente ao campo das planícies, sobressaindo algumas poucas elevações que não ultrapassam os 200m.

Diante do esboço, podemos destacar que temos quatro níveis de relevo associado à natureza do solo, que seria representado do interior para o litoral, por áreas onde suas elevações assumiriam as maiores cotas altimétricas, transitando por elevações moderadas e finalizando com áreas baixas e inundáveis.

Todos esses condicionantes observados irão rebater na rede de drenagem, enquanto um ambiente combinado de naturezas e formas vão desaguar no mar. Quando não, suas águas ficam represadas em circuito de pequenas lagoas de água doce isoladas no território.

## **II.5 - A HIDROGRAFIA CONSOANTE AO RELEVO**

As questões relacionadas ao potencial hídrico da área se traduzem numa tarefa que se transversa, especificamente, com outros assuntos abordados nesse trabalho de forma genérica, tangenciando por temas que

englobam uma tessitura de temas transversalizados por componentes de solo, clima, geologia e do próprio relevo, para fornecer subsídios importantes ao seu entendimento.

As nuances levantadas residem no fato de estarmos tratando especificamente de uma província hidrogeológica sedimentar, cujas características assumem uma dinâmica diferenciada das potencialidades existentes no outro contraponto da Província Cristalina, como foi levantado no mapa anterior.

Os dados indicam que a tendência é haver um rebaixamento progressivo do nível potenciométrico do Aquífero Açu como um todo. Esse aspecto está relacionado, segundo a literatura, à ausência de recarga induzida pelo bombeamento, que compensaria a retirada do armazenamento do aquífero que, dessa forma, estaria sendo, até hoje, explorado em regime de exaustão das reservas.

Entre os efeitos indesejáveis mais importantes já registrados na região, em decorrência do bombeamento de poços em regime de exaustão, e até mesmo pelas características geológicas da Bacia Potiguar, citam-se:

- Aumento substancial da salinidade nas águas captadas em poços no Aquífero Açu, decorrente, necessariamente, do provável efeito de inversão de carga potenciométrica;
- Contaminação de poços de água subterrânea do Aquífero Açu, com óleo cru.
- Existem, naturalmente, outros pontos que são levantados localmente enquanto hipóteses, mas sem averiguação que atendam aos rigores acadêmicos. No entanto, podemos destacar dois domínios distintos de escoamento superficial representado pelos rios regionais. Estamos nos referindo aos localizados na parcela norte do Estado, onde suas características climáticas apresentam um modelo intermitente e onde seus rios apresentam rotina típica de semiaridez, escoando durante o período das chuvas.

- Na fração do leste potiguar, seu escoamento vazante ocorre rotineiramente, dos meses de fevereiro a setembro, dependendo do ciclo do período chuvoso. Ao contrário da anterior, o leito dos rios permanece úmido e com filetes d'água durante praticamente todo o ano. Quando nos remetemos aos estuários flúvio-marinhos de mangue, essa dinâmica é intercalada pela força incessante do mar com os rios doces, que não os deixa secar nunca na desembocadura.
- Assim, a porção sedimentar do norte potiguar merece uma maior atenção por parte dos órgãos gestores, pois são nessas áreas onde encontramos as unidades produtoras de óleo. É um ambiente muito fragilizado quanto à disponibilidade/uso hídrico, no qual um simples vazamento de petróleo pode causar danos irreparáveis ao meio ambiente, à sociedade e às atividades produtivas.
- Essa caracterização hídrica foi para importante o momento, pois para extração do petróleo é necessário injetar nos poços produtores água, para manter dentro do reservatório uma certa pressão e, assim, fazer jorrar nos condutos e toda a estrutura produtiva dos campos mecânicos encontrados ao longo da “Estada do Petróleo”, uma produção constante e frequente.
- Tais encaminhamentos são vistos aqui como contexto para termos, ao longo de toda a viagem de campo, subsídios informativos aos visitantes que nos acompanham com o PETROMÓVEL, de maneira clara e com linguagem acessível aos adolescentes do Ensino Médio.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Antonio Marcos Urbano de. **Determinação da composição química do molusco *Anadara notabilis* encontrado em Galinhos no Rio Grande do Norte**. Natal, 2010. (Dissertação [Mestrado em Química] - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Exatas e da Terra. Programa de Pós-Graduação em Química).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Programa de ação de combate à Desertificação e mitigação dos efeitos da seca – PAN**. Brasil, 2004.

DANTAS, Marcelo Eduardo; FERREIRA, Rogério Valença Ferreira. Relevo. *In.*: PFALTZGRAFF, Pedro Augusto dos Santos; MIRANDA, Fernanda Soares de (*Org.*). **Geodiversidade do estado do Rio Grande do Norte**. Recife: CPRM, 2010.

FELIPE, José Lacerda Alves; CARVALHO, Edílson Alves de. **Atlas escolar Rio Grande do Norte**. Natal: Grafiset, 1999.

IBGE. **Manual técnico de geomorfologia**. 2ª ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

IDEMA. **Anuário Estatístico do Rio Grande do Norte**. Natal, 2010. Disponível em: <http://www.idema.rn.gov.br>, acessado em 02/ 10/ 2015.

MANESK, Kléber Vital. **A urbanização em manguezais: uma análise têmporo-espaial através de técnicas de geoprocessamento no perímetro urbano de Paranaguá – Paraná**. Curitiba, 2014 (Universidade Federal do Paraná [Dissertação em Geografia], Programa de Pós-Graduação em Geografia).

SANTOS, Milton. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. 4ª ed. São Paulo: Edusp, 2006.

SANTOS, Saulo Pastor. **A produção agroecológica integrada sustentável (PAIS):** estudo das implicações de um Projeto para Desenvolvimento Rural no Agreste Potiguar – RN. Brasília: 2014. (Universidade de Brasília, Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural)

SEPLAN. **Perfil do Rio Grande do Norte** – Clima do estado do RN. Disponível em: <http://www.seplan.rn.gov.br>, acessado em 02/ 10/ 2015.

### ***Arquivos digitais:***

**Microrregiões do RN.** Disponível em: <http://www.citybrazil.com.br/rn/microregiao>, acessado em 02/10/ 2015

**Os ecossistemas do Rio Grande do Norte.** Disponível em <http://www.brasilrn.com>, acesso em 12/10/2015.

### ***Sites visitados:***

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Disponível em <http://www.ibama.gov.br>. Acessado em 12/10/2015



## CAPÍTULO III

---

# GEOLOGIA AO LONGO DO TRAJETO DO PETROMÓVEL

*Matheus Lisboa Nobre da Silva*

### III.1 - INTRODUÇÃO

O PETROTEC<sup>3</sup> é um projeto que busca integrar os alunos que cursam o ensino médio à área de Petróleo e Gás. O objetivo é incentivar esses estudantes na busca de um futuro profissional no ramo petrolífero, seja na administração, manutenção, pesquisa, ou qualquer parte do processo que é inerente a esse setor da economia.

O PETROTEC, por meio do Petromóvel, executa dois trajetos: Natal-Mossoró e Natal-Macau, nos quais há visitas específicas a locais como Alto do Rodrigues, Pendência, Guamaré e Campo do Amaro (Areia Branca).

Neste capítulo, será focada a geologia do trecho entre Natal e Macau por ser o mais percorrido, justamente por possibilitar sua realização em um único dia. Nesse trajeto, de cerca de 180km, são realizadas visitas a pontos ao longo ou próximos à BR-406, rodovia principal que liga as cidades de Natal e Macau, atravessando paisagens com terrenos que vão de muito aplainados a muito acidentados, gerados pela presença de rochas sedimentares e por coberturas sedimentares.

O objetivo maior é a compreensão dos diferentes tipos de rochas que são encontradas ao longo do caminho, como elas são formadas

---

3 PETROTEC é um projeto financiado pela FINEP, executado pelo Grupo de Pesquisa Mineral do IFRN, gerenciado pela FUNCERN com apoio da Petrobras e da Secretaria de Estado de Educação e Cultura (SEEC).

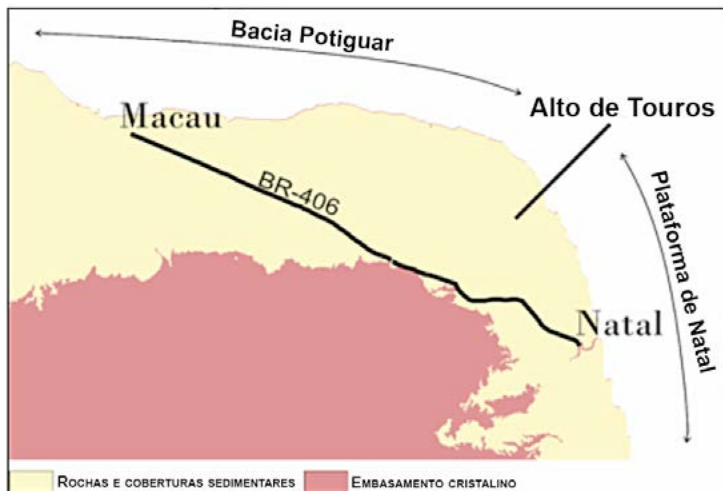
e quais os recursos minerais que podem ser encontrados ao longo desse mesmo caminho.

### III.2 - CONTEXTO GEOLÓGICO

O PETROMÓVEL, em suas aulas de campo, atravessa paisagens em que a presença de sedimentos e rochas sedimentares é predominante. Apenas no trecho que se inicia entre as sedes de Ceará Mirim e Taipu e que se estende até a sede do município de João Câmara, afloram rochas cristalinas metamórficas e ígneas.

Os sedimentos e as rochas sedimentares estão compreendidos pelos domínios da Plataforma de Natal e da Bacia Potiguar, cujos limites estão esboçados no mapa da figura 12 e são divididos pelo alto de Touros.

Figura 12: Mapa Geológico Simplificado do Trajeto percorrido pelo PETROMÓVEL, com Delimitações da Plataforma de Natal e da Bacia Potiguar.



FONTE: O autor.

Todas as áreas percorridas possuem coberturas sedimentares ou rochas sedimentares em sua geologia. Para Guerra (1993), sedimento é um:

“material originado pela destruição de rochas pré-existentes, susceptível de ser transportado e de-

positado. Os sedimentos classificam-se segundo o ambiente de sedimentação, ou segundo o tipo de sedimentação”.

Para a obtenção dos sedimentos, portanto, deve ocorrer um processo de destruição da rocha original, que é chamado intemperismo. Este pode ser classificado, de acordo com sua origem, em físico (ação dos ventos, rios, mar, gelo), químico (oxidação, hidratação, dissolução, etc.) ou biológico (decomposição biótica de materiais orgânicos por seres vivos como fungos, vegetais, etc.).

Após serem gerados, os sedimentos podem sofrer transporte por agentes como os ventos, águas e geleiras, até serem depositados em locais favoráveis, onde ocorrem processos de sedimentação e compactação dos sedimentos, gerando as rochas sedimentares.

A figura 13 esquematiza, de forma simplificada, a formação das rochas sedimentares. Inicialmente, o intemperismo desagrega as rochas existentes gerando sedimentos (material sem coesão). Estes sedimentos são transportados pela erosão (intemperismo e transporte) e depositados nos mais diversos ambientes. O aumento da temperatura e pressão provocados pelo soterramento compacta os sedimentos tornando-os rochas coesas e gerando as rochas sedimentares.

Parâmetros como energia (Eh), química/potencial hidrogeniônico (pH), precipitação, entre outros fatores mais complexos, também atuam na formação de rochas sedimentares. O processo de solidificação/compactação da rocha é denominado diagênese.

Figura 13: Esquema Simplificado do Processo de Geração das Rochas Sedimentares.



FONTE: O autor.

Dos processos de acúmulo de sedimentos em uma área, recobrimo outros sedimentos, ou até mesmo alguns tipos de rochas e estruturas, tem-se a geração de uma cobertura sedimentar.

Enquanto a Plataforma de Natal, ao longo do trajeto, é definida por grandes terrenos cobertos por sedimentos, a Bacia Potiguar possui rochas sedimentares, como arenitos, conglomerados e calcários.

Na Plataforma de Natal também são encontradas rochas sedimentares e, até mesmo, rochas ígneas, assim como na Bacia são encontradas coberturas. Contudo, como este capítulo pretende explicar a geologia ao longo do trajeto do PETROMÓVEL, as descrições das unidades restringem-se às feições que são encontradas nas margens da rodovia.

No embasamento cristalino, que é predominante nas áreas mais interioranas do estado, ocorrem rochas ígneas e metamórficas subjacentes aos outros domínios. No trajeto entre Natal e Macau, ocorre principalmente na região próxima as cidades de Taipu e João Câmara.

Rochas ígneas são aquelas originadas pela consolidação (solidificação) de magmas provenientes do manto. As rochas ígneas podem ser classificadas em plutônicas (se forem solidificadas no interior da crosta), vulcânicas (formadas pelo resfriamento do material expelido pelos vulcões) ou hipoabissais (quando o resfriamento ocorre próximo à superfície, preenchendo fissuras na crosta)

As rochas metamórficas são formadas pela alteração, pelo aumento da temperatura e pressão, de outras rochas – sedimentares, ígneas ou até mesmo metamórficas.

Nas próximas páginas, serão descritos, de forma sucinta, os elementos geológicos que estão presentes no trajeto feito pelo PETROMÓVEL.

### **III.2.1 - Plataforma de Natal**

O ponto inicial do trajeto é a cidade de Natal, capital do Rio Grande do Norte, que está localizada no litoral leste do estado e tem uma altitude relativa ao nível do mar. Geologicamente, está inserido na Plataforma de Natal.

A capital potiguar possui um cenário marcado pela presença de dunas ativas e inativas em todo o seu território, como mostra a imagem de satélite a seguir.

Figura 14: Imagem de Satélite da Cidade de Natal, sendo possível distinguir facilmente os Corpos de Dunas.



FONTE: Google Earth. Imagem de 22 de janeiro de 2013.

As dunas são agregados sedimentares gerados pela ação do vento, por isso são tidos como Depósitos Eólicos e possuem diversas formas, algumas vezes, facilmente reconhecidas em imagens de satélite e fotografias aéreas, outras vezes não. Devido à presença, ou não, de vegetação, as dunas de Natal podem ser classificadas por Depósitos Eólicos Vegetados ou Não Vegetados, respectivamente.

Barreto et al. (2004) fizeram a datação de alguns

Figura 16: Fotografia Mostrando Arrecifes na Região da Praia do Forte, Natal-RN.



FONTE: O autor.

corpos dunares na faixa litorânea leste do estado e verificaram que os corpos localizados em Natal possuem idades que variam de 39.000 a 50 anos. Isso mostra que um processo geológico, tipicamente eólico, para a construção das dunas, atuou há pouco tempo, quando se leva em conta a idade da Terra, que é de 4,6 bilhões de anos.

A velocidade com que os agentes transportam os sedimentos tende a variar ao longo do dia, durante as estações e os anos. A figura 15 mostra sedimentos sendo transportados pelo vento. Esse tipo de transporte é fácil de perceber nas praias quando, a depender da temperatura e umidade, é comum sentir rajadas de ventos.

Figura 15: Fotografia Mostrando Sedimentos Dispersos pelo Vento na Duna de Genipabu, ao Norte de Natal.



FONTE: O autor.

Os sedimentos das dunas também podem ser encontrados nas praias e são compostos, principalmente, por grãos com diferentes granulometrias de quartzo, um dos minerais mais abundantes no planeta, que é formado por tetraedros de oxigênio e sílica e cuja fórmula química é  $\text{SiO}_2$ .

Outro elemento presente na paisagem da cidade são os arrecifes (figura 16), que são construções geológicas, no caso de Natal, paralelas

à linha de costa e que são encontrados, principalmente, entre as praias de Areia Preta e Santa Rita, estando a faixa ao norte do Rio Potengi submersa e mais distante da linha de praia.

Os arenitos praias são comumente utilizados nos estudos de mudança de nível do mar, pois podem indicar antigas linhas de costa. No caso de Natal, mostram que o mar avançou em direção ao continente ao longo dos últimos 4 milênios.

Os arrecifes são constituídos de rochas conhecidas como arenitos de praia (ou *beachrocks*), nos quais vários cristais de quartzo, de granulometrias semelhantes, ou não, são unidos através de um elemento químico que é chamado de cimento. No caso das rochas encontradas no litoral natalense, a cimentação é feita por íons de carbonato de cálcio, precipitados pela ação de água do mar, com alguma participação de água doce (CABRAL NETO et al., 2014) ou, ainda, pela infiltração de óxidos de ferro.

Ainda podem ser encontrados, nas rochas que compõem os arrecifes, fragmentos de algas e outros tipos de organismos que existiam no substrato do qual foi formado a rocha habitat. O soterramento destes organismos preservou-os registrados nas rochas.

Existe uma vasta bibliografia sobre os arenitos praias do Rio Grande do Norte, visto que os primeiros estudos sobre esses corpos rochosos nas faixas litorâneas do estado foram feitos há mais de cem anos. Branner (1904) já havia mapeado os “recifes de pedra” da capital potiguar, que foram datados por Barreto et al. (2004) como tendo, aproximadamente, 4.000 anos de formação.

Segundo Cabral Neto et al. (2014), a presença dos arrecifes nas praias possui relação intrínseca com as linhas de costa, impactando esse ambiente de três formas principais:

- Diminuem o volume dos sedimentos depositados na praia;
- Diminuem (ou ampliam) os processos de erosão;
- Tendem a favorecer a preservação das linhas de costa.

Esses fatores são de fácil entendimento quando se pensa na arrebentação das ondas em arrecifes ao longo das praias brasileiras. Caso não houvesse os corpos de *beachrocks*, a força que é dissipada nas rochas chegaria até a costa e influenciaria na mudança da morfologia das praias.

O fato de algumas praias do estado, em especial algumas praias urbanas de Natal, como Ponta Negra, terem processos erosivos constantes, ao passo que as praias do Forte, do Meio e dos Artistas não, pode ser explicado justamente porque na primeira não há corpos de arenitos praias protegendo a linha de costa.

As falésias, assim como os terrenos tabuleiros, na região da Plataforma de Natal, são formadas pelo chamado Grupo Barreiras, que também ocorre sobre as rochas do embasamento cristalino e sobre as rochas do Grupo Apodi da Bacia Potiguar (ANGELIM et al., 2007).

O Grupo Barreiras é formado por camadas argilosas, de coloração avermelhada, areias inconsistentes e concreções ferruginosas. As rochas desse grupo são afossilíferas, ou seja, não possuem fósseis, o que dificulta a datação de sua deposição, que é estimada em, no mínimo, 20 milhões de anos. Ocorre em boa parte dos litorais norte, nordeste e leste do Brasil.

Após a saída de Natal, atravessando os municípios de São Gonçalo do Amarante, Ceará-Mirim e Taipu, percebe-se que a geologia nas margens da BR-406 não sofre grandes mudanças. O relevo permanece acidentado.

Essas cidades estão localizadas em terrenos que ainda pertencem à área de abrangência da Plataforma de Natal, com apenas algumas variações nos tamanhos dos grãos. Contudo, em alguns locais começam a surgir novas elementos não vistos anteriormente no trajeto. Um exemplo disto está nos cortes de estrada na saída da cidade de Taipu, onde é possível observar a presença de conglomerados, grãos de quartzo ou outros minerais com diâmetros maiores de 2mm e que são agrupados por um cimento.

Quando se está próximo à cidade de João Câmara, o terreno começa a ficar mais nivelado, mostrando-se aplainado. Isso é um indício que se está entrando no domínio da Bacia Potiguar, formada, principalmente,



por rochas sedimentares, que apresentam, normalmente, um aspecto mais plano, o que é refletido no relevo local.

### III.2.2 - Bacia Potiguar

Bacia sedimentar é uma “depressão preenchida com detritos carregados das áreas circunjacentes” (GUERRA, 1993). O material que preenche essa depressão são os sedimentos que, posteriormente, formarão estratos (camadas).

A Bacia Potiguar, conhecida antigamente como Bacia do Apodi, compreende uma área de aproximadamente 48.000 km<sup>2</sup>, dos quais apenas 21.500 km<sup>2</sup> estão emersos, e que se estende do Alto de Touros até o Alto de Fortaleza, no Ceará (PESSOA NETO et al., 2007). A profundidade máxima do pacote sedimentar da bacia é de 6.000m.

O início de sua formação está associado a um processo de Rifting (quebra) do antigo supercontinente *Gondwana*, que ocorreu há mais de 140 milhões de anos.

Esse processo está relacionado, também, com a separação da América do Sul da África e, por esse motivo, há semelhanças nas estruturas, rochas, bacias sedimentares, entre outros elementos geológicos, entre os dois continentes.

Quando um *rift* é gerado (figura 17), ocorre o afinamento da crosta. Esse afinamento é favorecido por intrusões de magmas que trazem calor para a crosta, que é de temperatura inferior e acaba rachando. Essas rachaduras são conhecidas como falhas e favorecem a abertura de espaço para a deposição dos sedimentos. Isso caracteriza uma bacia sedimentar tipo *rift*, como é o caso da Bacia Potiguar.

Figura 17: Esquema Simplificado para a Geração de Bacias do Tipo *Rift*



FONTE: O autor.

Estratigraficamente, ou seja, de acordo com as camadas de rocha, a bacia Potiguar é separada em três grupos: (i) Grupo Areia Branca, constituído pelas formações Pendência, Pescada e Alagamar; (ii) Grupo

Apodi, que agrupa as formações Açú e Jandaíra e as formações Ponta do Mel e Quebradas, sendo que essas últimas não afloram na superfície; (iii) Grupo Agulha, que congrega as formações Ubarana, Guimarães, Tibau e Barreiras. (MEDEIROS et al., 2010).

No trajeto do PETROMÓVEL, apenas as Formações Açú e Jandaíra são aflorantes. O mapa da figura 18 mostra os locais da Bacia Potiguar aonde são encontrados, em superfície, as rochas relativas a essas formações.

Figura 18: Mapa Geológico da Bacia Potiguar.



FONTE: Cassab, 2003.

A Formação Açú, primeira a ser encontrada em campo, ao longo da BR-406, é formada por arenitos, cujo tamanho dos grãos varia de 0,2 a 2,0 mm (granulometria fina a grossa). Os arenitos da Formação Açú possuem coloração esbranquiçada a amarronzada.

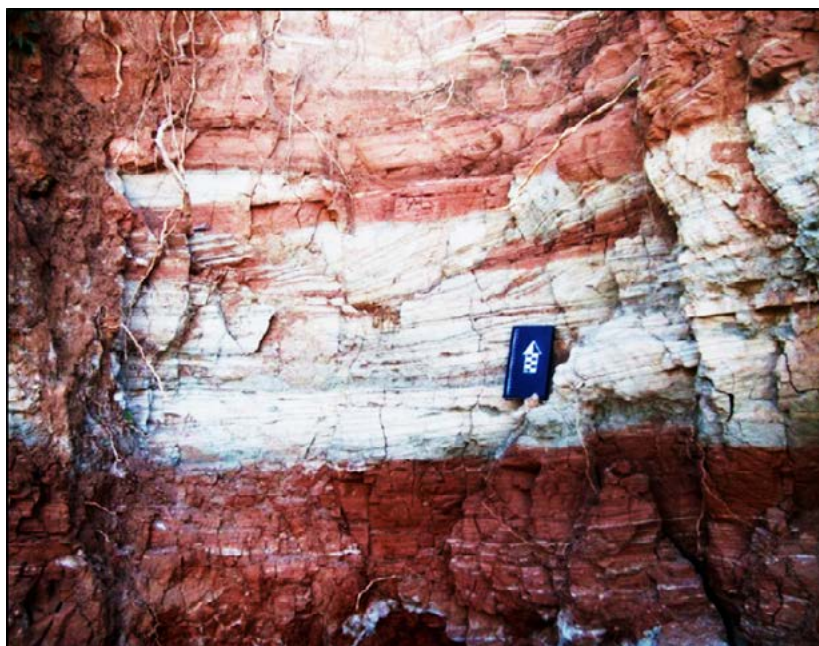
Pessoa Neto et al. (2007) afirma que a deposição dos sedimentos que deram origem aos arenitos ocorreu em ambiente fluvial a marinho.

Em alguns afloramentos da Formação Açú, como no caso da figura 19, há uma diferenciação na cor da rocha, que caracteriza, tipicamente, pacotes de maré (*Tidal Bounding*). Nesses pacotes, há alternância

de sedimentos de coloração avermelhada (indicativo de maré alta) e coloração branca (indicativo de maré baixa).

A presença dos pacotes de maré mostra a existência de ambiente transicional, entre fluvial e marinho, onde também ocorreu a deposição dos sedimentos. Este ambiente transicional é descrito por Cassab (2003) como ambiente de litoral.

Figura 19: Afloramento da Formação Açú Próximo à Cidade de Apodi, Oeste Potiguar. Destaque para os Pacotes de Maré.



FONTE: o autor.

As rochas da Formação Açú foram formadas num período geológico conhecido como Albiano-Cenomaniano, que corresponde a uma idade de 113 a 94 milhões de anos atrás.

A principal rocha que compõe a Formação Jandaíra é chamada de calcário. Ela é formada por cristais de minerais calcíferos, como Aragonita e Calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), Dolomita ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) ou outros.

A formação do Calcário Jandaíra ocorreu em ambiente marinho, de plataforma rasa a planície de maré, locais ideais para a precipitação

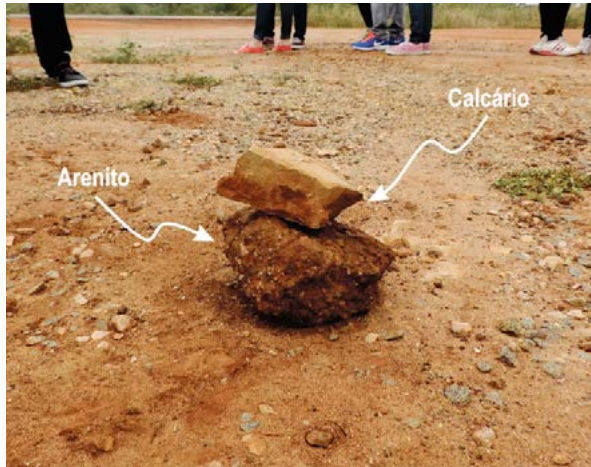
dos íons de cálcio e magnésio necessários para a formação desta rocha. Devido ao seu ambiente de deposição, estas rochas possuem muitos microfósseis de animais e vegetais como gastrópodes, bivalvíos, algas, entre outros.

A idade de deposição para as rochas da Formação Jandaíra varia de 94 a 73 milhões de anos atrás, o que corresponde aos períodos geológicos do Turoniano ao Eocampaniano (CASSAB, 2003).

Em superfície, a Formação Jandaíra está, normalmente, em contato com a Formação Açú (figura 20). Contudo, em subsuperfície é mais comum a sua sobreposição sobre a Formação Quebradas, constituída por uma rocha chamada folhelho, que não aflora na superfície.

Folhelho é uma rocha sedimentar que possui um material muito fino, cujo diâmetro dos grãos é menor que 0,2mm e que se apresenta sob a forma de lâminas delgadas.

Figura 20: Empilhamento Construído para Exemplificar o Contato da Formação Jandaíra (Calcário) com a Formação Açú (Arenito).



FONTE: O autor.

Entre as proximidades das cidades de João Câmara e Macau, o trajeto percorrido pelo PETROMÓVEL compreende apenas a Formação Jandaíra. A geologia do percurso muda apenas com a proximidade

da cidade destino, onde coberturas sedimentares passam a ser mais frequentes novamente no contexto.

### **III.2.3 - Embasamento Cristalino**

Sob essa denominação encontram-se rochas ígneas e metamórficas subjacentes àquelas supra descritas (Bacia Potiguar, Grupo Barreira e Cobertura Sedimentar). Ao longo do trajeto visitado pelo PETROMÓVEL, especificamente na região próxima às cidades de Taipu e João Câmara, ocorrem rochas relacionadas aos Complexos Santa Cruz e João Câmara, ambos correlatos à Província Borborema.

A Província Borborema se estende por grande parte do Nordeste Brasileiro, desde os estados de Sergipe até a parte oriental do Piauí. Apresenta uma complexidade estratigráfica e geocronológica que define uma série de compartimentos tectônicos caracterizados por diferentes aspectos geológicos e geofísicos.

O Complexo João Câmara, que tem uma idade de aproximadamente 2,2 bilhões de anos, é formado por migmatitos, rochas metamórficas geradas em temperaturas próximas ao ponto de fusão destas, e gnaisses, que possui como minerais principais hornblenda e biotita (MEDEIROS et al., 2010). Gnaisses são rochas metamórficas produzidas pela elevação da temperatura e pressão exercida sobre rochas ígneas ou sedimentares, como granito e arenito, respectivamente.

O Complexo Santa Cruz é caracterizado por Angelim et al. (2007) pela presença de gnaisses, com idade média de 2,1 bilhões de anos. Nas rochas, em que também ocorrem biotita e hornblenda, são encontradas estruturas semelhantes a olhos, o que caracterizam as rochas como *augen* gnaisses (*augen* é o nome alemão para olhos).

### **III.3 - RECURSOS MINERAIS**

Segundo o DNPM (2014), a produção mineral no Brasil corresponde a 4,1% do PIB (Produto Interno Bruto). Já o setor de petróleo e gás é responsável por 13% (CNI, 2012) da soma de todas as riquezas produzidas no país.

No Rio Grande do Norte, a situação é semelhante, visto que a exploração dos recursos naturais, em especial da geologia, é uma im-

portante fonte econômica para o desenvolvimento socioeconômico do estado.

Através do trajeto entre as cidades de Natal e Macau, feita pelo PETROMÓVEL nas aulas de campo com alunos do ensino médio, é possível verificar *in loco*, duas atividades extrativistas de bens minerais que são fundamentais para as regiões em que elas são exercidas e para toda a economia potiguar.

### III.3.1 - Calcário

O Calcário é uma rocha que possui diversas aplicações, principalmente na agricultura e na construção civil. Pode ser utilizado na fabricação de cimento, tintas, adubos, corretivos de solo, cerâmica e vidros. No Rio Grande do Norte, pequenas indústrias localizadas ao longo da Bacia Potiguar são responsáveis pela produção de cal, que é obtido pela queima do calcário através da reação abaixo.



A queima do calcário é feita em fornos cilíndricos construídos em alvenaria, aonde o calor necessário para o processo é obtido pela combustão de lenha. A figura 21 mostra um forno de uma caieira, aonde o Calcário extraído nas proximidades é empilhado e queimado para a produção de cal.

Figura 21: Forno Utilizado na Queima de Calcário para a Produção de Cal.



FONTE: O autor.

Após o processo de queima do calcário, a cal obtida passa por um processo de hidratação para se obter a cal virgem, empregada em diversos setores da economia, como siderurgia, tintas, tratamento de água e, inclusive, alimentação.

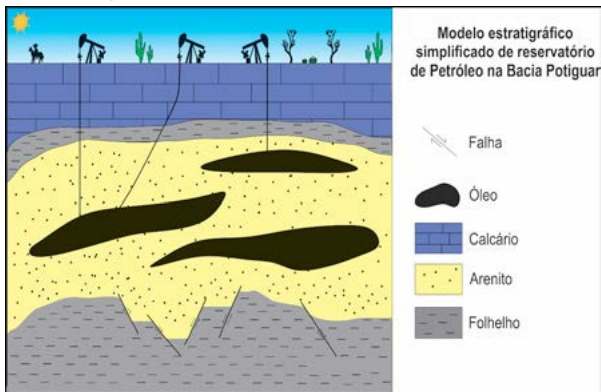
### III.3.2 - Petróleo e Gás

Para que haja um reservatório de petróleo e gás, algumas condições se fazem necessárias, como a disponibilidade de matéria orgânica para gerar os hidrocarbonetos após a sua deposição e compactação sob altas temperatura e pressão. Contudo, também é fundamental a existência de um sistema petrolífero com rochas geradoras. Rochas geradoras são aquelas que, a partir da matéria orgânica, geram o petróleo. Já as rochas reservatórias são as que acumulam o óleo. Rochas selantes, por sua vez, evitam o “vazamento” do material armazenado.

O Rio Grande do Norte é um produtor de petróleo e gás porque no estado, mais especificamente na Bacia Potiguar, existem condições para que um reservatório seja gerado e mantido.

As rochas geradoras encontradas são, predominantemente, os folhelhos existentes na Formação Pendências, enquanto que os arenitos da Formação Açu são as rochas reservatórias, devido à sua porosidade e permeabilidade, o que permite o armazenamento do óleo e gás.

Figura 22: Modelo Simplificado do Sistema Petrolífero da Bacia Potiguar.



FONTE: O autor, a partir de Pessoa Neto et al. (2007).

Já as rochas calcárias da Formação Jandaíra, assim como os folhelhos da Formação Quebradas, são as rochas selantes do sistema petrolífero da Bacia Potiguar, como é mostrado no modelo da figura 22.

### **III.4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O trajeto do PETROMÓVEL consegue exemplificar de forma bastante coesa os principais tipos de rochas, estruturas e morfologias de terreno associados à Plataforma de Natal e à Bacia Potiguar, que representam cerca de um terço de todo o território do estado.

As diferenças perceptíveis no relevo são resultados diretos da geologia de cada região, sendo mais acidentado na Plataforma de Natal devido à forte presença de sedimentos inconsolidados das coberturas sedimentares da região.

A Bacia Potiguar, hoje maior produtora de petróleo em terra no Brasil, começou a ser estabelecida pelo processo de rifteamento que culminou com a separação total da África e da América do Sul, há 140 milhões de anos atrás.

Com esses pequenos exemplos, e apesar da geologia do Rio Grande do Norte ser mais complexa e abrangente, tendo exemplares dos três tipos de rochas (ígneas, sedimentar e metamórfica), o PETROTEC tem o papel de incentivar os alunos participantes a desbravar novos caminhos em áreas como a geologia, que apesar de pouco conhecida pelo grande público é fundamental para a vida de toda a sociedade.



## REFERÊNCIAS

ANGELIM, Luiz Alberto de Aquino; NESI, Júlio de Rezende; TORRES, Héilton Héleri Falcão; MEDEIROS, Vladimir Cruz de; SANTOS, Carlos Alberto dos; VEIGA JUNIOR, José Pessoa; MENDES, Vanildo Almeida. **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte**. Recife – PE: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2007.

BARRETO, Alcina Magnólia Franca; SUGUIO, Kenitiro; BEZERRA, Francisco Hilário Rego; TATUMI, Sonia Hatsue; YEE, Márcio; GIANNINI, Paulo César Fonseca. **Geologia e Geomorfologia do Quaternário Costeiro do Estado do Rio Grande do Norte**. *Geologia USP – Série Científica*, v. 4, n. 2, p. 1-12, 2004.

BRANNER, John Casper. **The Stone Reefs of Brazil, Their Geological and Geographical Relations, With Chapter on the Coral Reefs**. Museum of Comparative Zoology, Harvard College, Cambridge, Geological Series 7, 1904.

CABRAL NETO, Izaac; CÓRDOBA, Valéria Centurion; VITAL, Helenice. **Beachrocks do Rio Grande do Norte**. Natal – RN: EDUFRRN, 2014.

CASSAB, Rita de Cassia Tardin. **Paleontologia da Formação Jandaíra, Cretáceo Superior da Bacia Potiguar, com Ênfase na Paleobiologia dos Gastrópodes**. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.

CNI – Confederação Nacional da Indústria. **A contribuição do setor brasileiro de petróleo, gás e biocombustíveis para o desenvolvimento sustentável no país**. Brasília – DF: CNI, 2012.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral 2014**. Brasília – DF: DNPM, 2014.

GUERRA, Antônio Teixeira. **Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 8ª ed. Rio de Janeiro – RJ: IBGE, 1993.

MEDEIROS, C. M.; NASCIMENTO, M. A. L.; SOUSA, D. C. Geologia. *In*: PFALTZGRAFF, P. A. S.; TORRES, F. S. M. (Org.). **Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Norte - Programa Geologia do Brasil: Levantamento da Geodiversidade**. CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Rio de Janeiro, p. 17-35, 2010.

PESSOA NETO, Otaviano da Cruz; SOARES, Ubiraci Manoel; SILVA, José Gedson Fernandes; ROESNER, Eduardo Henrique; FLORENCIO, Cláudio Pires; SOUZA, Carlos Augusto Valentin. **Bacia Potiguar**. Boletim de Geociências da Petrobras, v. 15, n.2, p. 357 – 369, 2007.

# SÍSMICA APLICADA À PESQUISA DE PETRÓLEO

*Alinne Jéssica Dantas de Araújo*

### **IV.1 - INTRODUÇÃO**

Antes de falar sobre sismica propriamente dita, é importante mencionar que a mesma é uma ferramenta geofísica, e que além desse método existem outros que podem ser aplicados à pesquisa de petróleo.

Diferente da geologia, que estuda a Terra através de observações diretas de rochas que estão expostas na superfície ou de amostras retiradas de poços perfurados, a geofísica envolve o estudo daquelas partes profundas da Terra, que não podemos ver através de observações diretas. A análise geofísica é feita a partir da medição das propriedades físicas das rochas e minerais com instrumentos sofisticados e apropriados, geralmente, colocados na superfície, a fim de interpretar essas medidas para se obter informações úteis sobre a estrutura e sobre a composição daquelas zonas inacessíveis de grandes profundidades.

Existe uma ampla gama de aplicação de métodos geofísicos. Muitas das ferramentas e técnicas desenvolvidas são usadas na exploração de hidrocarbonetos e de minérios, bem como em pesquisas mais acadêmicas direcionadas ao entendimento da natureza no interior da Terra (Quadro 1).

## QUADRO 1: Geofísica e estrutura da terra.

A terra possui três modelos de estruturação, conhecidos como “antigo modelo”, “novo modelo” e “atual modelo”, sendo o primeiro baseado na composição química das rochas, enquanto os outros dois levam em consideração também suas propriedades físicas. É importante ressaltar que nenhum dos modelos anula o outro, são modelos que se complementam e integram informação.

O antigo modelo traz a divisão clássica em 3 estratos: crosta, manto e núcleo. Essa divisão foi feita com base na observação da composição e estado físico dos materiais.

O novo modelo divide a terra em 6 camadas: crosta oceânica, crosta continental, manto superior, manto inferior, núcleo externo e núcleo interno. Essa informação é obtida através do comportamento das ondas sísmicas. As ondas sísmicas mudam bruscamente de velocidade assim que encontram materiais diferentes e/ou com diferente estado físico.

Com a tecnologia atual, e porque as ondas sísmicas atravessam todo o globo, sabe-se exatamente a que profundidade elas mudam de comportamento. Nas zonas onde ocorrem a mudança de comportamento são definidas as “Descontinuidades terrestres”.

Já o modelo atual divide a Terra em 4 esferas, da mais exterior para o interior: Litosfera; Astenosfera; Mesofera; Endosfera.

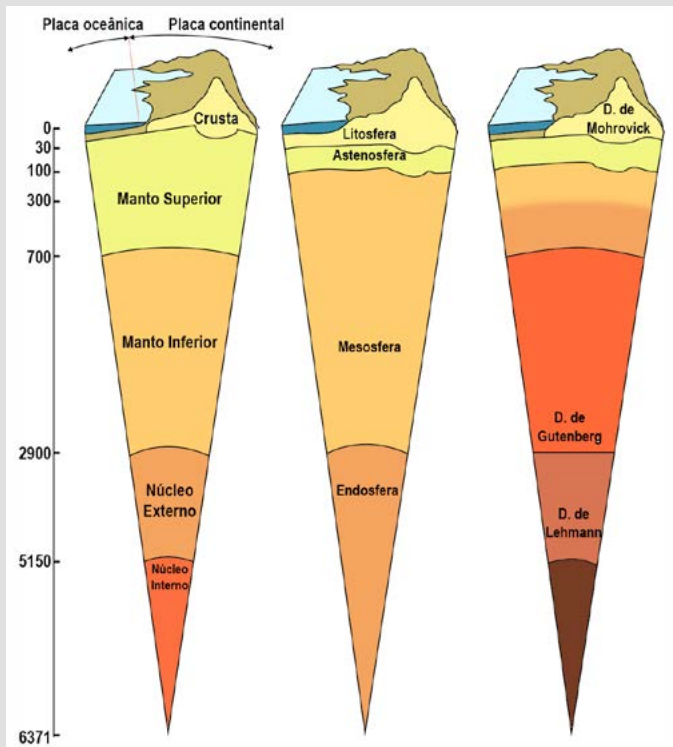
A litosfera corresponde a toda espessura interna da terra na qual ocorre rocha consolidada, e equivale à crosta e parte do manto superior. Essa esfera justifica a existência de sismos a profundidades maiores do que a espessura da crosta, uma vez que os mesmos têm sua origem nas camadas rochosas.

A astenosfera envolve parte do manto superior (de aproximadamente 100 a 350km), e a mesosfera o restante do manto superior e todo o manto inferior (ou seja, de 350 a 2900km, aproximadamente). Os cientistas, no entanto, divergem quanto

à profundidade dessas esferas. Alguns assumem a astenosfera como sendo do fim da litosfera até o fim do manto superior (cerca de 700km), sendo a mesosfera, o manto inferior.

Por fim, a endosfera corresponde ao núcleo (externo e interno).

Figura 23: Estrutura interna da Terra segundo o novo modelo e atual modelo.



FONTE: Domingos (2015).

## IV.2 - MÉTODOS GEOFÍSICOS

Há uma grande diversidade de métodos de levantamento geofísico e, para cada um, há uma propriedade física “operativa”, na qual o método é sensível, como listado na Tabela 1, abaixo:

Tabela 1: Métodos geofísicos.

Método	Parâmetro medido	Propriedades físicas operativas
Sísmico	Tempos de percurso de ondas sísmicas refletidas e refratadas	Densidade e módulos elásticos, os quais determinam a velocidade de propagação de ondas sísmicas
Gravimetria	Variações espaciais da força do campo gravitacional da Terra	Densidade
Magnetometria	Variações espaciais da força do campo geomagnético	Susceptibilidade magnética e remanência
Elétrico		
Resistividade	Resistência	Condutividade elétrica
Polarização induzida	Voltagens de polarização ou resistência do solo dependente da frequência	Capacitância elétrica
Potencial espontâneo	Potenciais elétricos	Condutividade elétrica
Eletromagnético	Resposta às radiações eletromagnéticas	Condutividade e indutância elétricas
Radar	Tempos de percurso de pulsos de radar refletidos	Constante dielétrica
Radiometria	Radiação	Decaimento radioativo

FONTE: Modificado de Kearey *et al.* (2009).

De maneira breve, será descrito os métodos citados na Tabela 1 (à exceção do método sísmico, que será abordado com maior detalhe mais adiante), com base no material fornecido eletronicamente pela Sociedade Brasileira de Geofísica – SBGf (SBGf 2015).

#### IV.2.1 - Método gravimétrico;

Mede as variações do campo gravitacional terrestre provocadas por corpos rochosos dentro da crosta até poucos quilômetros de profundidade. Estas variações são influenciadas pelas diferentes densidades das rochas, tendo as mais densas, maior influência no campo gravitacional (Figura 24).

Figura 24: A figura abaixo mostra a influência de um corpo mineralizado (de maior densidade) na atração gravitacional medida num gravímetro.

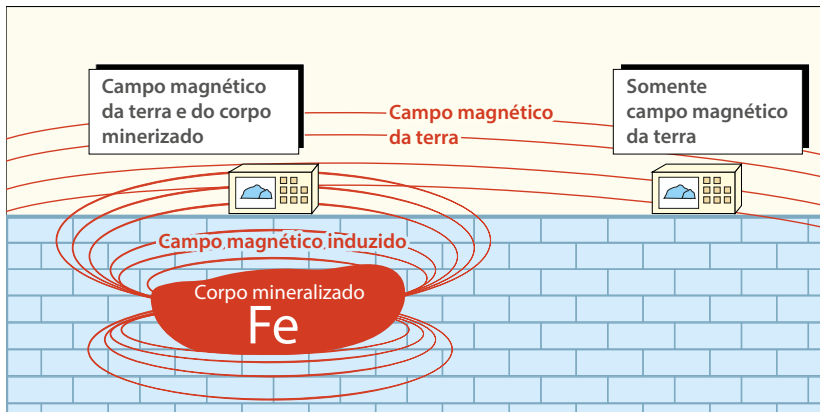


FONTE: Modificado de Griem (2015).

### IV.2.2 - Método magnético

Este método mede as variações do campo magnético da Terra, atribuídas a variações na estrutura da crosta ou na susceptibilidade magnética de certas rochas próximo à superfície. Emprega-se este método na prospecção de materiais magnéticos, como minérios de ferro, principalmente a magnetita (Figura 25).

Figura 25: O campo magnético da terra afeta jazimentos que contem magnetita, gerando um campo induzido que é identificado no magnetômetro.



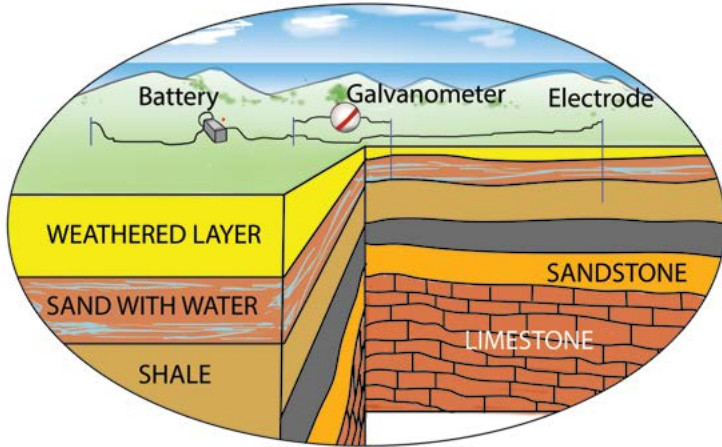
FONTE: Modificado de Griem (2015).

### IV.2.3 - Métodos elétricos

Os métodos elétricos fazem uso de uma grande variedade de técnicas, cada uma baseada nas diferentes propriedades elétricas e características dos materiais que compõem a crosta terrestre.

- **Resistividade** - Este método fornece informações sobre corpos rochosos que tenham condutividade elétrica anômala. É empregado pela engenharia para estudos de salinidade de lençóis de água subterrânea (Figura 26).
- **Polarização induzida** - Fornece leituras diagnósticas onde existem trocas iônicas na superfície de grãos metálicos, tal como acontece em sulfetos.

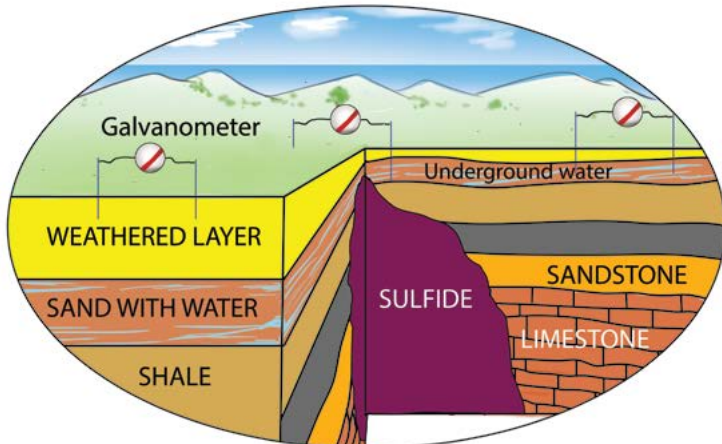
Figura 26: Esquema de aplicação de método de eletrorresistividade.



FONTE: SBGf (2015).

- **Potencial espontâneo** - É usado para detectar a presença de certos minerais que reagem com eletrólitos na subsuperfície de maneira a gerar potenciais eletroquímicos (Figura 27). Um corpo de sulfeto oxidado mais no seu topo do que na sua base dará origem a tais correntes elétricas, que são detectadas na superfície com o auxílio de eletrodos e galvanômetros.

Figura 27: Esquema de aplicação de método de potencial espontâneo





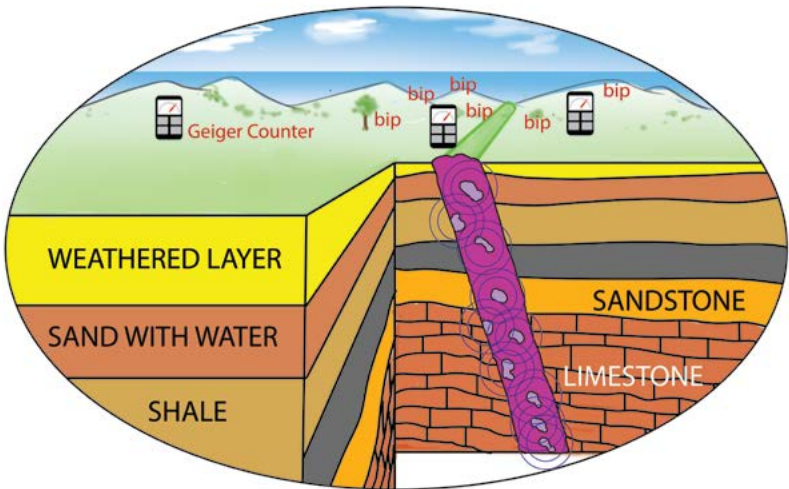
FONTE: SBGf (2015).

- **Eletromagnético** - Como o nome sugere, este método baseia-se na propagação de campos eletromagnéticos de baixas frequências que variam ao longo do tempo, de dentro para fora e de fora para dentro da Terra. Esse método é mais comumente usado na prospecção mineral.

#### IV.2.4 - Método radiométrico:

Este método baseia-se nas propriedades radioativas de certos minérios (minerais de urânio são bons exemplos). Através de aparelhos especiais (contadores geiger e cintilômetros), esses minérios podem ser detectados a partir da superfície da Terra (Figura 28).

Figura 28: Esquema de aplicação de método radiométrico.



FONTE: SBGf (2015).

O tipo de propriedade física a qual um método responde, determina seu campo de aplicações. Assim, por exemplo, o método magnético é apropriado para prospecção de corpos mineralizados de magnetita, em virtude de sua alta susceptibilidade magnética, enquanto o método elétrico é eficaz para localização de lençóis freáticos,

uma vez que uma rocha saturada em água possui alta condutividade elétrica.

O uso dos métodos geofísicos na prospecção de hidrocarbonetos vai desde o fornecimento de dados para levantamentos regionais, delimitação de áreas favoráveis e mapeamento de estruturas favoráveis à ocorrência de óleo e gás. Para essas finalidades, levantamentos gravimétricos, magnéticos, sondagens elétricas e sísmica são bastante utilizadas, sendo que o método sísmico de reflexão é o mais largamente utilizado e conhecido. A forte utilização da sísmica na exploração e desenvolvimento de reservatórios de hidrocarbonetos deve-se ao grande número e densidade de amostragem tanto em área, quanto em profundidade. O investimento realizado pela indústria do petróleo permitiu o desenvolvimento e aperfeiçoamento de tecnologias de aquisição, processamento e interpretação dos dados sísmicos, o que tornou a técnica a mais poderosa ferramenta de exploração e uma das mais importantes na caracterização de reservatórios de petróleo.

### **IV.3 - O MÉTODO SÍSMICO**

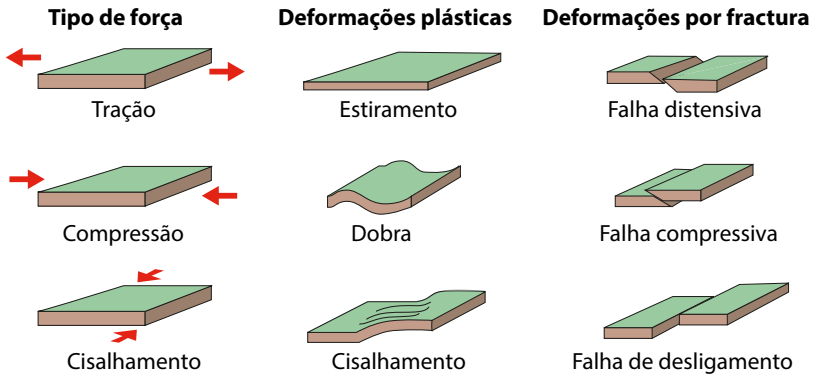
Para compreender o funcionamento do método sísmico, é necessário ter um breve entendimento dos princípios físicos e geológicos que o fundamentam.

O método se baseia na emissão de ondas sísmicas em subsuperfície. Ondas sísmicas são pacotes de energia que se propagam radialmente a partir de uma fonte sísmica. Para compreender os diferentes tipos de onda, é importante conhecer os conceitos de tensão e deformação.

Quando forças externas são aplicadas a um corpo, forças internas em equilíbrio são estabelecidas. A tensão é uma medida da intensidade dessas forças em equilíbrio, que pode ser decomposta em um componente normal, perpendicular à superfície, e uma cisalhante, no plano da superfície (Figura 6). Assim, quando um corpo é submetido à tensão, sofre uma mudança de forma e/ou volume, o que chamamos de deformação. Até um certo valor máximo de tensão, conhecido como

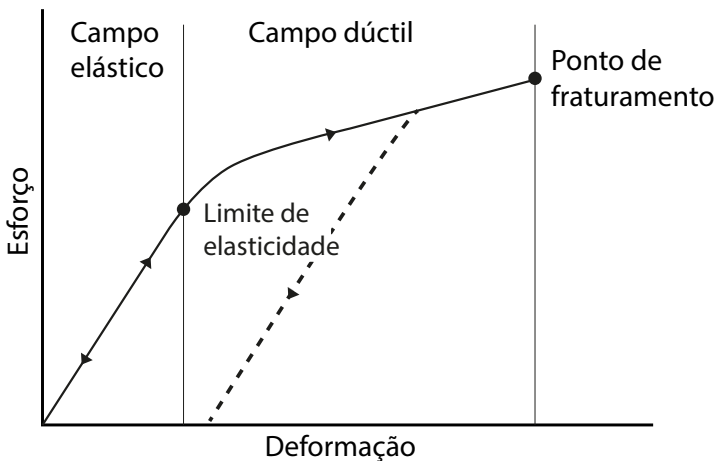
limite elástico, a deformação é diretamente proporcional ao esforço aplicado (Figura 29).

Figura 29: Exemplificação dos tipos de força normal (tração e compressão) e a cisalhante. As deformações plástica e frágil ocorrem ao ultrapassar o limite elástico.



FONTE: Netexplica (2015).

Figura 30: No campo elástico, após a remoção do esforço, a deformação é reversível, já no campo dúctil (deformação plástica), o caminho reverso é diferente, e após o ponto de faturamento (deformação frágil), não existe resposta ao alívio da tensão.

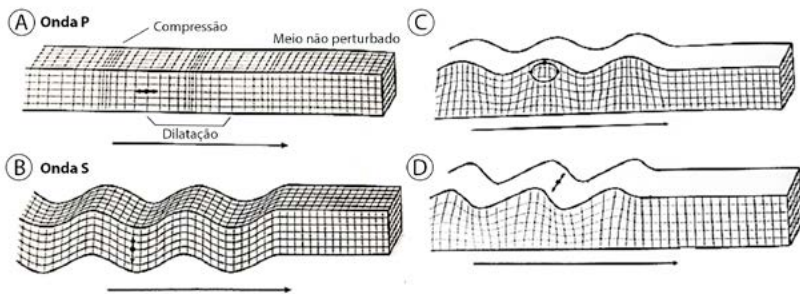


FONTE: Kearey *et al.* (2009).

Uma vez que as fontes de emissão de ondas em um levantamento sísmico geram ondas de curta duração – pulsos –, as deformações associadas à passagem desses pulsos são tidas como elásticas. A relação linear, mostrada no gráfico da Figura 30, entre tensão e deformação no campo elástico, é definida, para qualquer material, por módulos elásticos (os quais não serão tratados aqui) e pela densidade do meio, sendo a densidade afetada por diversos fatores, como composição, textura, porosidade e presença de fluidos, por exemplo.

É relevante, ainda, mencionar a existência de dois tipos de ondas sísmicas, as ondas de corpo e as ondas superficiais (Figura 31). As ondas de corpo propagam-se através do volume de um sólido elástico e podem ser de dois tipos: longitudinais ou primárias, e de cisalhamento ou secundárias. Já as ondas superficiais, num sólido elástico confinado, propagam-se ao longo das superfícies que o limitam.

Figura 31: Deformações elásticas e movimentos de partículas do terreno associados à passagem de ondas P (A), S (B), Rayleigh (C) e Love (D).

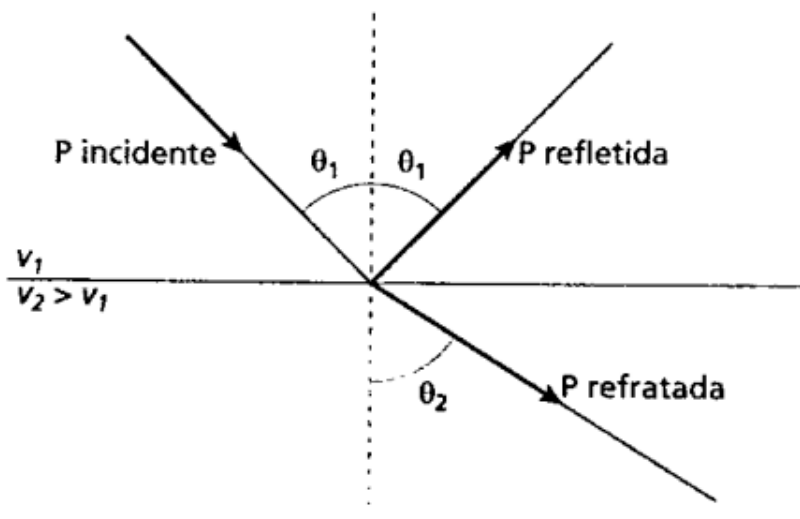


FONTE: Bolt (1982 *apud* Kearey *et al.* 2009).

A onda que se propaga em subsuperfície sofre mudança em sua velocidade numa interface entre duas camadas de rocha, resultante das diferentes propriedades físicas das duas. Nessa interface, a energia contida num pulso sísmico incidente é dividida em pulsos transmitidos e refletidos, o que nos leva ao princípio físico de reflexão e refração, que rege o método (Figura 32). Na reflexão, um raio incidente deverá ser refletido com o mesmo ângulo de incidência com relação à normal da interface. Um raio refratado, por sua vez, sofre uma mudança na direção de propagação, distanciando-se da normal à interface, quanto

maior for a velocidade do segundo meio. No caso em que o raio passa a se propagar num meio de maior velocidade, ele pode sofrer refração crítica, que ocorre quando a incidência se dá em um ângulo tal ângulo crítico, em que o raio sofre refração de  $90^\circ$ , se deslocando pela interface com a maior velocidade e retorna à camada acima com essa velocidade superior.

Figura 32: Esquema de incidência de raio de onda P sobre uma interface de contraste de impedância acústica (produto da densidade pela velocidade da rocha).



FONTE: Kearey *et al.* (2009).

Esse comportamento duplo da onda permitiu o desenvolvimento de dois tipos de levantamentos sísmicos: a sísmica de refração e a sísmica de reflexão. Como o método sísmico de reflexão é mais largamente utilizado, somente ele será abordado em todas as suas etapas (aquisição, processamento e interpretação).

### IV.3.1 Aquisição

O objetivo fundamental dos levantamentos sísmicos é precisamente registrar os movimentos do terreno causados por uma fonte conhecida, de localização também conhecida. Isso se faz com a geração de um pulso com uma **fonte** apropriada, a detecção das ondas por meio

de um **transdutor** e o registro e apresentação das formas de ondas num **sismógrafo**.

### **Fonte**

A fonte sísmica é uma região localizada (conhecido como ponto de tiro), na qual ocorre a liberação de energia, que produz uma rápida tensão sobre o meio circundante. Por vezes, explosivos são utilizados como fonte de energia, no entanto novos modos mais sofisticados e seguros tem surgido. De acordo com Kearey *et al.* (2009), os principais requisitos da fonte são:

- Energia suficiente para abranger o mais amplo intervalo de frequências;
- Concentrar sua energia na produção de ondas de corpo, produzindo o mínimo possível de ondas de superfície;
- É necessário que a forma de onda possa ser reproduzida de igual forma quantas vezes seja necessário;
- A fonte deve ser segura, eficiente e ambientalmente aceitável.

Podemos agrupar as fontes sísmicas em: explosivas, terrestres não explosivas e marinhas.

As fontes explosivas são detonadas em furos rasos a fim de evitar dissipação de energia e minimizar os danos na superfície, permitindo melhor acoplamento da energia com o terreno (Figura 10A). Apesar de ser barato e abranger grande espectro de frequência apresenta dificuldades para concessão, transporte, armazenamento, é um processo lento devido a necessidade de furos e não é precisamente repetível. Esse tipo de fonte é deficiente em dois ou mais dos requisitos mencionados acima e, por isso, atualmente, seu uso é menos frequente, restringindo-se a lugares onde fontes alternativas não podem ser usadas.

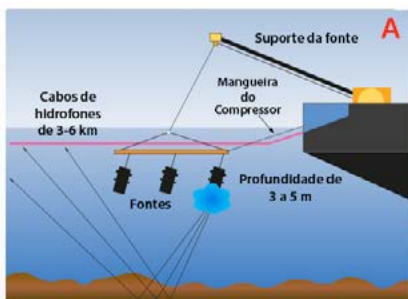
Entre as fontes terrestres não explosivas estão os *vibrosseis*, percussores de queda livre, marreta, espingardas, *buffalo guns* e rifles, apresentados nas Figura 33.

Figura 33: Imagens com alguns tipos de fontes terrestres não explosivas. A – Ponto de tiro com fonte explosiva; B – *vibrosseis*; C – equipamento para percussão em queda livre; D – marreta; E – disparo feito com espingarda; F – *buffalo gun*.



Dentre as fontes marinhas, estão os canhões de água, canhões de ar, *vibrosseis* marinhos, centelhadores, *boomers*, pínqueres, alguns deles ilustrados na Figura 34.

Figura 34: A – esquema de aquisição usando canhão de ar; B – imagem real de um canhão de ar. Os canhões de água são muito parecidos com os de ar, a liberação de ar/água sob forte pressão provoca a emissão de energia para subsuperfície. C, D – *boomers*, a placa metálica emite impulsos acústicos ou ondas de pressão.



FONTE: Rocha & Ianniruberto (2009)



FONTE: Nauticexpo (2015)



FONTE: BGS (2015)



FONTE: Meridata (2015)

### **Transdutores**

Os transdutores são responsáveis por converter as oscilações do terreno em sinais elétricos, devem ser regulados para fazer o registro de apenas algumas das componentes do movimento para que possa registrar o intervalo de frequências e amplitudes necessárias sem distorção. Geralmente, mede-se apenas a componente vertical da velocidade. Os

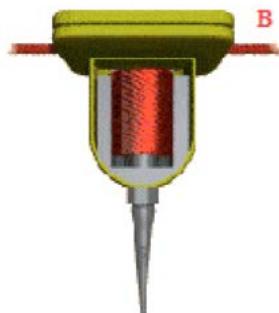


dispositivos utilizados em terra são conhecidos por geofones, enquanto na água são os chamados hidrofones (Figura 35).

Figura 35: A – aplicação de geofone em área asfaltada; B – esquema da parte interna de um geofone de bobina móvel; C – hidrofone.



FONTE: Geoexpert



FONTE: Intergeo. (2015).

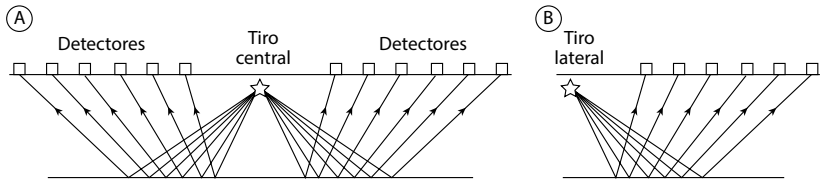


FONTE: Wikipedia (2015).

Um projeto de levantamento de reflexão leva em consideração a disposição espacial da fonte e dos transdutores. As duas configurações fonte-detector mais comuns são o lanço simétrico e o lanço lateral (Figura 37). Levantamentos bidimensionais são realizados pela coleta de dados ao longo de linhas de aquisição (possível observar uma linha de aquisição bidimensional simétrica na figura 33D), que contém aproximadamente todas as fontes e transdutores. Levantamentos tridimensionais são feitos a partir de uma malha capaz de amostrar um volume de subsuperfície, e não apenas um perfil num plano vertical, como no bidimensional, como se fossem várias linhas de levantamento bidimensional paralelas (Figura 14). As aquisições em terra são normalmente executadas com uma geometria de lanço simétrico. Entretanto, nos levantamentos de reflexão marinhos, o lanço

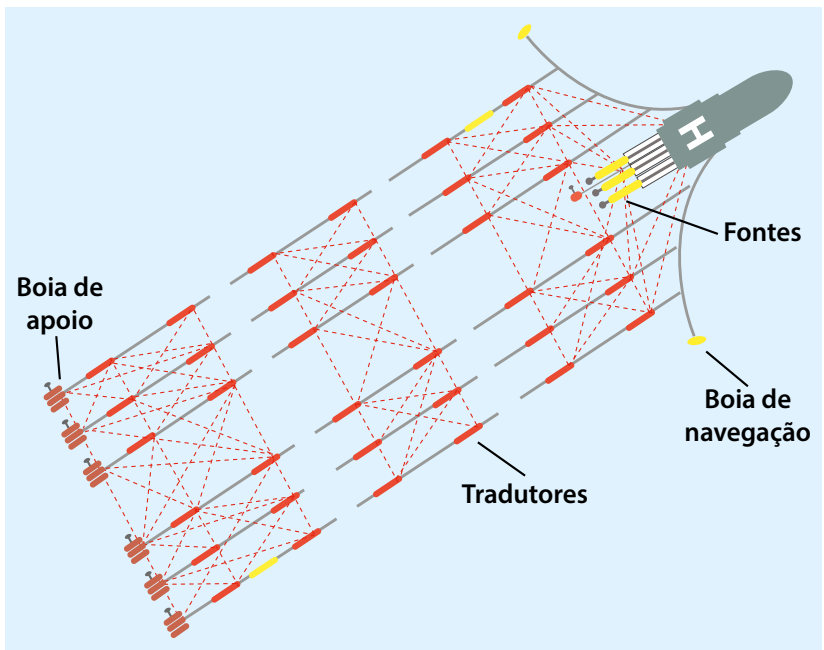
lateral é a configuração normal, pela limitação de se ter o equipamento arrastado atrás de um navio.

Figura 36: A – Lanço simétrico, transdutores em ambos os lados da fonte; B – Lanço lateral, transdutores em apenas um dos lados.



FONTE: Kreagey *et al.* (2009)

Figura 37: Esquema de levantamento sísmico marítimo tridimensional. Notar que o lanço é lateral, todos os transdutores estão num mesmo lado das fontes.



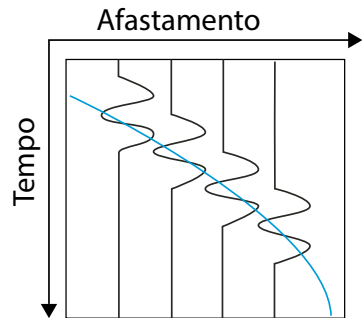
FONTE: Rocha & Ianniruberto (2009).

## Sismógrafo

Por fim, o sismógrafo registra e representa graficamente a informação convertida do transdutor. A medida gravada em cada transdutor é denominada traço sísmico, e o conjunto de um ou mais traços formam os chamados sismogramas. Os sismogramas podem ser definidos como uma matriz em que as colunas são os índices dos receptores, e as linhas, os índices dos instantes de tempo, e em seu conteúdo são armazenadas as amplitudes das ondas capturadas (Figura 38).

Figura 38: À esquerda, exemplo de um sismograma contendo as amplitudes lidas nos receptores em cada instante de tempo. Cada coluna representa um traço sísmico. À direita, representação gráfica do sismograma, composto por quatro traços sísmicos.

		Receptor			
		rec <sub>1</sub>	rec <sub>2</sub>	rec <sub>3</sub>	rec <sub>4</sub>
Tempo de trânsito	tt <sub>1</sub>	0.06	0	0	0
	tt <sub>2</sub>	0.08	0.05	0	0
	tt <sub>3</sub>	0.07	0.07	0.04	0
	tt <sub>4</sub>	0	0.04	0.06	0.04
	tt <sub>5</sub>	0	0	0.04	0.05
	tt <sub>6</sub>	0	0	0	0.03

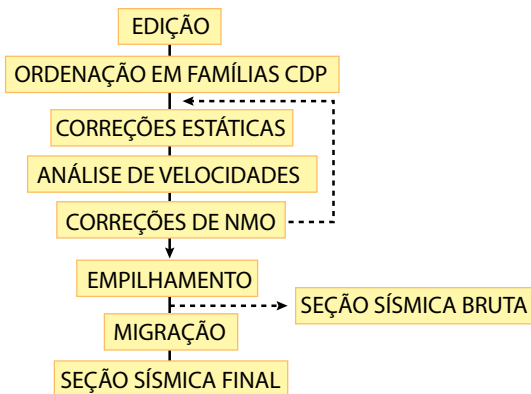


FONTE: PUC (2015).

### IV.3.2 Processamento

Os receptores sísmicos captam não apenas sinal sísmico, mas também ruído. Como regra, o termo “sinal sísmico” é aplicado a todo evento registrado a partir do qual é esperado se obter informação sobre a geologia e as estruturas de subsuperfície, sendo ruído, tudo aquilo que não é considerado sinal sísmico. Em virtude da presença desses ruídos, os sismogramas geralmente têm uma aparência complexa e eventos de reflexão são frequentemente não reconhecíveis sem a aplicação de técnicas de processamento apropriadas. Como produto final do processamento dos dados, obtém-se a seção sísmica, uma imagem das feições geológicas em subsuperfície obtida após a aplicação de várias metodologias, cuja sequência é mostrada na Figura 39.

Figura 39: Fluxograma básico de processamento dos dados sísmicos.



FONTE: Ribeiro (2001).

Resumidamente, essas etapas podem ser explicadas, de acordo com Ribeiro (2001), da seguinte forma:

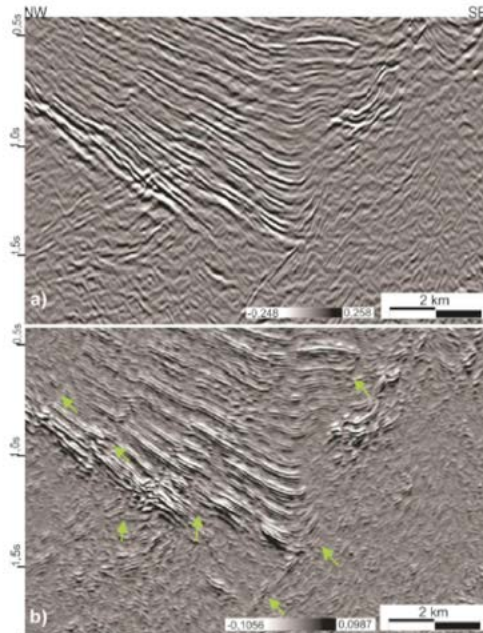
- Edição é a etapa em que os dados são preparados para o processamento propriamente dito, onde são eliminados traços muito ruidosos ou danificados;
- Organização em família CDP é o agrupamento dos dados em famílias que contém informações de um mesmo ponto. Também existem as famílias CMP, no entanto, não se entrará em detalhe sobre o modo de organização desse conjunto;
- Correções estáticas, de NMO e análise de velocidade, são correções necessárias para remover erros que são inerentes à técnica. Para todo método geofísico há a necessidade de fazer correções específicas;
- Empilhamento é o somatório de um grupo de traços da mesma família, alinhados em tempo. Compõe a seção sísmica bruta;
- A migração corrige o dado empilhado. Como o empilhamento é feito segundo o tempo, ele coloca pontos de diferente profundidade lado a lado, a migração faz a correção em virtude da presença de camadas inclinadas;

- A seção sísmica final é o dado pronto para ser interpretado.

### IV.3.3 Interpretação

A interpretação das feições presentes na seção sísmica final é a etapa seguinte ao processamento, de modo que a seção sísmica mal preparada pode conter muitos eventos não representativos de variações de impedância acústica. Uma boa interpretação, no entanto, pode ser conduzida não apenas pelo bom processamento, mas também pela maneira que a imagem sísmica é apresentada, por meio do emprego dos atributos do traço sísmico complexo. Atributos são um tipo de processamento do dado, que permitem obter informações que ajudam a enfatizar uma característica desejada, a qual não é diretamente identificada nos dados (Figura 40).

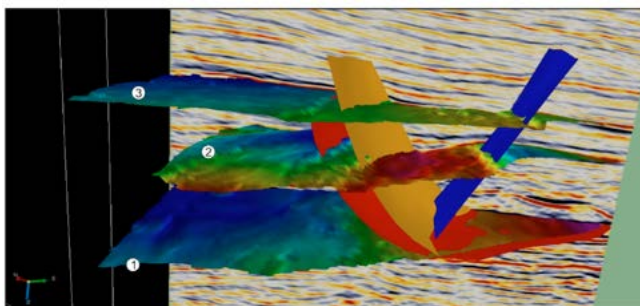
Figura 40: Exemplo de aplicação de atributo sísmico. A imagem inferior ganhou um aspecto em relevo, que ajuda na interpretação de estruturas (falhas e dobras).



FONTE: Pichel (2014)

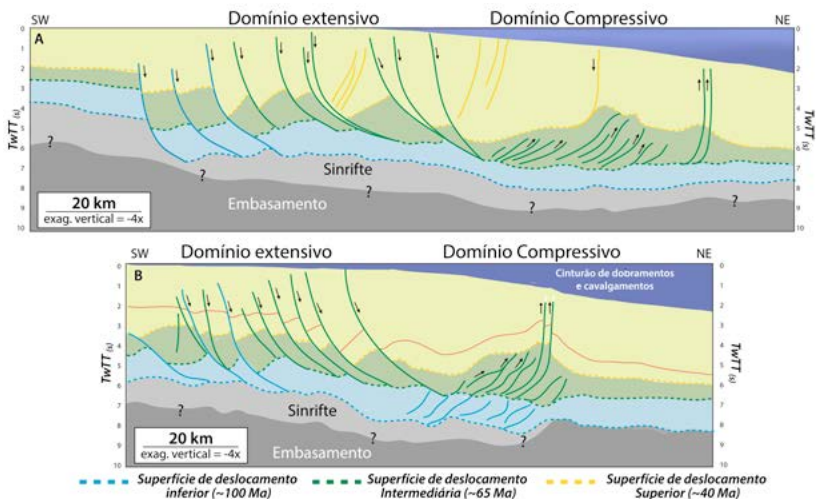
A interpretação sísmica geralmente se detém em dados estruturais e estratigráficos. A interpretação sismoestrutural (Figura 41) se incube de mapear, na seção sísmica, estruturas geológicas e compor um modelo estrutural para área. Além disso, permite a criação de blocos diagramas e mapas estruturais. Falhas e dobras são importantes estruturas a serem mapeadas em virtude de sua importância no que diz respeito à prospecção de hidrocarbonetos.

Figura 41: Exemplo de interpretação sismoestrutural. Mapeamento tridimensional de set de falhas em um campo de petróleo.



FONTE: Araújo & Antunes (2015).

Figura 42: Exemplo de interpretação sismoestratigráfica. Mapeamento de sequencias deposicionais.



FONTE: Perovano *et al.* (2009).

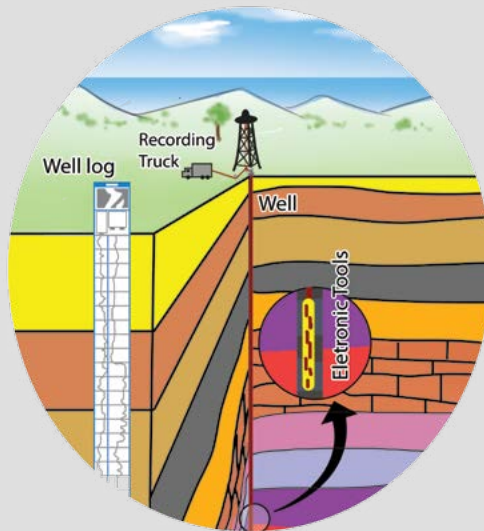
A sismoestratigrafia tem como objetivo identificar e mapear características geológicas em dados sísmicos, o que também possui amplo significado para a prospecção de óleo e gás (Figura 42). Ter conhecimento do ambiente de sedimentação no qual a rocha se inseriu pode influenciar na tomada de decisões, por exemplo.

#### QUADRO 2: Perfis de poços

Os perfis de poços são usados principalmente na prospecção de petróleo e de água subterrânea. Eles têm sempre como objetivo principal, a determinação da profundidade e a estimativa do volume da jazida de hidrocarboneto ou do aquífero. Para fazer uma perfilagem em um poço, são usadas diversas ferramentas (sensores) acopladas a sofisticados aparelhos eletrônicos. Estes sensores são introduzidos poço adentro, registrando, a cada profundidade, as diversas informações relativas às características físicas das rochas e dos fluidos em seus interstícios (poros). As ferramentas utilizam diversas características e propriedades das rochas, que podem ser elétricas, nucleares ou acústicas. Com os sensores elétricos, detecta-se, por exemplo, a resistividade das rochas e a identificação das mesmas se dá através de comparações dos valores obtidos na perfilagem com os valores das resistividades de diversas rochas conhecidas e determinadas em testes de laboratório. Com os sensores nucleares, detecta-se a intensidade de radioatividade das rochas e dos fluidos em seus poros, podendo-se inferir a composição mineralógica das mesmas. Com as ferramentas acústicas, ultrassons são emitidos em uma ponta da ferramenta a intervalos regulares e detectados em sensores na outra ponta. O tempo que o sinal sonoro levou para percorrer esta distância fixa e conhecida (chamado de tempo de trânsito) através da parede do poço (ou seja, pela rocha) é medido e gravado no perfil. O geofísico, mais tarde, compara estes tempos de trânsito com os tempos determinados em laboratório para rochas de composições conhecidas, infe-

rindo, desta maneira, as composições mineralógicas das rochas atravessadas pelo poço e determinando suas profundidades. Dados de poços pode ser “amarrados” à seções sísmicas a fim de melhorar a interpretação.

Figura 43: Esquema de perfilagem.



FONTE: SBGf (2015)



## REFERÊNCIAS

APEX. **Seismic refraction**. Disponível em: <<http://apexgeoservices.ie/seismic-refraction/>>. Acessado em setembro de 2015.

ARAÚJO, A.J.D., ANTUNES, A.F. **Interpretação Sismoestrutural do Campo de Namorado (Bacia de Campos, SE do Brasil)**. In: XV Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 2015. Vitória, ES.

CAPLAN, J. **Fire in the hole**. Disponível em: <<http://www.giseis.alaska.edu/input/jackie/lavapix.html>>. Acessado em setembro de 2015.

DOMINGOS, L. **Terra planeta vivo. Estrutura da Terra**. Disponível em: <[http://domingos.home.sapo.pt/estruterra\\_4.html](http://domingos.home.sapo.pt/estruterra_4.html)>. Acessado em setembro de 2015.

BGS – British Geological Survey. **Geophysical survey equipment**. Disponível em: <[http://www.bgs.ac.uk/scienceFacilities/marine\\_operations/geophysical\\_equipment.html](http://www.bgs.ac.uk/scienceFacilities/marine_operations/geophysical_equipment.html)>. Acessado em setembro de 2015.

GEOEXPERT. **High precision seismic survey**. Disponível em: <<http://www.geoexpert.ch/equipment.html>>. Acessado em setembro de 2015.

GRIEM, W. **Métodos geofísicos II**. Disponível em: <<http://www.geo-virtual2.cl/geologiageneral/ggcap01e.htm>>. Acessado em setembro de 2015.

INTERGEO. **Algumas perguntas sobre sísmica**. Disponível em: <<http://inter-geo.org/Study/Seismic/Acquisition/Recording.php?lang=pt>>. Acessado em setembro de 2015.

KEAREY, P.; BROOKS, M., Hill, I. **Geofísica de exploração**. Trad. Coelho, M.C.M. São Paulo, Oficina de Textos, 438. 2009.

KGS – Kansas Geological Survey. **Sixth Monitoring Survey**. Disponível em: <[http://www.kgs.ku.edu/Geophysics/4Dseismic/Reports/July\\_2005/index.html](http://www.kgs.ku.edu/Geophysics/4Dseismic/Reports/July_2005/index.html)>. Acessado em setembro de 2015.

MERIDATA. **Marine Geophysical Survey Systems**. Disponível em: <<http://www.meridata.fi/boomer.shtml>>. Acessado em setembro de 2015.

NAUTICEXPO. **Airgun**. Disponível em: <<http://www.nauticexpo.com/prod/sercel/product-40158-326494.html>>. Acessado em setembro de 2015.

NETEXPLICA. **Deformação das rochas**. Disponível em: <[http://www.netxplica.com/2015/disciplinas/biologiageologia1011/geo11\\_04.html](http://www.netxplica.com/2015/disciplinas/biologiageologia1011/geo11_04.html)>. Acessado em setembro de 2015.

PICHEL, L.M. **Análise de atributos, interpretação sismoestrutural e sismoestratigráfica e modelo geométrico pseudo-3D da Bacia do Rio do Peixe, NE do Brasil**. Trabalho de Graduação. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 83p. 2014.

PEROVANO, R. et al. O processo de colapso gravitacional da seção marinha da Bacia da Foz do Amazonas - Margem Equatorial Brasileira. **Revista Brasileira de Geofísica**, 7(3):459-484. 2009.

PUC-Rio. **Exploração sísmica**. Disponível em: <[http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/8622/8622\\_3.PDF](http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/8622/8622_3.PDF)>. Acessado em setembro de 2015.

RIBEIRO, H.J.P.S. **Estratigrafia de seqüências: fundamentos e aplicações**. Rio grande do Sul, Editora Unissinos, 428p. 2001.

ROCHA, M.P. IANNIRUBERTO, M. **Aquisição sísmica**. Disponível em: <<http://slideplayer.com.br/slide/294785/>>. Acessado em setembro de 2015.

SBGf. **O que é geofísica**. Disponível em: <<http://www.sbgf.org.br/geofisica/geofisica.html>>. Acessado em setembro de 2015.

WIKIPÉDIA. **Hidrofone**. Disponível em:<<https://pt.wikipedia.org/wiki/Hidrofone>>. Acessado em setembro de 2015.

# CAPÍTULO V

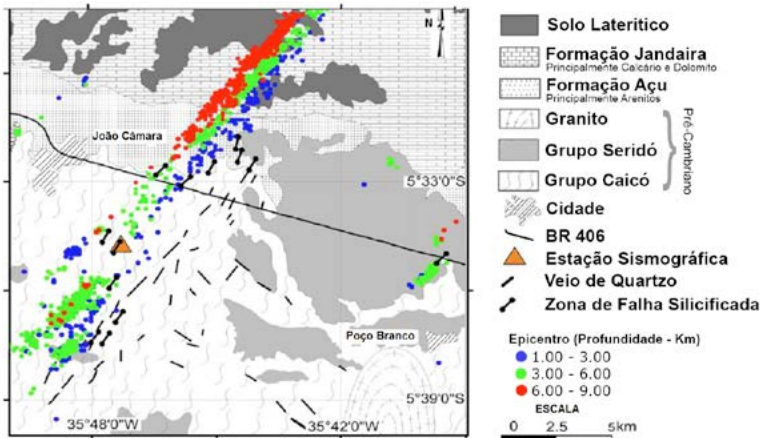
## TERREMOTOS DE JOÃO CÂMARA/RN

Mário Tavares de Oliveira Cavalcanti Neto

### V.1 - INTRODUÇÃO

No trecho principal das aulas de campo do PETROTEC, entre Natal e Macau, ao longo da BR 406, os alunos passam sobre a Falha de Samambaia (Figura 44), que tem sido apontada pelos geocientistas como a responsável pelos tremores que acontecem no município de João Câmara e vizinhanças. Trata-se de uma falha sísmica, de aproximadamente 40 Km de extensão, desde as proximidades da sede municipal de Pedro Avelino até entre São Miguel do Gostoso e Touros (CRUZ *et al* 2001), sendo a maior Falha Geológica Sísmica do país segundo o laboratório de Sismologia da UFRN (*apud* MADEIRO, 2011).

Figura 44: Mapa de Localização dos epicentros dos tremores em relação ao trecho percorrido durante as aulas de campo do PETROTEC.



FONTE: Modificado de Bezerra et al. (2007) p.31.

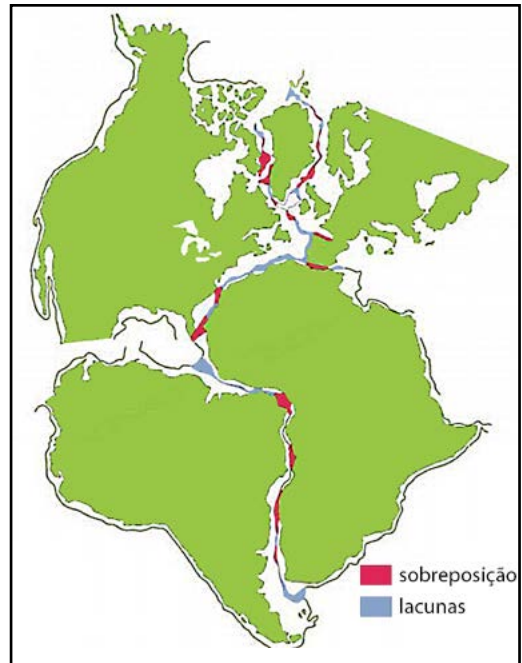
## V.2 - DERIVA CONTINENTAL E TECTÔNICA DE PLACAS

Os terremotos, também chamados de Abalos Sísmicos, são tremores que ocorrem na Crosta Terrestre, ocasionados por processos diversos existentes desde o interior até a superfície terrestre, que liberam ondas elásticas. São vários os tipos de ondas elásticas, sendo as mais importantes as ondas P (ou primárias), cuja direção do movimento é paralela à direção de propagação da onda e as ondas S (ou secundárias), cuja direção do movimento é perpendicular à direção da propagação da onda. O Hipocentro é o exato local onde o tremor foi gerado no interior da crosta terrestre, enquanto o Epicentro é a projeção do hipocentro na superfície terrestre. Nos oceanos, esses tremores podem provocar maremotos, também conhecidos como tsunamis (outros processos naturais podem provocar tsunamis. Ex: vulcanismo, deslizamento de terras), que geram ondas gigantes devido à concentração de energia.

As regiões de maior sismicidade do mundo estão localizadas nos limites das placas tectônicas, coincidindo com o denominado “Cinturão de Fogo” (Figura 24). Ao tratar o assunto terremoto, temos que nos reportar, para embasamento, à teoria da Deriva Continental e da Tectônica de Placas, apesar daqueles tremores ocorridos na região de João Câmara não estarem relacionados aos limites das placas.

As teorias da Deriva Continental e da Tectônica de Placas nasceram da percepção de vários geocientistas entre as décadas de 50 e 60, culminando com os trabalhos de Alfred Lothar Wegener

Figura 45: O encaixe dos continentes como um quebra-cabeças.



FONTE: [http://www.ige.unicamp.br/lrdg/pdf/91\\_Wegener\\_pt.pdf](http://www.ige.unicamp.br/lrdg/pdf/91_Wegener_pt.pdf)

sobre a Deriva Continental, que advoga que os Continentes estão em constantes movimentos, e com o trabalho de John Tuzo Wilson que reuniu as várias teorias sobre o tema para lançar a teoria da Tectônica de Placas, onde descreve os processos de criação e consumo da crosta.

Wegener percebeu que os continentes se encaixam como um quebra-cabeças, supondo, então, que estavam reunidos num supercontinente no passado geológico da Terra (Figura 24).

Outras evidências, mais robustas, sustentaram a tese, conforme relacionado pela página [http://www.ige.unicamp.br/lrdg/pdf/91\\_Wegener\\_pt.pdf](http://www.ige.unicamp.br/lrdg/pdf/91_Wegener_pt.pdf) e reproduzido a seguir:

- “O assoalho oceânico possui dorsais oceânicas com vales em rifte e fossas.
- Quando os continentes são colocados juntos, sua geologia é correspondente ao longo da “junção”.
- Os sedimentos mais antigos do assoalho marinho se encontram mais afastados das dorsais oceânicas.
- Quando os continentes são colocados juntos, há correspondência ao longo da “junção” entre as áreas onde alguns fósseis são encontrados.
- Algumas rochas nos continentes mostram que foram depositadas em um clima diferente do atual (ex. rochas depositadas por gelo em áreas próximas ao Equador e rochas depositadas em desertos em latitudes mais ao norte ou mais ao sul).
- Medições usando GPS e *lasers* revelam que os continentes estão se movendo.
- Algumas espécies modernas idênticas são encontradas tanto na América do Norte quanto na Europa.
- Arquipélagos de ilhas vulcânicas no Pacífico mostram como o assoalho oceânico se moveu através de *hot spots* no manto.

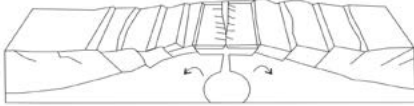
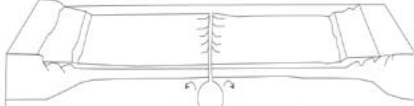
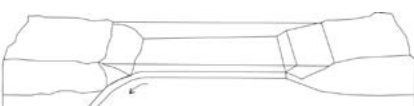

- As rochas de cada lado das dorsais oceânicas possuem faixas magnéticas em um padrão que lembra uma imagem em um espelho.
- Fósseis similares em diferentes continentes não podem ser explicados por “pontes de terra” uma vez que a geofísica mostra que tais conexões não podem afundar no oceano.
- As posições dos vulcões e dos terremotos seguem o contorno das zonas ativas da Terra.
- Vulcões extintos em montes submarinos com topos planos mostram como vulcões formados em dorsais oceânicas se afastam delas.
- Sedimentos do assoalho marinho se tornam mais espessos quanto mais distantes das dorsais oceânicas.
- Terremotos formam zonas que se inclinam para baixo sob fossas oceânicas.”

No Paleozoico (540 a 245 milhões de anos), mais especificamente no Permiano (290 a 254 milhões de anos), todos os continentes estavam reunidos no supercontinente Pangea, cercado por um super oceano chamado de Phantalassa. Por volta de 200 milhões de anos (Triássico), no início Era Mesozóica, foi iniciada a separação do Pangea em dois supercontinentes: a norte o Laurasia e a sul o Gondwana, separados pelo mar de Tethys. No alvorecer do Cretáceo (140 a 65 milhões de anos), há aproximadamente 130 milhões de anos, a separação do Laurásia e Gondwana, resultando na conformação atual dos continentes.

Wegener tomou por base a geometria dos continentes, enquanto Wilson e outros geocientistas acumularam as evidências listadas acima. A contribuição inicial de Wilson (1963) tratava dos *Hot Spots*, pontos quentes do manto, responsáveis por vulcões localizados a vários quilômetros dos limites das placas e, sobre os quais, as placas tectônicas deslizaram, formando cadeias de ilhas vulcânicas, a exemplo do Havaí. O Ciclo de Wilson descreve o processo completo, desde a criação de crosta oceânica, iniciando-se com a quebra de um continente (fase

*Rifting*), passando por seu consumo (subdução), até o seu consumo completo (Figura 25), que pode se dar pela colisão de dois continentes (Himalaias), de um continente com um arco de ilha ou de dois arcos de ilha, concluindo, assim, um ciclo orogênico (ou orogênético).

Figura 46: Ciclo de Wilson. Desde a abertura ao fechamento de oceano.

	<p>Estágio de Rift (Rifting) inicial. Quebra de crosta continental e início de criação de crosta oceânica.</p>
	<p>Estágio de Rift (Rifting) avançado, com criação de crosta oceânica (por ex: caso da separação Brasil/Continentes Africanos).</p>
	<p>Subdução (Consumo de crosta oceânica abaixo de crosta continental, como é o caso da costa Oeste da América do Sul).</p>
	<p>Colisão Continental (dois continentes se colidem, como é o caso dos Himalaias).</p>

FONTE: Parcialmente adaptada de <http://e-educativa.catedu.es>.

O Ciclo de Wilson não descreve apenas os movimentos das placas tectônicas ocorridos do Fanerozóico até os dias atuais, mas de outros períodos do tempo geológico. Já foram identificados os estágios do Ciclo de Wilson no pré-cambriano (ver vídeo em <https://www.youtube.com/watch?v=Cm5giPd5Uro>). No Brasil foram conhecidos ciclos orogênicos pré-cambrianos denominados de Jequié (entre 2,7 a 2,8 bilhões de anos), Transamazônico (2,05 a 2,07 bilhões de anos), Espinhaço e Uruaçuano (1,3 a 1,0 bilhões de anos) e o Ciclo Brasileiro (0,75 a 0,5 bilhões de anos).

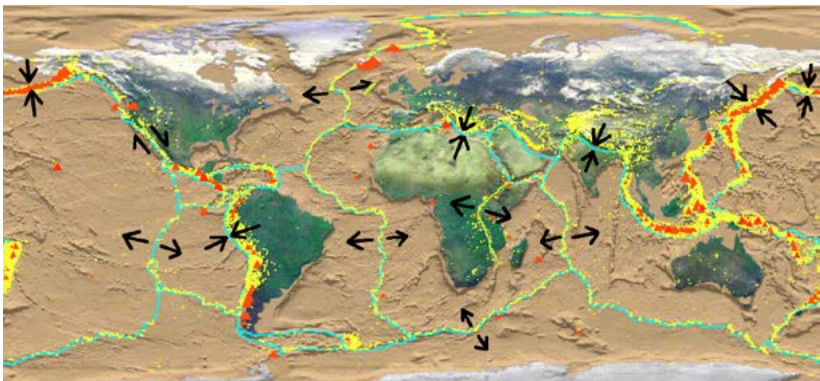
Nos limites das placas tectônicas (Figura 26), ocorre o movimento de uma em relação a outra, liberando ondas elásticas que são percebidas na forma de tremores. Os principais limites de placas são:



- **Divergentes**, que podem ser exemplificadas pela Cadeia Meso Atlântica, onde há a criação de crosta oceânica. Estão indicadas no mapa da figura 4 por setas que divergem uma da outra.
- **Convergentes**, que podem ser exemplificadas pela Costa Oeste da América do Sul, onde há consumo de crosta oceânica, formação de montanhas, deformação e metamorfismo (processos conhecidos como orogênese). No mapa da figura 4 esses limites estão indicados por setas que convergem.
- **Falhas Transformantes**, que podem ser exemplificadas na Costa Oeste dos USA e, no mapa da figura 47, pelas setas paralelas entre si, denotando o deslizamento horizontal de uma placa em relação a outra (Falha de San Andreas, Califórnia, EUA). Aqui não há criação e nem consumo de crosta.

Os maiores terremotos são sentidos nas placas que se movimentam em sentido convergentes e naqueles limites por Falhas Transformantes.

Figura 47: Placas Tectônicas, seus limites e sentido de movimento. As setas pretas indicam o sentido de movimento das placas (observar os limites convergentes, divergentes e transformacionais), enquanto as linhas azuis os limites das placas. Os pontos amarelos epicentro de terremotos e os vermelhos indicam vulcanismo.



FONTE: Adaptado de <http://www.vulcanoticias.com.br/portal/vulcanologia/vulcoes-e-a-tectonica-de-placas/as-placas-tectonicas>.

### V.3 - MEDINDO OS TERREMOTOS

Os abalos sísmicos causam a vibração da superfície terrestre com intensidades e magnitudes variadas. A intensidade mede o efeito causado por ele na superfície da Terra, numa escala conhecida como escala de Mercalli, enquanto a magnitude é uma medida que está relacionada com a energia liberada pelo terremoto, conhecida como a escala de Richter.

A escala Richter é a mais conhecida, pois é aquela que é divulgada pelos jornais para fazer referência ao terremoto. Ela é registrada por sísmógrafos, aparelhos que medem as vibrações, cuja unidade de energia liberada é dez vezes maior que o valor imediatamente anterior. Assim, por exemplo, um tremor na escala 6, libera dez vezes mais energia que um terremoto na escala 5 de Richter. Teoricamente, não existe um limite para essa escala, embora a maior magnitude registrada foi de 9,6, ocorrido em 22 de maio de 1960 no Chile. Segundo os jornais da época (por ex: Folha de São Paulo de 07/09/2009), o terremoto chileno matou cerca de 2.000 pessoas, produziu tsunamis com ondas de até 10 metros e varreu cidades inteiras na costa chilena. Os terremotos com magnitude inferior a 2 na escala de Richter, geralmente, não são perceptíveis pelos homens.

A escala de Mercalli, menos divulgada e empregada que a de Richter, foi proposta por Giuseppe Mercalli em 1902, e alterada em 1931. Ela mede a intensidade dos terremotos, utilizando parâmetros qualitativos que descrevem os danos causados pelo abalo sísmico no ambiente antrópico. Ela é indicada por algarismo romano de I até XII, onde cada um valor é indicativo de características dos efeitos do terremoto. A seguir listamos o que designa cada um dos valores da escala de Mercalli, modificada em 1956 (designada pelas iniciais MM, seguida de número sequencial conforme lista abaixo), segundo a página da USP (<http://www.iag.usp.br/siae98/terremoto/terremotos.htm>):

- I. “Não sentido.
- II. Sentido por pessoas em repouso ou em andares superiores.
- III. Vibração leve. Objetos pendurados balançam um pouco.

IV. Vibração como a causada pela passagem de caminhões pesados. Chacoalhar de janelas e louças. Carros parados balançam.

V. Sentido fora de casa. Acorda as pessoas. Objetos pequenos tombam e quadros nas paredes se movem.

VI. Sentido por todos. Deslocamento de mobília. Louças e vidros se quebram. Queda de objetos. Rachadura no reboco de casas

VII. Percebido por motoristas dirigindo. Dificuldade em manter-se em pé. Sinos tocam em igrejas, capelas etc. Danos, como quebra de chaminés, ornamentos arquitetônicos e mobília; queda de reboco; rachaduras em paredes, algumas casas podem até desabar.

VIII. Motoristas de automóveis sentem o tremor. Galhos e troncos se quebram. Rachaduras em solo molhado. Destruição de torres de água elevadas, monumentos, casas de adobes. Danos severos a moderados em estruturas de tijolo, casas de madeira (quando não estão firmes com fundação), obras de irrigação e diques.

IX. Solo rachado, como "crateras de areia". Desabamentos. Destruição de alvenaria de tijolo não armado. Danos severos a moderados em estruturas inadequadas de concreto armado e tubulações subterrâneas.

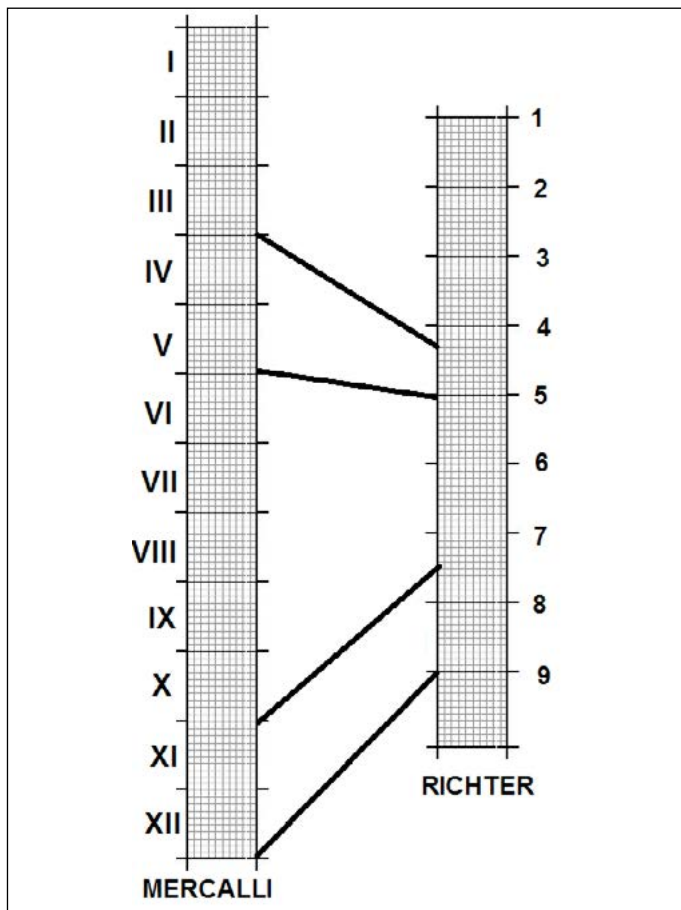
X. Desabamentos e solo rachado. Destruição de pontes, túneis e algumas estruturas de concreto armado. Danos severos a moderados de alvenarias, barragens e estradas de ferro.

XI. Distúrbios permanentes no solo.

XII. Danos quase totais."

A comparação entre as duas escalas é muito complicada, pois os efeitos dependem de outras variáveis – e não apenas da magnitude – como, por exemplo, a existência ou não de cidades na área de abrangência do tremor; a plasticidade do solo que magnifica aos efeitos das ondas elásticas potencializando os danos, entre outros. Todavia, algumas indicações são propostas indicando, por exemplo, que as intensidades de I a III correspondem às magnitudes de 1 a 4,2 (ver figura 48 para as demais comparações).

Figura 48: Comparação das Escalas de Richter e Mercalli.



FONTE: O autor baseado em Steeples & Brosius (2014).

## **V.4 - ATIVIDADES SÍSMICAS NO BRASIL**

Apesar de o Brasil estar afastado dos limites das placas tectônicas, nosso país está no centro da Placa Sul Americana, onde há registros de mais de uma centena de eventos sísmicos ocorridos no século XX em nosso território (atividades sismogênicas intraplacas), segundo o site da USP (<http://www5.usp.br/43382/atividade-sismica-no-brasil-e-monitorada-em-centro-do-iag/>). Os tremores são registrados pelas 73 estações que compõem a Rede Sismológica Brasileira (RSBR) Redsis. Essa rede, ainda segundo o site da USP, é formada pelo Observatório Nacional, a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), a Universidade de Brasília (UnB) e pelo Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da USP.

O Abalo Sísmico de maior magnitude no Brasil foi observado em 1955, no Mato Grosso, atingindo 6,6 na escala de Richter. Apenas um outro terremoto foi maior que 6, nesse mesmo ano, no Espírito Santo, chegando a 6,3 na escala de Richter. Outros abalos acima de 5 graus foram sentidos no Amazonas – um de 5,2 graus que afetou conjuntamente os Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Rio de Janeiro e São Paulo – e o de João Câmara, no Rio Grande do Norte, que chegou a 5,1 graus na escala de Richter. A maior parte dos terremotos brasileiros não ultrapassam 4 graus e poucos tem registro na escala de Mercalli.

Segundo Amaral (2000), em 1808 surgiram as primeiras informações de atividade sísmica na área do município de Açú/RN, relatado por Capanema (1859 *apud* Amaral op. cit.). Outros registros dão conta de tremores em Pacajus/CE (1980), São Rafael/RN (1985-1989), João Câmara/RN (1985 a 1989), Groaíras-CE (1980), Palhano e Cascavel/CE (1989-1994) e Tabuleiro Grande/RN (1993).

## **V.5 - OS TERREMOTOS DE JOÃO CÂMARA**

Na figura 1 mostramos um mapa de Bezerra et al. (2007), parcialmente modificado por este autor, no qual estão plotadas a localização dos epicentros dos tremores e sua respectiva profundidade. Segundo Takeya et. al (1989) e Ferreira et al (1995), os epicentros estão concentrados próximos aos limites ou no interior da Bacia Po-

tiguar e não são aleatórios. Eles se alinham segundo uma direção NE-SW.

Segundo Freitas et. al (2010), foram mais de 1000 eventos sísmicos entre os anos de 1983 a 1998 ao longo dessa direção e a leste da cidade de João Câmara, que define uma Falha Geológica, denominada de Falha de Samambaia. Essa Falha é classificada como uma falha neotectônica intraplaca, de direção NE e mergulho (inclinação) para NW (CRUZ et. al. 2001), cortando desde rochas do embasamento cristalino pré-cambriano até as rochas do Cretáceo da Bacia Potiguar e do Recente. Para Nogueira et al (2006), a falha Samambaia está condicionada pela reativação de zonas de cisalhamento brasileiras onde um regime *strike-slip*, com compressão paralela à linha de costa (*trend* E-W a E-W/NWSE), é responsável pela liberação das ondas elásticas. Segundo este regime, o deslizamento, ao longo de um plano de falha, é interrompido por imperfeições na parede da falha. A energia vai se acumulando até atingir uma quantidade suficiente para transpor aquela imperfeição, liberando energia elástica.

Dos mais de mil eventos sísmicos, apenas 14 destes tiveram magnitudes maiores que 4.0 e apenas dois com magnitudes maiores que 5.0, sendo o maior deles registrado em 30 de novembro de 1986, atingindo a magnitude 5.1 na escala Richter. Estudos recentes sobre a sismologia do globo terrestre através do *Global Seismic Hazard Assessment Program* (GSHAP) apontam que João Câmara pode ser considerada uma área de atividade sísmica moderada (TAKEYA 1992, SHEDLOCK et al. 2000).

## REFERÊNCIAS

AMARAL, Cristiano de A. **Correlação entre Contexto Morfoestrutural e Sismicidade nas Regiões de João Câmara e São Rafael (RN)**. Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica. UFRN, Natal, 2000.

BEZERRA, Francisco H.R., TAKEYA, Mário K., SOUSA, Maria O.L., NASCIMENTO Anderson F. do. Coseismic reactivation of the Samambaia fault, Brazil. **Tectonophysics** **430**. (2007) 27–39.

CELINO, Joil José; MARQUES, Edna Cristina de Lucena; LEITE, Osmário Rezende. **Da Deriva dos Continentes a Teoria da Tectônica de Placas: uma abordagem epistemológica da construção do conhecimento geológico, suas contribuições e importância didática**. Geo.br 1 (2003) 1-23. ISSN1519-5708

CRUZ, Liliane Rabêlo; JARDIM DE SÁ, Emanuel Ferraz; LINS, Fernando Antonio Pessoa Lira; CARVALHO, Marcelo José de. **Investigação Estrutural-Geofísica da Falha De Samambaia (RN): Implicações para o Contexto Neotectônico de Reservatórios e a Exploração de Petróleo na Bacia Potiguar**. 1º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás UFRN – SBQ Regional RN. Natal/RN. 2001.

FREITAS, Daniel Brito de; FRANÇA, George Sand; PERREIRA, Leandro Luiz da Silva; PEDRO, Leandro da Silva; ATANAZIO, Maria da Glória Nascimento e VILAR Carlos da Silva. **Correlação de Longa-Duração e Análise Bayesiana da Evolução Temporal dos Terremotos ao Longo da Falha de Samambaia, Nordeste do Brasil**. VII Congresso de Iniciação Científica do IFRN, 2010.

MADEIRO, Aliny Gama e Carlos. **Mais de 20 anos após terremoto, João Câmara (RN) volta a registrar atividade sísmica e preocupa população**. Disponível em <http://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas>. Especial para o UOL Notícias, 2011, disponível em [noticias/2011/10/30/](http://noticias/2011/10/30/)

mais-de-20-anos-apos-terremoto-joao-camara-rn-volta-a-registrar-atividade-sismica-e-preocupa-populacao.htm.

NOGUEIRA, Francisco César C.; BEZERRA, Francisco H. R. & CASTRO, David Lopes de. **Deformação rúptil em depósitos da Formação Barreiras na Bacia Potiguar, NE do Brasil.** Geol. USP, Sér. cient. v.6 n.2 São Paulo oct. 2006.

STEEPLES, Don W., BROSIUS, Liz. Earthquakes. **Kansas Geological Survey.** Public Information Circular 3. June 1996, Revised July 2014. Disponível em [http://www.kgs.ku.edu/Publications/pic3/PIC3\\_2014\\_revision.pdf](http://www.kgs.ku.edu/Publications/pic3/PIC3_2014_revision.pdf)

TAKEYA, M.K. 1992. **High precision studies of an intraplate earthquake sequence in northeast Brazil.** Ph. D. thesis, University of Edinburgh, 228 p.

## Internet

Geoideias: Earthlearningidea. Disponível em: [http://www.ige.unicamp.br/lrdg/pdf/91\\_Wegener\\_pt.pdf](http://www.ige.unicamp.br/lrdg/pdf/91_Wegener_pt.pdf). Acesso em 17 nov. 2014.

Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=Cm5giPd5Uro>. Acesso em 21 nov. 2014.

UTFPR. Apostila do Professor Eduardo Salamuni; Aula 5. <http://www5.usp.br/43382/atividade-sismica-no-brasil-e-monitorada-em-centro-do-iag/>. Acesso em 21 nov. 2014.

USP. <http://www.iag.usp.br/siae98/terremoto/terremotos.htm>. Acesso em 17 nov. 2014.

UTFPR. Apostila do Professor Eduardo Salamuni; Aula 5 <http://www.neotectonica.ufpr.br/aula-geotectonica/aula5.pdf>. Acesso em 17 nov. 2014.

PORTAL VULCANOTÍCIAS. <http://www.vulcanoticias.com.br/portal/vulcanologia/vulcoes-e-a-tectonica-de-placas/as-placas-tectonicas>. Acesso em 21 nov. 2014



## CAPÍTULO VI

---

# ENERGIA EÓLICA, UMA ALTERNATIVA AO RIO GRANDE DO NORTE

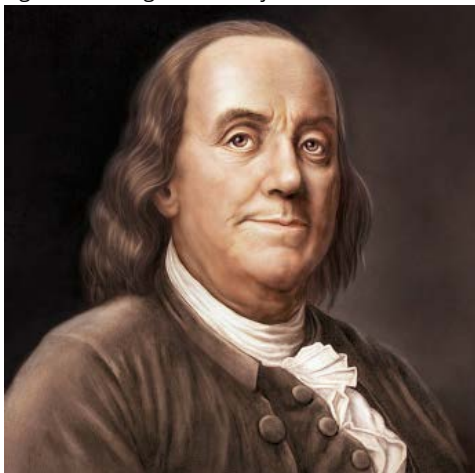
*Márcio Anderson de Medeiros Nunes*

### VI.1 - INTRODUÇÃO

Não é de hoje que o homem busca alternativas para criar fontes energéticas que lhe ajude em seu desenvolvimento tecnológico, fato é que ao traçarmos os passos que foram dados desde o descobrimento da energia elétrica, até hoje, veremos que se teve um salto enorme em comparação a outras descobertas.

No início da descoberta da energia elétrica, por Benjamin Franklin, em 1752 (figura 49), nada se sabia sobre aquela energia e como ela poderia ser útil ao homem.

Figura 49: Imagem de Benjamin Franklin



FONTE: Dumblittleman (2011)

Com os estudos posteriores, observou-se que aquela energia, há pouco tempo descoberta, tinha várias aplicações e podia ser gerada de outras formas diferentes, o que lhe garantia o posto de uma das energias mais estudadas e importantes para o homem.

Com a eletricidade, poder-se-ia gerar outras energias importantes como a mecânica, térmica e luminosa, garantindo uma enorme flexibilidade para sua utilização. Na figura 50, temos alguns aparelhos e máquinas que transformam a energia elétrica em outras energias como mecânica, térmica e luminosa.

Figura 50: Exemplo de máquina e aparelhos que transformam a eletricidade em outras formas de energias.



FONTES: Andaimés3a (2014), ShopTime (2014), Lancetotal (2014).

## VI.2 - ENERGIA ELÉTRICA

Não podemos falar de energia eólica sem antes falarmos sobre eletricidade ou energia elétrica. A física define energia elétrica dizendo que “a energia elétrica é a capacidade de uma corrente elétrica realizar trabalho”.

O termo “trabalho” usado na definição pode ser desconhecido ou mesmo confundido, por isso, vejamos o que vem a ser “trabalho”: pode-se entender trabalho como o acender de uma lâmpada ou o girar de um motor.

A energia elétrica, assim como outras formas de energia, pode ser transformada em energia mecânica (motores), energia térmica (assadeira) e energia luminosa (acender uma lâmpada). Por ser transformada em várias outras energias, a energia elétrica é uma das mais versáteis e importantes para o homem. Na figura 51, podemos observar alguns exemplos de fontes geradoras de energia elétrica.

Figura 51: Exemplo de fontes geradoras de eletricidade



FONTES: Motoreselétricos3m4 (2010), Enebrasenergia (2014), Regina Brito (2014).

Para gerar eletricidade a partir de outras fontes, poderá ser adotada uma turbina/moto-gerador, diferenciando uma das outras pelo processo que irá fazer girar a turbina/moto-gerador. Vale lembrar que existem outras formas de geração de eletricidade que não se usam turbinas, como energia luminosa (células fotovoltaicas) e processos químicos (pilhas). Na figura 52, temos imagens dessas duas formas de geração de eletricidade que não fazem uso de turbinas.

Figura 52: Exemplo de geradores de eletricidade que não utilizam turbinas geradoras



FONTES: Cidadania ecológica (2010) e Sunlogica (2014).

### VI.3 - ENERGIA EÓLICA

A energia eólica foi aproveitada, inicialmente, como fonte de energia na Pérsia, no século V, onde era utilizada para mover os moinhos de vento que bombeavam as águas dos rios para as cidades.

Energia eólica é a transformação dos ventos em energia para se realizar trabalho.

A energia eólica é uma energia limpa, livre de poluentes atmosféricos, como gases estufas e prejudiciais a camada de ozônio. A energia eólica é abundante em nosso planeta e é uma fonte inesgotável, diferente dos combustíveis fósseis como o petróleo e seus derivados. Na figura 53, temos o exemplo de um gerador eólico e um gerador movido a diesel.

Figura 53: Gerador eólico e moto-gerador a diesel



FONTE: Freepik (2013), Start (2014).

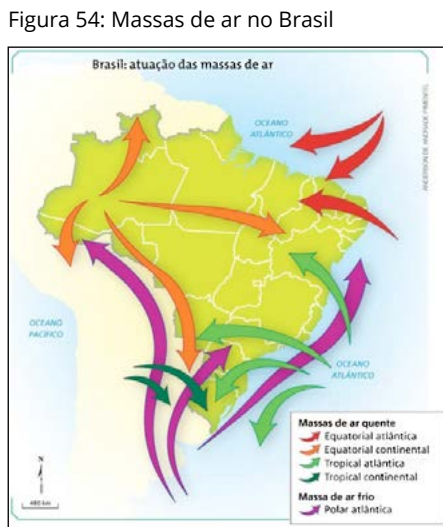
Apesar de ser uma energia abundante em nosso planeta, há áreas onde sua produção é maior e outras que nem tanto, dependendo das correntes de ventos que existem em nosso planeta.

A energia eólica apresenta um grande potencial para substituir outras fontes de geração de energia elétrica como termoeletricas, geradores nucleares, hidroelétricas, entre outras. Especula-se que até 2020 a energia eólica será capaz de responder por 10% de toda energia elétrica gerada no mundo (fonte: CBEE 2013).

No mundo, a energia eólica está presente em mais de 80 países. Em países como a Dinamarca, a energia eólica responde por mais de um quarto da geração de eletricidade.

No Brasil, vêm sendo feito estudos de áreas onde temos uma boa quantidade e frequência de ventos. Áreas de costa são áreas onde as produções são maiores, devido às correntes de ventos marítimos que vem para terra. Devido à grande extensão territorial do Brasil, sendo a maioria dessa extensão banhada pelo oceano atlântico, garante-se uma costa vasta e uma produção economicamente viável, além de uma fonte energética promissora.

Os primeiros parques eólicos do Brasil vêm sendo instalados na região nordeste, devido às altas taxas de correntes de ar que passam nessa região e que são formadas no oceano atlântico. Na figura 54, podemos observar as correntes de ar que vêm do oceano para a costa Brasileira.



FONTE: Geografalando (2012).

#### VI.4 - GERADOR EÓLICO

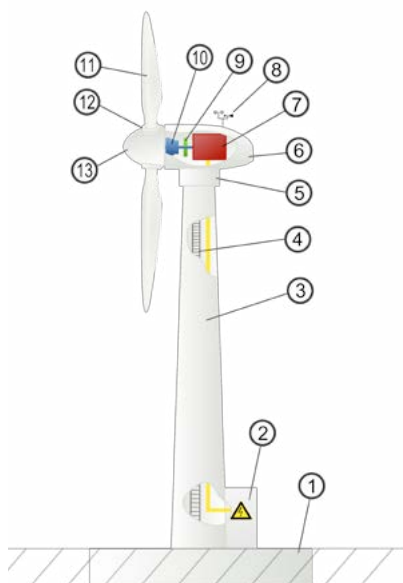
O gerador eólico funciona com o movimento de uma hélice pelo vento. Essa hélice, ao girar, aciona uma caixa de aumento de rotação onde estão várias engrenagens. No fim dessas engrenagens está um eixo ligado a uma turbina geradora de eletricidade.

A geração de eletricidade por energia eólica não difere muito das demais formas que geram eletricidade a partir de uma turbina. Numa

hidrelétrica, por exemplo, o que difere, grosso modo, é que a turbina é acionada pela força das águas represadas.

As partes que compõem um gerador eólico podem ser observadas na figura 55.

Figura 55: Esquema de um aero gerador



#### Componentes de uma turbina eólica:

- 1- Fundação;
- 2- Conector à rede elétrica;
- 3- Torre;
- 4- Escada;
- 5- Controle de orientação (Yaw control);
- 6- Nacelle;
- 7- Gerador;
- 8- Anemômetro;
- 9- Freio elétrico ou mecânico;
- 10- Caixa de velocidades;
- 11- Lâmina;
- 12- Controle de orientação (pitch control);
- 13- Roda.

FONTE: Wikipédia (2014).

## VI.5 - ENERGIA EÓLICA NO NORDESTE E NO RN

O Nordeste Brasileiro destaca-se pela vasta área banhada pelo oceano e pela pouca quantidade de chuvas, garantindo, com esses fatores, uma boa produção de energia elétrica gerada pelos ventos. Com isso, o Nordeste é o maior gerador de energia elétrica proveniente de aerogeradores do país, com 1.461MW gerados. Estados como Ceará, Rio Grande do Norte, Bahia, Piauí e Maranhão apresentam altas taxas de velocidade média de ventos, com velocidades maiores que 9,5m/s, colocando-os em destaque para a produção em grande escala.

A capacidade de geração elétrica no Nordeste Brasileiro fica em torno de 85% da energia gerada no país por meio de aerogeração.

res, ficando os 15% restantes na região Sul e Sudeste. No Brasil, fica em primeiro lugar no ranking de produção o estado do Ceará, com 243MW, seguido do estado do Rio Grande do Sul, com 150MW, e, em terceiro lugar, o estado do Rio Grande do Norte, com 143MW (Fonte: No minuto, 2014).

No Rio Grande do Norte vários parques eólicos estão sendo instalados e outros já estão em funcionamento. Os municípios que têm parques eólicos no RN são: Guamaré, Extremoz, Galinhos, Porto do Mangue, Touros, Macau, Areia Branca, Mossoró, São Bento do Norte, Rio do Fogo, Baraúna, Lagoa Nova, Tibau, João Câmara e São Gonçalo do Amarante. Vários outros municípios irão integrar a rede de geração de eletricidade até 2017, tornando o RN no maior gerador de energia elétrica por meio de aero geradores no Brasil (Fonte: ANEL, 2014).

Um fator importante para a região Nordeste está na geração de empregos que ocorre nas áreas onde serão instalados os parques eólicos. Vários setores econômicos são beneficiados com a construção desses parques como: construção civil, imóveis, alimentos, comércios, entre outros. Os impostos pagos aos proprietários das terras e aos municípios e governos estaduais são importantes como geradores de renda e garantem fonte para se investir em áreas como saúde, educação e segurança.

## **VI.6 - IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS**

A energia eólica figura entre as fontes geradoras de eletricidade mais limpas, assumindo esse patamar, principalmente, por não emitir gases tóxicos em sua geração.

Mesmo sendo uma fonte limpa, a geração de eletricidade por aero geradores traz alguns impactos ao meio ambiente. Esses impactos estão relacionados com a poluição visual e a geração de ruídos. Devido, principalmente, à instalação de parques eólicos próximos a costa, nota-se um certo desconforto visual nas belas paisagens que compõe essa região, afetando, principalmente, o turismo local, pois os turistas tendem a procurar outras áreas com uma paisagem natural. Um outro problema envolvendo a instalação de parques eólicos está na fauna que vive nessas áreas.

Estudos mais detalhados vêm mostrando que animais sensíveis a esses ruídos tendem a deixar a área ocupada pelos parques eólicos e se instalam em outras áreas distantes dos parques. Animais como a tartaruga marinha abandonam áreas de desovas antigas e procuram áreas distantes dos parques eólicos, devido à perturbação que essa frequência sonora provoca. Os pássaros também são prejudicados pela instalação dos parques eólicos, pois suas rotas migratórias passam justamente pelas áreas costeiras, obrigando esses animais a criarem uma nova rota migratória, afetando gravemente o futuro dessas espécies.

Um pequeno impacto, mais importante de se salientar, está no fato de que as torres, por apresentarem um grande peso, tendem a compactar o solo de suas bases, impedindo uma pequena área de escoar de águas para o lençol freático.



## REFERÊNCIAS

DUMBLITTLEMAN. **Life of Benjamin Franklin**. Disponível em: <<http://www.dumblittleman.com/2011/05/7-must-read-life-lessons-from-benjamin.html>>. Acesso em: 14 nov. 2014.

ANDAIMES3A. **Máquinas para trabalhos profissionais**. Disponível em: <<http://www.andaimes3a.com.br/>>. Acesso em: 21 nov. 2014.

SHOPTIME. **Geladeiras**. Disponível em: <<http://www.shoptime.com.br/produto/111552772/geladeira-refrigerador-brastemp-duplex-frost-free-brv80arana-565-litros-smart-ice-central-inteligente-smart-door-inox>>. Acesso em: 21 nov. 2014.

LANCE TOTAL. **Luminárias**. Disponível em: <[http://www.lancetotal.com.br/arquivos/fotos\\_bem/a44a531c62c0909ad6cfc7587494f8d4.JPG/](http://www.lancetotal.com.br/arquivos/fotos_bem/a44a531c62c0909ad6cfc7587494f8d4.JPG/)>. Acesso em: 21 nov. 2014.

MOTORES ELÉTRICOS3M4. **Usina nuclear**. Disponível em: <<http://motoreseltricos3m4.blogspot.com.br/2010/12/usinas-geradoras-de-energia-eletrica.html>>. Acesso em: 26 nov. 2014.

CIDADANIA ECOLOGICA9. **Gerador químico**. Disponível em: <<http://cidadaniaecologica9.blogspot.com.br/2010/06/mini-geradores-tiram-energia-das.html>>. Acesso em: 26 nov. 2014.

SUNLOGICA. **Painéis solares**. Disponível em: <[http://www.sunlogica.com/solar\\_fotovoltaico.html](http://www.sunlogica.com/solar_fotovoltaico.html)>. Acesso em: 26 nov. 2014.

ENEBRAS ENERGIA. **Hidrelétricas sugerem suspensão temporária**. Disponível em: <[http://www.enebrasenergia.com.br/index.php/noticias/audiencia\\_discute\\_procedimentos\\_para\\_suspensao\\_da\\_operacao\\_de\\_unidades](http://www.enebrasenergia.com.br/index.php/noticias/audiencia_discute_procedimentos_para_suspensao_da_operacao_de_unidades)>. Acesso em: 26 nov. 2014.

REGINA BRITO. **Energias Alternativas**. Disponível em: <<http://www.caranguejo.org.br/fontes-de-energia-renovavel/>>. Acesso em: 26 nov. 2014.

START GERADORES. **Gerador a diesel**. Disponível em: <<http://www.startgeradores.com.br/grupos-geradores-de-energia-eletrica-diesel/>>. Acesso em: 26 nov. 2014.

CBEE. **Uso da energia eólica no mundo**. Disponível em: <<http://www.cbee.com.br/>>. Acesso em: 25 nov. 2014.

FREEPIK. **Gerador eólicos**. Disponível em: <<http://br.freepik.com/fotos-vetores-gratis/gerador>> Acesso em: 25 nov. 2014.

GEOGRAFANDO. **Massas de ar no Brasil**. Disponível em: <<http://geografalando.blogspot.com.br/2012/11/massa-de-ar-norcoes-gerais.htm>> Acesso em: 26 nov. 2014.

WIKIPÉDIA. **Energia eólica**. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Energia\\_e%C3%B3lica#mediaviewer/File:Wind\\_turbine\\_int.svg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_e%C3%B3lica#mediaviewer/File:Wind_turbine_int.svg)> Acesso em: 05 dez. 2014.

NO MINUTO. **RN se destaca na geração de energia eólica**. Disponível em: <<http://www.nominuto.com/noticias/economia/rn-e-o-terceiro-maior-produtor-de-energia-eolica-do-brasil/110049/>> Acesso em: 05 dez. 2014.

## CAPÍTULO VII

# NOÇÕES SOBRE PROSPECÇÃO E PRODUÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS

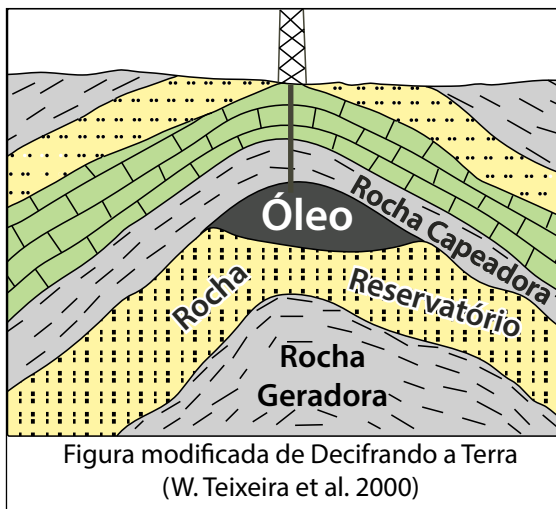
*José Auricélio Nogueira Custódio*

### VII.1 - INTRODUÇÃO

Segundo Dantas Neto e Gurgel, o petróleo é uma substância composta por uma mistura onde se predominam os hidrocarbonetos (combinação de moléculas de carbono e hidrogênio), é oleoso, inflamável e apresenta cheiro forte. Embora haja inúmeras discussões a respeito do surgimento do petróleo, a teoria mais aceita é a teoria orgânica, que diz que ele surgiu através da decomposição da matéria orgânica acumulada em fundo de mares e lagos, onde sofreram transformações químicas e foram submetidos a elevadas pressões e temperaturas que, após milhares de anos, o fizeram óleo.

O acúmulo da matéria orgânica fica em uma rocha denominada rocha geradora, é através dela que ocorrerá a transformação da matéria orgânica em petróleo. Após o petróleo ter sido gerado, ele deve sair dessa rocha e migrar para um reservatório. A rocha reservatório apresenta uma boa porosidade e permeabilidade onde o óleo

Figura 56: Ilustração de um reservatório de petróleo.



FONTE: Lamana (2015).

irá se alojar nos poros desta rocha. Há ainda a rocha selante (ou capeadora) que, por ser impermeável, evita que o óleo saia do reservatório.

De acordo com a certificação digital nº 0612552/CA, da PUC-Rio, há registros do uso do petróleo desde os tempos bíblicos. Na antiga Babilônia, homens usavam o asfalto para assentar tijolos e o betume era bastante utilizado pelos fenícios na calafetação de embarcações. Seja para decoração, assim como os índios pré-colombianos usavam para decorar cerâmicas, seja para fins bélicos, como utilizavam os gregos e os romanos, o petróleo sempre teve bastante participação em nossas vidas.

Em 27 de agosto de 1859, em Tittusville, Pensilvânia, o coronel norte-americano Edwin Drake, perfurou o solo com um sistema de percussão movido a vapor e descobriu o primeiro poço de petróleo, numa profundidade de apenas 21 metros. O poço produzia 2 m<sup>3</sup>/dia de óleo. Com essa descoberta, deu-se início a “febre do ouro negro” e começaram a surgir cidades em pleno deserto dos Estados Unidos.

Um tempo depois, descobriu-se que a destilação do petróleo resultava em produtos que substituíram outras matérias utilizadas para iluminação como, por exemplo, o querosene e o óleo de baleia. Esses fatos marcaram o início da era do petróleo.

Com o passar do tempo, descobriram-se os diversos subprodutos e as diversas formas de aplicações do petróleo. A partir disso, a perfuração de poços começou a aumentar de tal forma que, até o final do século XX, o número de poços mais que duplicou em relação ao século anterior. Com toda tecnologia de que dispõe-se hoje, pode-se extrair do petróleo diversos subprodutos como, por exemplo, a parafina, o GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), o GNV (Gás Natural Veicular), nafta, querosene, lubrificantes, óleo diesel, produtos asfálticos, querosene de aviação, além dos combustíveis e diversos outros subprodutos.

## **VII.2 - CLASSIFICAÇÃO DO PETRÓLEO QUANTO AO TIPO**

O petróleo é dividido em alguns tipos de acordo com sua composição. Dentre eles, citaremos os três mais importantes, dentre os citados por Lamana (2015):

- Petróleo Naftênico: óleo onde há predominância de hidrocarbonetos naftênicos.
- Petróleo Parafínico: óleo onde há predominância de hidrocarbonetos parafínicos.
- Petróleo Aromático: óleo onde há predominância de hidrocarbonetos aromáticos.

Ainda podemos citar o petróleo misto, que se constitui da mistura de hidrocarbonetos naftênicos e parafínicos, desta forma, mesclando suas propriedades.

### **VII.3 - A EXPLORAÇÃO**

O petróleo encontra-se em reservatórios em terra firme (*onshore*) ou abaixo do mar (*offshore*). Para que ele possa ser explorado, faz-se necessário que algumas etapas sejam cumpridas. Duas dessas etapas são a exploração e a perfuração. A exploração, por sua vez, contém sub-etapas e, entre elas, a prospecção.

#### **VII.3.1 - Prospecção**

É a parte responsável pela localização do petróleo em bacias sedimentares por meio de análises detalhadas do solo e do subsolo. Tais análises são realizadas por geólogos e geofísicos que, por meio dos resultados de diferentes testes, decidem a melhor área para perfurar um poço.

A etapa de prospecção possui dois objetivos principais:

- I) Localizar, dentro de uma bacia sedimentar, levando em consideração as características geológicas, quais áreas serão mais propensas a acumular.
- II) Saber em quais as áreas serão as possíveis jazidas de petróleo. Para identificar a área mais favorável à presença de petróleo, aplica-se métodos geológicos e geofísicos. Essa fase fornece

inúmeras informações técnicas sobre o local estudado e que servirão durante todo o processo de exploração do petróleo.

### ***VII.3.2.1 - Métodos Geológicos***

Essa etapa é feita visando o estudo geológico do local onde se procura realizar a extração, com o intuito de conhecer as características de formação do solo e alguns dados, como a presença de matéria orgânica e, conseqüentemente, de hidrocarbonetos. Segundo Petróleo Etc (2010), a partir dos resultados encontrados, os geólogos conseguem elaborar mapas da geologia da superfície do local estudado, sendo capaz, também, de analisar informações da paleontologia do local além da geoquímica presente, dados que servirão para etapas futuras.

### ***VII.3.2.2- Geologia da Superfície***

Realizando um mapeamento das rochas encontradas na superfície, conforme Petróleo Etc (2010), é possível reconhecer os tipos de bacias sedimentares presentes e identificar estruturas subterrâneas presentes, assim como aquelas rochas mais propensas a acumular hidrocarbonetos. Poços exploratórios são construídos buscando obter maiores informações geológicas e geofísicas do espaço estudado, além de conhecer um pouco melhor as rochas que não afloraram na superfície, tendo um controle maior sobre o espaço e, assim, facilitando os processos vindouros.

### ***VII.3.2.3- Aerofotogrametria e Fotogeologia***

Com o intuito de possuir uma maior visão do espaço onde se busca petróleo, são utilizados dois métodos que visam registrar, por meio de fotos, o terreno e suas características morfológicas.

A aerofotogrametria é usada na construção de mapas bases ou topográficos e é realizada fotografando o terreno, utilizando um avião que apresenta altitude, direção e velocidades constantes.

A fotogeologia é outro método que procura fotografar a área, além de procurar determinar as feições geológicas do espaço a partir de fotos aéreas, conseguindo apresentar as falhas, dobras e qualquer inconstância que as camadas geológicas possuem.

Além das imagens obtidas nos métodos anteriores, imagens de radares e satélites também são utilizadas, auxiliando na elaboração de mapas topográficos, por apresentarem uma diferenciação das cores das rochas expostas na superfície, possibilitando uma visão maior das características do terreno.

#### ***VII.3.2.4- Geologia de Subsuperfície***

Esse método é executado examinando geologicamente amostras do poço exploratório que, a partir dos dados obtidos, tornam possível caracterizar as rochas de sub-superfície geológica. As técnicas mais utilizadas, segundo Petróleo Etc (2010), consistem em:

- Descrever amostras de rochas colhidas durante a perfuração;
- Estudar as formações perfuradas e as profundidades em relação a um referencial;
- Construir mapas e seções estruturais com a junção das diversas informações colhidas em diferentes poços;
- Identificar fósseis presentes nas amostras colhidas nas rochas da superfície e sub-superfície através de testes em laboratórios de paleontologia.

Unindo todas essas informações, tem-se um quadro geral das diversas rochas presentes na bacia sedimentar. Com isso, o geólogo, avaliando as características dos terrenos, consegue identificar as estruturas mais propensas a serem reservas de petróleo.

Além das análises geológicas, outros testes também devem ser realizados: os da geofísica do terreno. A geofísica é o estudo da terra de acordo com as suas características físicas. Os dados são obtidos por meios de instrumentos especiais e os geofísicos adquirem tais dados, processam e interpretam esses dados com o intuito de obter informações sobre a composição e estrutura das rochas da subsuperfície. Entre os métodos de testes geofísicos, existe a gravimetria e a magnetometria.

### **VII.3.2.5 - Gravimetria**

Para a exploração gravimétrica do petróleo, um fator relevante é a variação da densidade em subsuperfícies. Com esse fator, é possível estimar as espessuras de sedimentos em uma bacia sedimentar, identificar rochas com densidades semelhantes, como as rochas ígneas e domos de sal, e prever a existência de altos e baixos estruturais pela distribuição desigual de densidades em sub-superfície.

O mapa gravimétrico obtido com os dados alcançados é denominado mapa *Bouguer*. Quando utilizado individualmente, o mapa não fornece informações muito confiáveis da área, já que diferentes situações geológicas podem apresentar perfis gravimétricos semelhantes. Mas, quando aliados a outros métodos geofísicos e um conhecimento geológico prévio do local estudado, podem apresentar um perfil satisfatório da distribuição das rochas presentes na sub-superfície.

Quando os estudos são feitos em alto mar, são utilizados equipamentos que farejam vazamentos de gás natural, ou seja, indícios de áreas que apresentam depósitos de petróleo. Mas, como essa forma só auxilia na localização de tais reservas, faz-se necessário o uso de métodos alternativos para localizar as jazidas.

Quando as buscas são próximas à superfície, há a utilização de equipamentos de levantamento magnético, tendo em vista que algumas rochas afetam o campo magnético da Terra. Assim, um navio pode passar sobre a área e mapear alterações magnéticas que venham a ocorrer.

### **VII.3.2.6 - Magnetometria**

A magnetometria para petróleo consiste na medição de pequenas variações na intensidade do campo magnético terrestre, que são desencadeadas pela irregular distribuição de rochas magnetizadas em sub-superfície.

Há os levantamentos aeromagnéticos, onde fatores como latitude, altitude de voo ou elevação, variações diurnas e presença localizada de rochas com diferentes susceptibilidades magnéticas são determinantes para uma boa leitura.

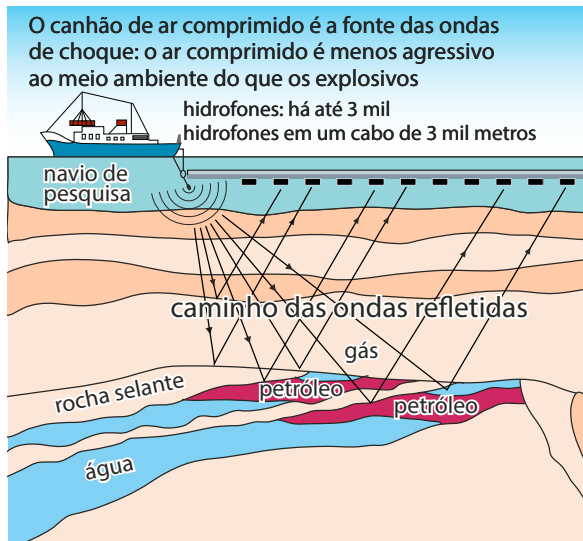


### VII.3.2.7 - Métodos Sísmicos

O método de prospecção mais utilizado na indústria de petróleo é o método sísmico de reflexão, por apresentar uma boa visualização das formações geológicas da sub-superfície, que são mais propensas a açular os hidrocarbonetos.

Esse levantamento sísmico se dá da seguinte forma: ondas elásticas são geradas, através de fontes artificiais, e vão se propagando pelo interior da Terra, onde são refletidas e refratadas nas interfaces que separam rochas de constituições petrofísicas diferentes e retornam à superfície onde são capturadas por equipamentos de registro. Em água, o método é conhecido como *sparking* e envolve o envio de ondas de choque pela água e para o piso do oceano. À medida que o som encontra diferentes rochas, as velocidades se alteram, identificando, assim, as diferentes formações presentes na sub-superfície; nesses casos, essas ondas retornam e são captadas por hidrofones que estão sendo arrastados pelo navio de pesquisa. Com a ajuda dos computadores, os sismologistas podem analisar a informação e localizar as possíveis armadilhas.

Figura 57: Exemplificação de uma prospecção sísmica.



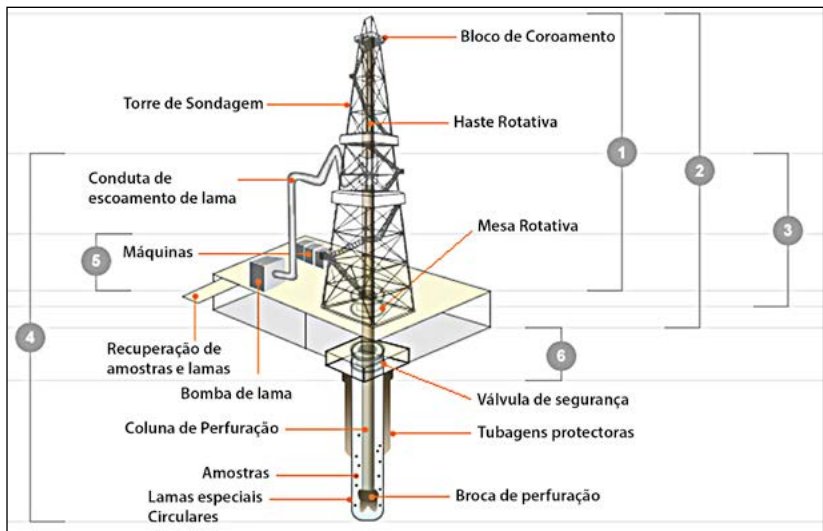
FONTE: Fogaça (2015)

### VII.3 - A PERFURAÇÃO

Existem dois tipos de perfuração: a perfuração pelo método percussivo e pelo método rotativo.

No método percussivo, a perfuração é realizada a partir de golpes na rocha, causados pela broca. Neste método, a rocha é fraturada e os cascalhos são retirados por uma ferramenta chamada de caçamba. Já o método rotativo, mais utilizado nos dias de hoje, acontece com o movimento de rotação da coluna de perfuração onde na ponta há uma broca que comprime a rocha até ela se esmerilhar. Seus cascalhos (fragmentos de rochas) são elevados pelo fluido de perfuração que sai como um jato da broca e é bombeado até a superfície do poço.

Figura 58: Representação de uma sonda de perfuração e alguns dos seus equipamentos.



FONTE: Galp Energia (2014)

A Galp Energia (2014) descreve cada um dos sistemas, conforme reprodução a seguir:

1. **“Sistema de sustentação de cargas:** Sustenta a coluna de perfuração e as tubagens de proteção (*casing*).

2. **Sistema de movimentação de cargas:** Através de cabos, permite a movimentação da coluna de perfuração e do *casing*.
3. **Sistema de rotação:** Induz a rotação da broca, que contribui para perfurar a formação.
4. **Sistema de circulação:** Permite a circulação e o tratamento do fluido de perfuração.
5. **Sistema de geração e transmissão de energia:** A energia, proveniente de motores a diesel ou energia elétrica, aciona todos os equipamentos da sonda.
6. **Sistema de segurança do poço:** Permite o controle e fecho do poço, quando ocorre um influxo indesejável da formação para o poço.”

Galp Energia (2014).

Toda operação de perfuração é dada através de uma sonda de perfuração. Esta apresenta várias estruturas que trabalham em conjunto para realizarem a atividade de perfuração. A sonda deve apresentar equipamentos que possam armazenar os tubos de perfuração a serem adicionados na perfuração, sistema de elevação e posicionamento desses tubos, uma mesa rotativa ou top drive, sistema de circulação de fluidos, sistema de movimentação de cargas, entre alguns outros equipamentos e funções.

### ***VII.3.1 - Tubulações***

Os tubos de perfuração têm o objetivo de transferir o movimento de rotação para a broca e adicionar peso à coluna de perfuração. Estes tubos são divididos em três tipos: tubos de comando, tubos pesados e tubos de perfuração.

- Tubos de comando são utilizados logo após a broca e têm a função de dar peso à coluna de perfuração.
- Tubos pesados são utilizados na transição dos tubos de comando e tubos de perfuração, apresentam maior resistên-

cia à falha por fadiga, transfere uma maior rigidez à coluna e são mais espessos.

- Tubos de perfuração são responsáveis por completar a coluna de perfuração desde os tubos pesados até a altura da mesa rotativa.

### ***VII.3.2 - Mesa Rotativa e Top Drive***

Tanto a mesa rotativa quanto o top drive são equipamentos que tem como função promover o movimento de rotação a coluna de perfuração.

### ***VII.3.3 - Brocas***

As brocas são selecionadas de acordo com o tipo de rocha que está sendo perfurada, elas podem ser classificadas em alguns tipos. Abaixo alguns exemplos:

- Sem partes móveis que, como o próprio nome já diz, não apresentam partes móveis ou rolamentos.
- Podem ser do tipo draga, que perfuram por raspagem. Este tipo de broca foi a primeira a ser utilizada e hoje está praticamente em desuso.
- Brocas de diamante, são utilizadas para zonas extremamente duras.
- Brocas de diamante sintético, que se utiliza da ação de raspagem para perfurar e é preferencialmente usada para perfurar formações homogêneas.
- Brocas com partes móveis, que são formadas, em geral, por uma estrutura de três cones que giram em torno de um eixo.

### ***VII.3.4 - Fluidos de Perfuração***

É uma solução que visa atender algumas especificações de cada poço. Algumas das suas funções principais é manter a pressão do

poço para que não haja desmoronamento nem faturamento na parede do poço, lubrificar e resfriar a broca, ajudar na perfuração através da pressão de jateamento, manter os sólidos em suspensão quando a perfuração estiver parada e conduzir os cascalhos até a superfície.

### ***VII.3.5 - Revestimento***

Todo poço é perfurado em fases, cada poço tem uma configuração diferente e o número de fases vai depender desta configuração, podendo variar de três até oito fases. O revestimento é utilizado para proteger a parede do poço e é feito a cada fase da perfuração. O processo acontece com a interrupção da perfuração, logo em seguida é descido o revestimento, que nada mais é que uma tubulação de aço vazada no meio. Após a descida do revestimento acontece a cimentação.

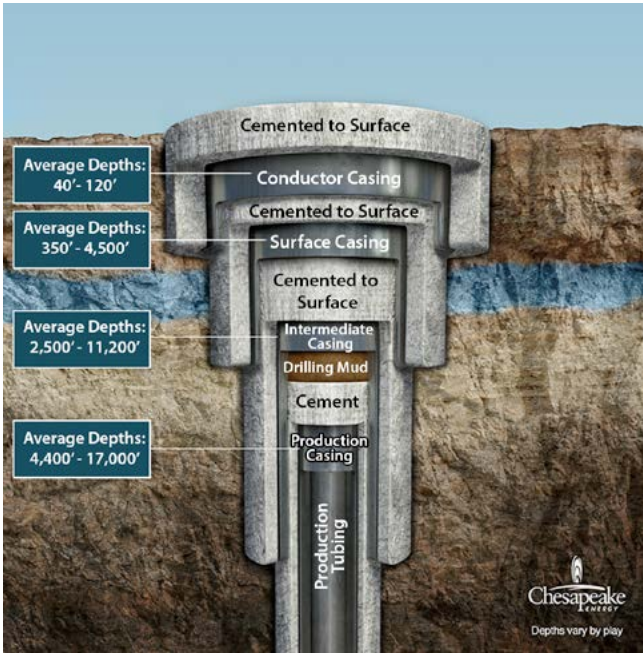
Algumas funções do revestimento:

- Prevenir o desmoronamento da parede do poço;
- Evitar a contaminação da água potável de possíveis lençóis freáticos encontrados durante a perfuração;
- Permitir o retorno do fluido de perfuração à superfície;
- Prover meios para controlar as pressões dos fluidos, permitindo aplicação de pressão adicional se preciso.

### ***VII.3.5 - Cimentação***

Após a descida do revestimento, o poço fica com um espaço entre o revestimento e a parede do poço, espaço esse denominado de espaço anular, onde será preenchido por completo com uma pasta de cimento para a fixação da coluna de revestimento na parede do poço, para evitar a migração de fluido de perfuração pelas diversas zonas permeáveis existentes durante a perfuração.

Figura 59 – Representação da coluna de revestimento e da camada de cimento.



FONTE: Fredrik (2014)

## VII.4 - UNIDADE DE BOMBEIO (UB)

A unidade de bombeio ou cavalo mecânico é o equipamento mais utilizado para a elevação do petróleo no Brasil. Este equipamento é aplicável apenas em poços *onshore* (poços em terra). A UB é um equipamento de superfície que converte o movimento rotativo do motor em movimento alternativo requerido pela haste polida.

### VII.4.1 - Estrutura da UB

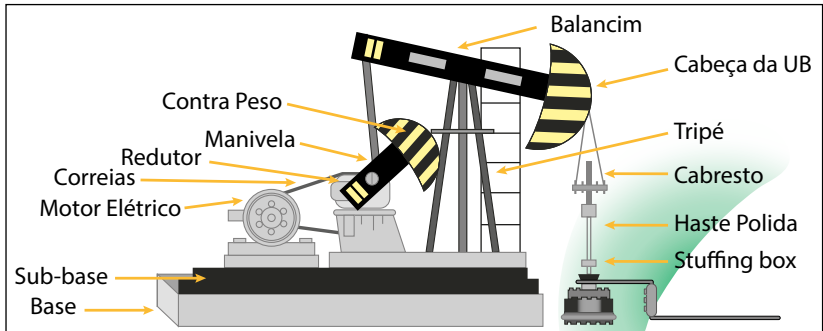
Segundo Thomas et al. (2001), a estrutura da unidade de bombeio é composta por:

- BASE: moldada em concreto ou formada por perfis de aço, serve como base onde se prendem, devidamente alinhados, o tripé, a caixa de redução e o motor.

- TRIPÉ: formado por três ou quatro perfis de aço, deve ter rigidez suficiente para suportar toda a carga da haste polida.
- VIGA TRANSVERSAL OU BALANCIM: viga de aço apoiada em seu centro por um mancal, o qual está preso no topo do tripé. A viga deve ter resistência suficiente para suportar de um lado a carga da haste polida e do outro a força transmitida pela biela;
- CABEÇA DA UNIDADE DE BOMBEIO: localizada em uma das extremidades do balancim, suporta a carga da haste polida por meio de dois cabos de aço (cabresto) e uma barra carreadora [...].
- BIELA OU MANIVELA: transmitem movimento ao balancim. A distância do eixo da manivela ao mancal da biela define o curso da haste polida [...].
- CONTRAPESOS: para elevar os fluidos, o motor somente é solicitado a fornecer energia no curso ascendente. No curso descendente a força da gravidade é responsável pelo movimento das hastes. Ou seja, para elevar os fluidos o motor é exigido de forma cíclica, provocando uma redução da sua vida útil.
- CAIXA DE REDUÇÃO: transforma a energia de alta velocidade e baixo torque do motor em energia de alto torque e baixa velocidade [...].
- MOTOR: os motores podem ser elétricos ou de combustão interna. Nos locais onde existe energia elétrica disponível são utilizados motores elétricos, pois apresentam maior eficiência, menor custo operacional e menor ruído. São ligados à rede elétrica através do quadro de comandos onde é feito o controle da unidade.

Em locais isolados, onde a construção de uma rede elétrica para distribuição de energia não é viável economicamente, são utilizados motores de combustão interna.

Figura 60 - Unidade de Bombeio (UB)



FONTE: Sousa (2013).



## REFERÊNCIAS

DANTAS NETO, Afonso Avelino; GURGEL, Alexandre. **Refino de Petróleo e Petroquímica**. Natal: Ufrn. 375 slides, color.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. "**Exploração e extração do petróleo**"; *Brasil Escola*. Disponível em: <<http://www.brasilestela.com/quimica/exploracao-extracao-petroleo.htm>>. Acesso em: 05 de out. 2015.

LAMANA, Chirley Xavier. **Petróleo** Seção: *Canal Escola*. CPRM, 05/10/2015. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1256&sid=129>>. Acesso em: 15 de out. 2015.

MICHAEL, J. Economides; LARRY T. Watters; SHARI Dunn-Norman (Estados Unidos). (Ed.). **HALLIBURTON: Petroleum Well Construction**. Duncan: Halliburton, 1997. 903 p.

PUC-RIO. **Certificação digital nº 0612552/CA**. Disponível em: <[http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/11898/11898\\_3.PDF](http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/11898/11898_3.PDF)>. Acesso em: 07 dez. 2014.

SÃO PAULO. Unicamp. Universidade Estadual de Campinas. **O que é petróleo?** [20--]. Disponível em: <<http://www.dep.fem.unicamp.br/drupal/?q=node/27>>. Acesso em: 07 dez. 2014.

SOUSA, Lázaro Henrique de Aragão et al. **Aplicação do Bombeio Mecânico com Hastes na Elevação do Petróleo**. 2013. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/index.php/cadernoexatas/article/viewFile/609/565>>. Acesso em: 14 dez. 2014.

THOMAS, José Eduardo. Organizador. **Fundamentos da engenharia do petróleo**. Rio de Janeiro: Editora Interciência: PETROBRAS 2001. 271 p.

GALP ENERGIA. **Perfuração**. 2014. Disponível em: <<http://www.galp-energia.com/PT/investidor/ConhecerGalpEnergia/Os-nossos-negocios/>>

Exploracao-Producao/fundamentos-engenharia-petroleo/Paginas/Perfuracao.aspx>. Acesso em: 06 out. 2015.

ALTMAN, Max. **Hoje na História:** 1859 - Perfurado o primeiro poço de petróleo nos EUA. 2010. Disponível em: <<http://operamundi.uol.com.br/conteudo/noticias/5976/hoje+na+historia+1859+-+perfurado+o+primeiro+poco+de+petroleo+nos+eua.shtml>>. Acesso em: 17 nov. 2014.

PETRÓLEO ETC. **Noções de Geologia.** 2010. Disponível em: <<http://www.petroleoetc.com.br/fique-sabendo/nocoas-de-geologia/>>. Acesso em: 06 out. 2015.

## **Internet**

FREDRIK. **Borrteknologi på VG2.** 2014. Disponível em: <[http://mroffshore.se/borrteknologi\\_vg2/](http://mroffshore.se/borrteknologi_vg2/)>. Acesso em: 15 jan. 2015.

## CAPÍTULO VIII

# A DESCOBERTA DE UM CAMPO DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL EM 5 PASSOS<sup>4</sup>

*Carlos Alberto Poletto*

### VIII. 1 - INTRODUÇÃO

O petróleo leva milhões de anos para ser formado nas rochas sedimentares e pode estar a mais de 5 mil metros de profundidade no mar. Para se chegar à descoberta desses campos, é preciso muito estudo e investimento em um esforço que começa bem antes da perfuração de um poço e vai além da comprovação da presença desse óleo no solo. Quais os locais mais prováveis para uma descoberta? Qual o melhor ponto para perfurar? Qual o volume estimado de óleo? Essas são apenas algumas das questões que precisam ser respondidas na chamada fase de exploração, que é fundamental para garantir a reposição das reservas de petróleo e o suprimento das demandas por essa importante fonte de energia. Confira o passo a passo:

Figura 61: Etapas da descoberta de um campo de petróleo e gás.



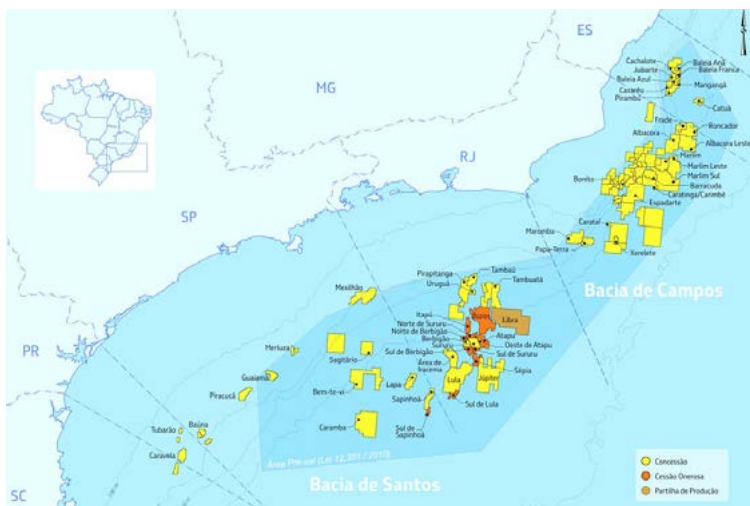
FONTES Blog Fatos e Dados - Petrobras

4 20 de fevereiro de 2015. Texto compilado de <http://www.petrobras.com.br/fatos-e-dados/a-descoberta-de-um-campo-de-petroleo-e-gas-natural-em-5-passos.htm> com autorização.

## VIII.2 - AQUISIÇÃO DE BLOCOS EXPLORATÓRIOS

O processo de descoberta de um campo de petróleo e gás natural tem início com a definição das áreas consideradas potenciais para as atividades de exploração e produção. Isso é feito pela Agência Nacional do Petróleo (ANP) com base em dados que demonstrem indícios da presença de petróleo e gás natural. Com essas informações, a ANP delimita os blocos que serão disponibilizados para as empresas. Na indústria do petróleo, o marco regulatório de exploração e produção define os diferentes modelos de transferência dos direitos de exploração do subsolo do governo para companhias públicas, privadas ou mistas. Nesses contratos, são previstas as atividades e os prazos da fase exploratória.

Figura 62: Mapa regimes de contratação (Janeiro de 2015).



FONTE: Blog Fatos e Dados - Petrobras

## VIII. 3 - ESTUDOS DA BACIA

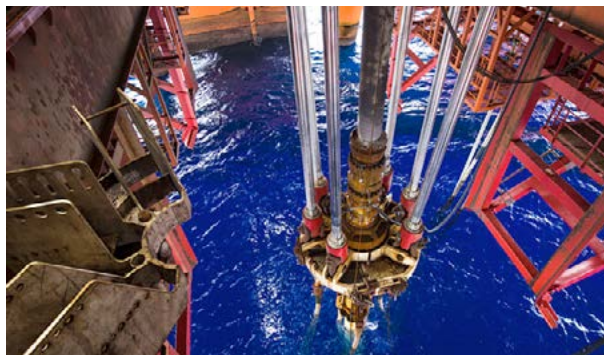
Após adquirir um bloco, a empresa ou consórcio de empresas analisa a bacia sedimentar para definir o local que tem maior chance de conter petróleo ou gás natural. Isso é feito com base nas condições que favoreceram, no passado, a acumulação de hidrocarbonetos. São levantados e analisados:

- Dados geofísicos: referentes à estrutura e composição das rochas em camadas profundas, obtidos por métodos de observação indireta, como a análise sísmica.
- Dados geológicos: obtidos através da observação direta de rochas na superfície ou de amostras retiradas de poços perfurados.

#### **VIII.4 - PERFURAÇÃO**

A perfuração de um poço é a etapa que demanda maior investimento. O processo é feito por meio de uma sonda, que conta com uma coluna de perfuração com uma broca na extremidade, dentre outros equipamentos. As rochas são perfuradas por meio de movimentos de rotação. No mar, podem ser utilizados navios-sondas ou plataformas preparadas para realizar a perfuração. Somente nessa etapa pode-se afirmar efetivamente se naquela localidade há petróleo ou gás natural. Quando essa expectativa se confirma, configura-se uma descoberta, que deve ser notificada à ANP num prazo máximo de 72 horas. Nas áreas contempladas no contrato de Cessão Onerosa, no pré-sal da Bacia de Santos, perfuramos 16 poços com índice de sucesso de 100%, ou seja, encontramos acumulações de petróleo em todos os poços perfurados. A Petrobras é operadora única dos blocos contemplados por meio do contrato de Cessão Onerosa.

Figura 63: Detalhe da coluna de perfuração.



FONTE: Blog Fatos e Dados - Petrobras

## VIII.5. PLANO DE AVALIAÇÃO

Na fase de perfuração, na maioria das vezes ainda não se tem informações suficientes para julgar se a descoberta é ou não viável comercialmente. Desta forma, o consórcio pode solicitar um tempo adicional negociado com a ANP para avaliar a nova jazida. Nesse caso, delimita uma área dentro do bloco, aprovada pela Agência, para fazer a avaliação da descoberta. Essa solicitação deve ser concretizada num documento chamado Plano de Avaliação, que contém o programa de trabalho e os investimentos necessários à avaliação de uma descoberta, incluindo possíveis testes.

## VIII.6 - AVALIAÇÃO DA DESCOBERTA

Figura 64: Amostra de Petróleo para análise.



FONTE: Blog Fatos e Dados - Petrobras

A avaliação da descoberta consiste na aquisição de novas informações técnicas, seja por meio de sísmicas, perfuração de poços, recolhimento de amostras ou Testes de Longa Duração (TLD). Com esses dados, é feita uma análise técnico-econômica com o intuito de verificar a viabilidade comercial da descoberta.

Caso a empresa ou o consórcio considere que a descoberta é economicamente atrativa, deve efetuar a declaração de comercialidade junto à ANP, apresentando à agência um documento que comprova sua afirmação, que é o relatório final de avaliação de descobertas. Este documento deve conter também a proposta de área a ser retida para desenvolvimento. É nesse momento que se configura um campo de

petróleo ou gás natural. Se a empresa ou consórcio decidir não fazer a declaração de comercialidade de uma descoberta avaliada, a área em questão deve ser integralmente devolvida.

Na sequência da declaração de comercialidade, é feita uma revisão dos contratos junto à ANP. Em seguida, o campo passa para a fase de desenvolvimento, quando serão construídas as instalações necessárias para a produção. A partir daí, teremos um campo produtor.

## **REFERÊNCIAS**

**BLOG FATOS E DADOS - PETROBRAS.** Disponível em <http://www.petrobras.com.br/fatos-e-dados/a-descoberta-de-um-campo-depetroleo-e-gas-natural-em-5-passos.htm>.

**AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO.** Disponível em <http://www.anp.gov.br/wwwanp/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/gestao-de-contratos-de-e-p/fase-de-exploracao>.

## CAPÍTULO IX

---

# MARCO REGULATÓRIO DA ATIVIDADE PETROLÍFERA NO BRASIL<sup>5</sup>

*Carlos Alberto Poletto*

### **IX.1 - INTRODUÇÃO**

A base legal da regulamentação do setor petrolífero é um tema dinâmico, dado que sofre influências das oscilações da economia e da política. O marco legal do setor petrolífero brasileiro é regido pela Lei 9478/97, que estabelece o regime de concessão. Para as recentes descobertas *offshore* denominadas de Pré-Sal, foi aprovado um marco legal específico caracterizado pelo regime de partilha da produção.

### **IX.2 - MARCO REGULATÓRIO DO REGIME DE CONCESSÃO DE PRODUÇÃO (LEI 9478/97)**

A Lei Nº 9478 de 06 de agosto de 1997, conhecida também como Lei do Petróleo (BRASIL, 1997), flexibilizou o monopólio da união (que era até então exercido pela Petrobras). Ela dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo. Essa lei dá suporte às pesquisas em petróleo e gás natural e define as participações governamentais nos contratos de concessão de produção que são: I - bônus de assinatura; II - *royalties*; III - participação especial; IV - pagamento pela ocupação ou retenção de área. Os

---

5 Texto extraído de: POLETTO, C.A. Gestão compartilhada de P&D em Petróleo: A interação entre a Petrobras e a Universidade Federal do Rio Grande do Norte. [tese]. Natal. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Petróleo. Universidade Federal do Rio Grande do Norte; 2012. 185p. Doutorado em Ciência e Engenharia de Petróleo.



*royalties* são pagos mensalmente a partir da data de início da produção comercial de cada campo, em montante correspondente de cinco a dez por cento da produção de petróleo ou gás natural. A parcela do valor do *royalty* que exceder a cinco por cento da produção tem a seguinte distribuição: 25% (vinte e cinco por cento) ao Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), para financiar programas de amparo à pesquisa científica e ao desenvolvimento tecnológico aplicado à indústria do petróleo, do gás natural e dos biocombustíveis.

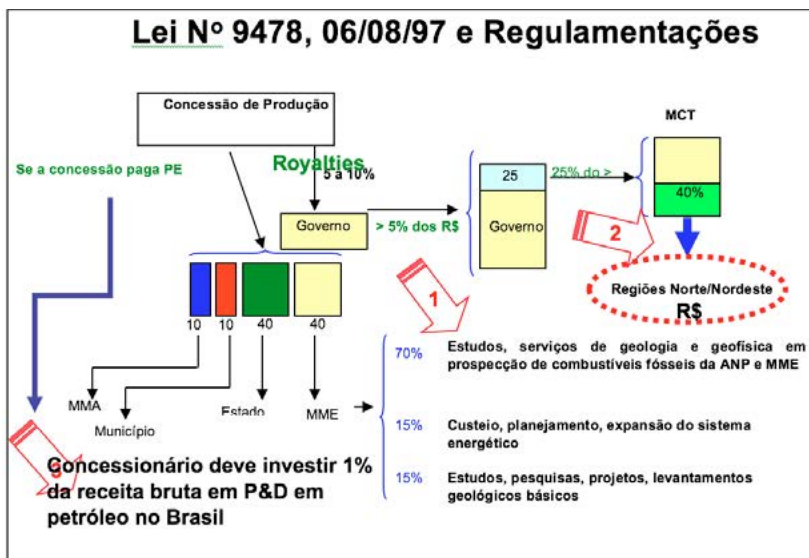
A Lei determina que do total de recursos destinados ao MCT, serão aplicados no mínimo quarenta por cento em programas de fomento à capacitação e ao desenvolvimento científico e tecnológico nas regiões Norte e Nordeste. Nos casos de concessões com grande volume de produção ou grande rentabilidade<sup>6</sup>, há o pagamento da Participação Especial (PE), que será aplicada sobre a receita bruta da produção, deduzidos os royalties, os investimentos na exploração, os custos operacionais e a depreciação. Os recursos oriundos da PE são assim distribuídos: 40% ao Ministério de Minas e Energia (MME), 10% para o Ministério do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 40% para o estado e 10% para o município onde ocorrer a produção. Da parcela destinada ao MME, 70% irão para o financiamento de estudos e serviços de geologia e geofísica aplicados à prospecção de combustíveis fósseis, a serem promovidos pela ANP, e pelo MME, 15% para o custeio dos estudos de planejamento da expansão do sistema energético e 15% para o financiamento de estudos, pesquisas, projetos, atividades e serviços de levantamentos geológicos básicos, conforme a Figura 1. A ANP instituiu, desde o ano de 1998, nos Contratos de Concessão para Exploração, Desenvolvimento e Produção de Petróleo e/ou Gás Natural, a cláusula denominada Investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento.

Assim, todo o concessionário de produção de petróleo deve investir em P&D aplicado a esta indústria no Brasil, no valor de 1% da receita bruta da produção dos campos, nos quais a PE seja devida,

6 Produção diária menor que 8.000 barris/dia é isento da PE. Até 15.500 barris paga 10%. As alíquotas são progressivas até 35% para 500.000 barris/dia, aplicadas sobre a receita líquida do campo.

sendo que até 50% do valor-base poderá ser investido nessas despesas nas instalações do próprio concessionário. O restante do valor-base deverá ser contratado junto às Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs) nacionais credenciadas na ANP. O montante investido nas ICTs nacionais é dedutível da obrigação total. O Regulamento Técnico N° 5 da ANP, também de 24 de novembro de 2005, especifica os requisitos técnicos a serem atendidos pelos concessionários para realização dos investimentos em P&D. As setas em vermelho (1, 2 e 3) da Figura 43 ilustram a origem e o destino de aplicação dos tributos recolhidos pela indústria do petróleo conforme a Lei 9478/97 (Lei do Petróleo) e as suas regulamentações. Este mecanismo legal se constitui em grande incentivo para as ICT's brasileiras, tendo se tornado claramente o "divisor de águas" que separa o antes do depois em termos de recursos financeiros para pesquisa. O "depois" transformou para melhor as universidades brasileiras.

Figura 65: Origem e destino dos recursos para investimentos de P&D em petróleo no Brasil.



FONTE: O Autor.

### **IX.3 - MARCO REGULATÓRIO DO PRÉ-SAL**

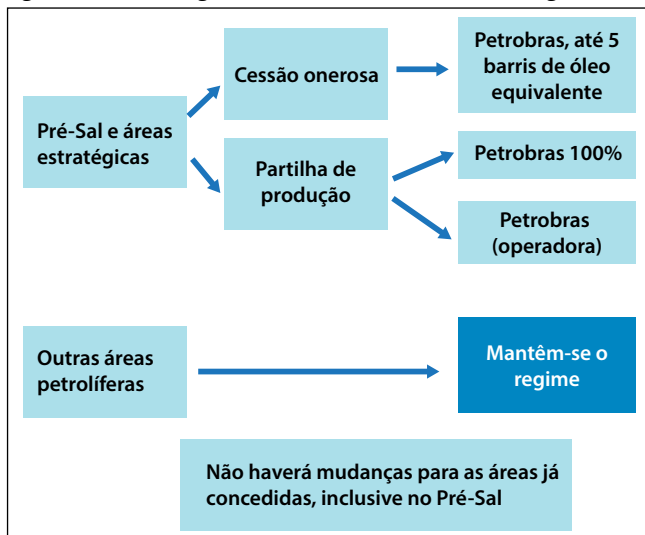
Em 2006, a Petrobras realizou uma grande descoberta de petróleo a cerca de 300 km do litoral de São Paulo abaixo de uma espessa camada de sal (isto é, mais antiga que o sal, por isso foi denominada de Pré-Sal), a cerca de 7.000m de profundidade, em lâmina d'água de 2000m. Em seguida, nos dois anos subsequentes, treze novas perfurações confirmaram outras acumulações. Os estudos geológicos indicam que esta nova província petrolífera ocorre desde o litoral norte do estado de Santa Catarina até o litoral sul do Espírito Santo (área estimada da província: 149.000 km<sup>2</sup>), abrindo uma frente enorme de possibilidades para a exploração e produção de petróleo no Brasil, possibilitando, inclusive, que venha a tornar-se um país exportador.

Esse fato novo fez com que a ANP interrompesse as ofertas de blocos localizados nesta província para leilões de concessão e propusesse a criação de um marco legal específico para a área do Pré-Sal, baseando-se na importância econômica da jazida e do baixo risco exploratório constatado. O novo marco do Pré-Sal é composto por três modalidades, a partilha da produção, a cessão onerosa e a concessão de produção (para antigas áreas no Pré-Sal licitadas antes da descoberta do Pré-Sal).

No regime de partilha, o país ganha mais porque recebe parte da produção em óleo, enquanto que no regime de concessão o petróleo produzido pertence ao concessionário e ele deve apenas recolher as participações governamentais já comentadas anteriormente, podendo comercializar o seu petróleo onde quiser.

De acordo com o marco legal do Pré-Sal, as empresas petrolíferas selecionadas para operar sob o novo regime empreenderão por sua conta e risco todas as atividades exploratórias. Em caso de sucesso, a empresa será reembolsada em óleo pelos investimentos realizados. O "excedente em óleo" será repartido com o governo conforme será estabelecido em cada contrato de partilha da produção. O marco regulatório para a área do Pré-sal está apresentado sumariamente na Figura 66.

Figura 66: Marco regulatório do Pré-Sal e áreas estratégicas.



FONTE: O Autor.

De acordo com o sumarizado na Figura 45, a Petrobras receberá da União áreas com volume de 5 bilhões de barris de óleo contidos *in-situ* no Pré-Sal, pelos quais pagará à União, segundo critérios de valoração do barril definidos através de consultoria internacional. Este regime é chamado de cessão onerosa. Nessas áreas ou blocos operará de imediato, não necessitando aguardar leilões da ANP. Nos blocos ofertados pela ANP, já sob o regime de partilha, a Petrobras poderá comprar 100% do bloco sozinha ou comprar em parceria com outras empresas. Sendo que em todos os blocos do Pré-Sal a PETROBRAS será operadora com pelo menos 30% de participação no bloco.

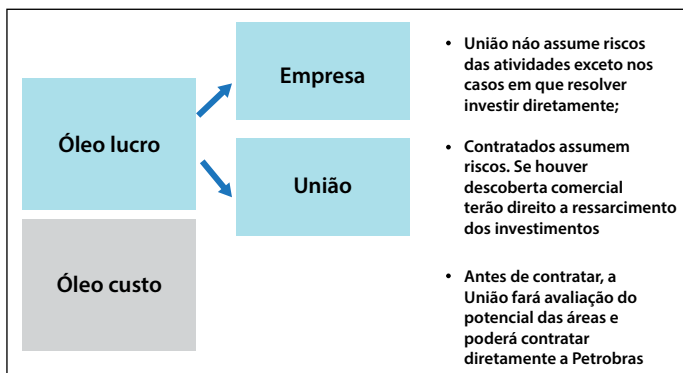
Nas outras áreas do Brasil passíveis de exploração petrolífera mantém-se o regime da Lei do Petróleo (Lei Nº 9478/97 – BRASIL, 1997).

O operador é responsável pela condução das atividades de exploração e produção, providenciando os recursos críticos: tecnologia (utilização e desenvolvimento), pessoal e recursos materiais (contratação). O operador tem acesso à informação estratégica, produção, custos, acesso e desenvolvimento de tecnologia. No Brasil, os contratos da ANP definem que o operador deve ter pelo menos 30% de participação. Nas águas profundas do Golfo do México (EUA), 97% dos operadores têm

participação acima de 30%. Em 46 países da África, 85% dos operadores têm mais de 30%. A atuação em parcerias é comum na indústria: empresas compartilham gastos e visões técnicas e conhecimento, tomando decisões e correndo riscos em conjunto.

A união poderá celebrar contratos de partilha de produção nas áreas estratégicas ou do Pré-Sal exclusivamente com a Petrobras (100% de participação), ou com empresas vencedoras em licitação. Em ambos os casos a Petrobras é sempre a operadora com, no mínimo, 30% da propriedade. Em qualquer situação, a União não assume riscos. As empresas empreendedoras, inclusive a Petrobras, assumem todos os riscos exploratórios e, em caso de descobertas, terão ressarcidos os seus investimentos e custos, é o chamado óleo custo. Da parcela restante, denominada óleo lucro, o governo ficará com a maior parte, de acordo como foi celebrado no contrato de partilha. Figura 45.

Figura 67: Regime de partilha da produção.



FONTE: O Autor.

## Empresas

As receitas governamentais nos contratos de partilha de produção serão os *royalties* e o bônus de assinatura que não integram o custo em óleo (óleo custo).

No que diz respeito ao regime de partilha de produção, caberá ao Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) definir o ritmo de contratação dos blocos e o conteúdo nacional mínimo de cada contrato de partilha. Ele também definirá os blocos para contratação exclusiva da Petrobras (100%) e os blocos destinados para licitação pública. Será

sua tarefa, também, a definição dos parâmetros técnicos e econômicos de cada contrato. Ao CNPE caberá a tarefa de classificar as áreas a serem estratégicas e definir a política de comercialização do petróleo e gás natural da União.

Ao MME caberá planejar o aproveitamento do petróleo e gás natural no Brasil, propor blocos para partilha de produção depois de consultada a ANP, propor ao CNPE os parâmetros técnicos e econômicos dos contratos de partilha, tais como o critério para óleo lucro, propor a participação mínima da Petrobras nas áreas estratégicas, propor os critérios e percentuais máximos para custo em óleo, propor o conteúdo local mínimo, estabelecer o bônus de assinatura nos contratos de partilha, estabelecer diretrizes para ANP relativas à licitação, propor minutas de editais e de contratos, aprovar as minutas de editais e de contratos de partilha.

Nas áreas estratégicas e do Pré-Sal caberá à ANP promover os estudos para subsidiar o MME na delimitação dos blocos para partilha, elaborar minutas de editais e dos contratos, promover as licitações, analisar e aprovar os planos de exploração e produção e programas anuais de trabalho relativos aos contratos de partilha, regular e fiscalizar, bem como compatibilizar e uniformizar as normas aplicáveis sob diferentes regimes (cessão onerosa, concessão e partilha). Uma nova empresa estatal denominada Pré-Sal Petróleo S.A. será criada para gerir as áreas do Pré-Sal. Ela terá por objetivo diminuir a assimetria de informações entre a União e as empresas petrolíferas atuantes na área do Pré-Sal por meio da atuação e acompanhamento direto de todas as atividades na área de E&P, em especial o custo de produção do óleo. As suas principais atribuições serão a gestão dos contratos de partilha de produção celebrados pelo MME, participando dos consórcios e dos comitês de gestão, com poder de voto e veto, não assumirá riscos, não realizará investimentos não possuirá ativos e não auferirá receitas com a partilha. Também realizará a gestão dos contratos para a comercialização do petróleo e gás natural da União, podendo contratar a Petrobras dispensando licitação, analisar os dados sísmicos do Pré-Sal, representar a união nos procedimentos de individualização da produção. A Pré-Sal Petróleo S.A. não executará atividades de exploração e produção.

As principais fontes dos recursos da Pré-Sal Petróleo S.A. serão provenientes da gestão dos contratos de partilha de produção, incluindo parcela do bônus de assinatura, da gestão dos contratos de comercialização, dos acordos e convênios realizados com entidades nacionais e internacionais, das aplicações financeiras que forem realizadas, da alienação de bens patrimoniais, das doações, legados, subvenções e outros. A remuneração da Pré-Sal Petróleos S.A. pela gestão dos contratos de partilha de produção será estipulada em função das fases de cada contrato e das dimensões dos blocos e campos.

A União criará o Novo Fundo Social – NFS que proporcionará uma fonte regular de recursos para as atividades prioritárias de combate à pobreza e o incentivo à educação de qualidade, à cultura, à inovação científica e tecnológica e a sustentabilidade ambiental. Será uma maneira de transformar a riqueza baseada nos recursos naturais em benefício para as pessoas, em oportunidades e desenvolvimento humano e ambiental. O fundo receberá a renda do petróleo, realizará aplicações e proporcionará uma receita regular para União, que a direcionará para as atividades prioritárias. Os recursos do NFS repassados à União serão orçados e fiscalizados pelo Congresso Nacional.

Conforme o projeto do NFS, a origem destes recursos será resultado da partilha de produção que cabe à União, do recolhimento do bônus de assinatura de contratos de partilha de produção, e da arrecadação de *royalties* da União em contratos de partilha de produção.

A política de investimentos do NFS será realizar investimentos no Brasil e no exterior com objetivo de diversificar o risco financeiro e também evitar os possíveis problemas advindos da “doença holandesa”; isto é, o fortalecimento da moeda nacional e o conseqüente encarecimento das exportações brasileiras, o que pode se constituir em grave problema para a economia do Brasil.

Como se constata, desde alguns anos a legislação vem incorporando elementos novos, apontando para uma consolidação do pensamento em torno do tema da divisão e da aplicação dos *royalties* do petróleo. No Brasil, até pouco tempo, não se falava nisso, mas com o advento do Pré-Sal, a distribuição dos *royalties* passou a fazer parte do debate nacional.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. LEI Nº 9.478, DE 6 DE AGOSTO DE 1997. **Presidência da República Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos.** Disponível no site [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9478.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9478.htm). Acessado em 20 de fevereiro de 2015.

**AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO.** Disponível em <http://www.anp.gov.br/wwwanp/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/gestao-de-contratos-de-e-p/fase-de-exploracao>. Acessado em 20 de fevereiro de 2015.

POLETTI, C.A. **Gestão compartilhada de P&D em Petróleo:** A interação entre a Petrobras e a Universidade Federal do Rio Grande do Norte. [tese]. Natal. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Petróleo. Universidade Federal do Rio Grande do Norte; 2012. 185p. Doutorado em Ciência e Engenharia de Petróleo.



# ÁGUA DE PRODUÇÃO EM POÇOS DE PETRÓLEO

*Tarsila Barbosa Dantas*

## **X.1 - INTRODUÇÃO**

Água subterrânea pode ser explotada a partir de poços originalmente destinados à exploração/produção de petróleo. Isso acontece porque as rochas reservatório para o petróleo muitas vezes são também sistemas reservatórios de água (aquíferos), ou seja, os reservatórios de petróleo estão quase sempre associados à água.

## **X.2 – ÁGUA DE PRODUÇÃO**

A água de produção (ou água produzida) é constituída de água de formação (águas subterrâneas ou águas conatas existentes no reservatório), água injetada no poço para manter pressão de produção, ou ainda, água condensada, em casos de reservatório produtores de gás (OGP, 2005). Ou seja, água produzida é toda água extraída de poços petrolíferos. Dessa forma, a composição e o volume de água produzida podem variar bastante de um campo de petróleo para outro.

Na Bacia Potiguar, parte do petróleo armazenado na Formação Açú (principal reservatório da Bacia Potiguar) é pesado e viscoso e para sua produção é necessária a injeção cíclica e contínua de água no estado gasoso (GUSHIKEN e SIQUEIRA, 2008), o que gera grandes quantidades de água produzida.

### ***X.2.1 - Águas de formação***

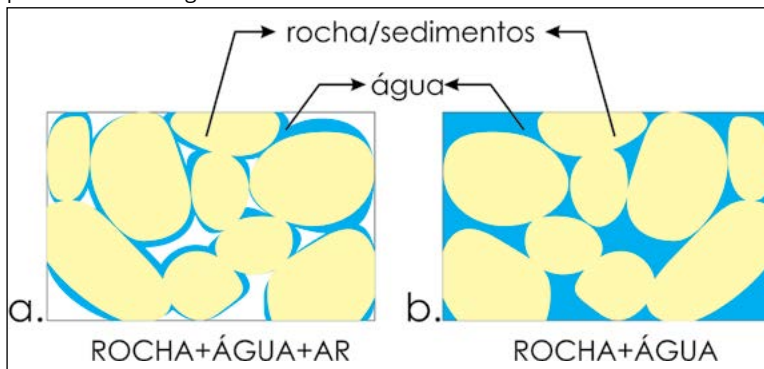
A água de formação produzida é composta pelas águas subterrâneas e águas conatas e encontra-se naturalmente na formação geológica.

Thomas (2001) relata que essas águas são utilizadas, quando em grande quantidade, no mecanismo de produção de petróleo chamado “Mecanismo de Influxo de Água”.

Primeiramente, é necessário compreender que a água é mais densa que o óleo e, por isso, a água sempre fica abaixo do óleo nos reservatórios.

As águas subterrâneas podem ser definidas como as águas que ocorrem abaixo do nível de saturação (nível freático), presente nas formações geológicas aflorantes e parcialmente saturadas, e nas formações geológicas profundas totalmente saturadas (MANOEL FILHO, 2008). Um nível saturado é aquele em que os espaços vazios da rocha estão preenchidos por água, e um nível parcialmente saturado é aquele onde os espaços vazios da rocha estão preenchidos por água e ar (ver figura 01).

Figura 68 – Exemplo de grãos de uma rocha sedimentar com água: a. Rocha parcialmente saturada, com rocha+água+ar; b. Rocha saturada, totalmente preenchida com água



FONTE: A Autora

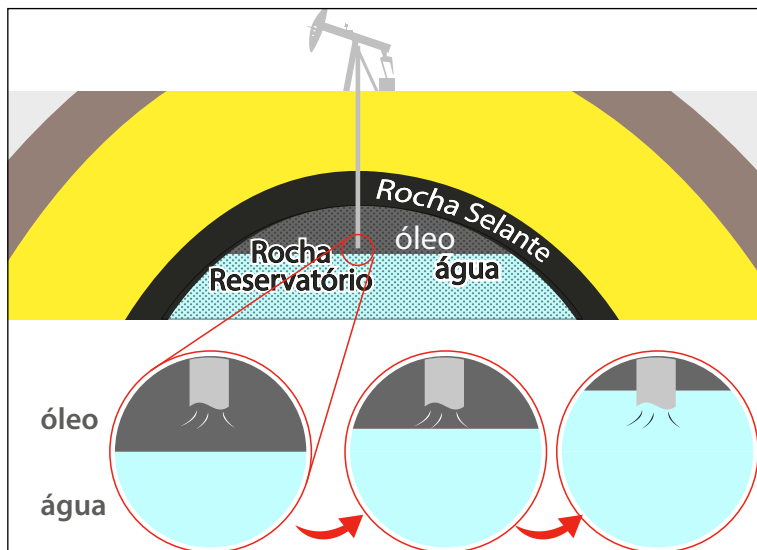
Já as águas conatas estão relacionadas a águas retidas nos poros da rocha sedimentar desde a sua formação e, no caso de campos petrolíferos, são incluídas as águas que restam das reações de maturação do petróleo.

Na etapa de exploração, os poços são perfurados com a finalidade de estudar os campos petrolíferos, ou ainda encontrar novos campos, e a perfuração pode resultar em um poço seco (não há óleo) ou poço

produtor. Pode ocorrer de a perfuração atingir o aquífero (lençol freático), e em caso de poço seco, ele pode ser disponibilizado para produção exclusiva de água, na utilização tanto na atividade de perfuração em si como em usos diversos.

Já na etapa de produção, os poços são construídos com a finalidade de drenar o óleo de um campo de petróleo já delimitado, porém, em certo ponto da produção, geralmente em poços mais maduros, a água atinge o nível de produção (ver figura 02).

Figura 69 – Esquema da evolução de exploração de petróleo em um reservatório, em que a quantidade de óleo diminui com o avanço da exploração, e ao nível de água aumenta.



FONTE: A Autora.

Thomas (2001) conta que esse processo é contínuo, de maneira que a queda de pressão da zona de óleo causada pela extração deste é transmitida para o aquífero, cujas águas invadem, então, a zona de óleo, reequilibrando a pressão deste e ocasionando a produção de mais óleo. Assim sendo, o fator de recuperação deste tipo de reservatório é bastante alto (30 a 40%, chegando a 75%), devido, principalmente,

ao fato de que a pressão permanece alta e a composição original dos fluidos são parcialmente mantidas.

Isto ocorre porque a água é mais densa que o óleo e, conseqüentemente, ocorre abaixo deste, e com o decorrer da extração petrolífera, as águas subterrâneas vão sendo continuamente abastecidas naturalmente e com a menor quantidade de óleo, o nível de água sobe, atingindo o nível de produção. Neste momento, a água é então extraída e nomeada de água produzida.

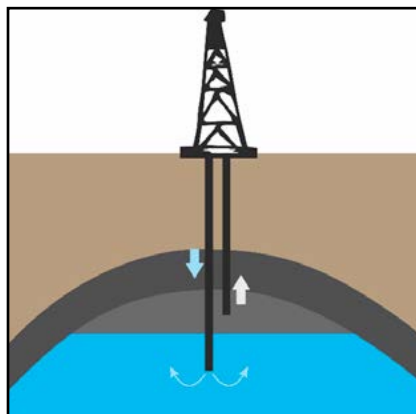
### **X.2.2 - Água de injeção**

Ainda na etapa de produção, muitas vezes o método de injeção de água é útil tanto para manter a pressão do reservatório quanto para deslocar o óleo na direção dos poços produtores (CORDEIRO *et al*, 2007). Esse método de recuperação é considerado por Thomas (2001) como o método mais convencional de recuperação. A água é denominada de “fluido deslocante” e o óleo/gás “fluido deslocado”.

Com o avanço da exploração, o óleo vai se esvaindo e o reabastecimento natural de águas subterrâneas não é suficiente para manter a pressão necessária para oferecer vazão ao poço. Assim sendo, a injeção de água de outras localidades é útil para atingir a pressão necessária para produção. Além disso, pode também ser utilizado o vapor de água para diminuir a viscosidade do óleo, facilitando sua ascendência, como é o caso de diversos poços da Bacia Potiguar (GUSHIKEN *et al*, 2008).

É geralmente utilizado um poço perfurado nas proximidades do poço produtor de óleo para injeção de água ou vapor, otimizando a produção do poço petrolífero.

Figura 70 – Esquema ilustrando a injeção de água em um campo de petróleo, com a finalidade de aumentar a pressão para que o óleo ascenda à superfície.



FONTE: A Autora.

### ***X.2.3 - Caracterização da água produzida***

Primeiramente, é necessário entender que a água de produção está intimamente associada ao petróleo e seus constituintes, uma vez que esta água entra em contato direto com o óleo e gás presente no campo de exploração/produção, independente se é água de formação ou de injeção.

Carvalho (2011) aborda a água de produção como agressiva para o meio ambiente, principalmente pela toxicidade. Porém, as características físico-químicas da água de produção estão relacionadas a diversos fatores, como formação geológica, localização, tempo de produção do poço e do tipo de hidrocarboneto explorado.

Silva (2000) comenta que as águas produzidas possuem grande quantidade de componentes inorgânicos dissolvidos, havendo variedade considerável de componentes orgânicos dissolvidos. Além disso, o autor menciona que essas águas geralmente contêm alta salinidade, partículas de óleo em suspensão, produtos químicos adicionados nos diversos processos de produção, metais pesados, podendo conter radioatividade em alguns casos.

### **X.3 - USO E DISPOSIÇÃO**

A água produzida pode ter diversos destinos, porém, Silva (2000) aponta que a disposição mais adequada seria a reinjeção em poços produtores.

Nascimento (2009) menciona que as águas produzidas devem ser minuciosamente estudadas para que seja definida a melhor alternativa de disposição final dos efluentes, que na maioria das vezes se trata de reinjeção no reservatório, descarte no meio ambiente ou descarte em formações não produtoras, onde pode ser utilizada, por exemplo, para atendimento do uso doméstico ou irrigação.

### **X.4 - ÁGUA PRODUZIDA E MEIO AMBIENTE**

No processo de injeção de água, geralmente são utilizadas entre cinco e dez partes de água para cada parte de óleo de extraído (CORDEIRO *et al*, 2007). Dessa forma, pode-se perceber que há um grande volume de água disponível no final do processo, cujas características físico-químicas tornam difícil o descarte direto no meio ambiente (SILVA,

2000). Uma vez que este descarte seja realizado inapropriadamente, implicaria efeitos nocivos tanto ao meio ambiente quanto à empresa, uma vez que resulta em repercussão negativa, alto custo com medidas mitigadoras e corretivas, penalidades diversas, etc.

Devido aos grandes danos ambientais decorrentes desse efluente, a legislação brasileira instituiu resoluções que tratam do tema e estabelecem limites de hidrocarbonetos e outros contaminantes para as águas produzidas associadas ao petróleo e o limite máximo de concentração de 20mg/l por dia foi estabelecido para o descarte destes efluentes.

Thomas (2001) aponta que o descarte direto ou indireto no mar pode ser realizado, contanto que os níveis de óleo sejam reduzidos ao limite estabelecido pela legislação e mostra, ainda, que esse descarte é bastante utilizado para campos marítimos (*offshore*), levando em consideração a proximidade e a redução de problemas e custos de transporte e armazenamento, evitando também custos de energia. Para campos terrestres, é mais indicada a reinjeção da água em poços produtores, contanto que seja realizado um tratamento prévio neste fluido, de maneira a evitar problemas no reservatório e nos equipamentos utilizados ou, ainda, entupimento/corrosão dos poços.

## **X.5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A água é o principal efluente produzido na atividade petrolífera e sua disposição deve ser bem pensada, a fim de minimizar os impactos ambientais decorrentes de suas características composicionais. Além disso, as águas produzidas devem ser cuidadosamente manejadas, a fim de não obstruir os equipamentos do poço ou danificar o reservatório. Também devem ser levados em consideração os custos relacionados às diversas etapas da utilização da água no ramo petrolífero, de maneira a planejar todas as etapas (obtenção, operação, transporte, armazenamento, tratamento e disposição), para que haja viabilidade tanto ambiental quanto financeira do projeto.

Apesar dos impactos negativos, a água em reservatórios é amplamente utilizada em poços produtores, tanto quando ocorre naturalmente no reservatório (águas de formação), quanto aquelas águas

de injeção. Em ambos os casos, a água otimiza os processos do ramo petrolífero, o qual é de suma importância para nossa sociedade.

Dessa forma, deve-se utilizar as águas com planejamento ambiental e financeiro, combinando à etapa do uso as etapas de gerenciamento e tratamento dos efluentes, sempre atentando às legislações vigentes, para que o resultado final de seu uso seja sempre positivo para o meio ambiente e para sociedade.

## REFERÊNCIAS

CARVALHO, P. C. A. P. **Caracterização de água produzida na indústria do petróleo para fins de descarte e otimização do processo de separação de óleo/água.** 2011. 122f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

CORDEIRO, Alexandre de França, et al. **Simulação da injeção de água em reservatórios empregando cfd.** 2007. 4º PDPETRO, Campinas, SP. Disponível em <[http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/4/resumos/4P-DPETRO\\_2\\_1\\_0389-2.pdf](http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/4/resumos/4P-DPETRO_2_1_0389-2.pdf)>. Acesso em 13 de Outubro de 2015, às 14h30.

GUSHIKEN, Maurício Takechi; SIQUEIRA, J. B. **Características gerais dos projetos de injeção de vapor nos reservatórios produtores de petróleo da Formação Açu na bacia Potiguar.** XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 2008.

FEITOSA, Fernando A. C.; MANOEL FILHO, João. **Hidrogeologia – Conceitos e Aplicações.** CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2000.

NASCIMENTO, L.M. **O princípio constitucional da eficiência aplicado à outorga e à cobrança da água produzida na exploração petrolífera.** 2009. 216 f. Dissertação (Mestrado em Direito Constitucional) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

OGP – INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS. **Fate and effects of naturally occurring substances in produced water on the marine environment.** 2005. 36 p.

SILVA, Carlos Remi Rocha. **Água Produzida na extração de petróleo.** 2000. Monografia (Curso de Especialização em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais na Indústria) – Escola Politécnica.

THOMAS, J. E. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo.** Rio de Janeiro: Interciência: PETROBRAS, 2001.



## CAPÍTULO XI

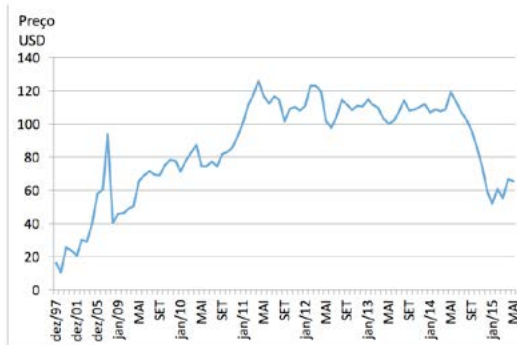
# POR QUE O PREÇO DO PETRÓLEO CHEGOU A NÍVEIS TÃO BAIXOS EM 2015?

*Mário Tavares de O. Cavalcanti Neto  
Luiz Fernando Dias Filho  
Bruna Marcela Soares de Araújo*

### XI.1 - INTRODUÇÃO

Nos pregões do mês de agosto de 2015 as bolsas de todo o mundo divulgavam, alarmadas, o preço do barril de petróleo. O petróleo tipo *Brent* chegou a ser cotado a USD 42,23 (quarenta e dois dólares e vinte e três cents) em 24 de agosto de 2015. No último dia daquele mês a cotação chegou a USD 45,26/barril (ver, por exemplo, <http://www.dolarhoje.com.br/valor-do-barril-de-petroleo/>), já refletindo uma recuperação do preço mínimo histórico. Países produtores como a Venezuela, México, Rússia, Cazaquistão, Azerbaijão, entre outros, que dependem das vendas de petróleo para obter receita, entraram em pânico (ver evolução do preço do barril de petróleo tipo *Brent* na figura 46). O Brasil via ameaçado o projeto de produção de óleo no Pré-sal e todos os benefícios econômicos e sociais desta exploração.

Figura 71 - Evolução do Preço do Petróleo tipo *Brent*



FONTE: Autores baseados no BACEN - ZH.

Os países reunidos na OPEP<sup>7</sup> (Organização dos Países Produtores de Petróleo) aprovaram a redução do preço do barril a esses níveis. Todavia, o barril de petróleo havia chegado ao maior valor de sua história, justamente por um movimento daqueles países produtores reunidos na OPEP com o petróleo tipo *Brent* alcançando, na Bolsa Mercantil de Nova York, a incrível marca de US\$ 121,84 (ver figura 46). Por que chegou a níveis tão baixos em 2015? Por que os países produtores, para poupar suas reservas, limitaram a produção fazendo, assim, elevar preço, e agora liberaram a produção forçando o preço a cair a esses níveis? Para responder essa pergunta, vamos lembrar alguns conceitos e fatos da atualidade nos próximos capítulos.

## **XI.2 – ALGUNS CONCEITOS BÁSICOS**

A base material para a existência do homem é a natureza, de onde o homem retira os vários Recursos necessários à sua sobrevivência. Um Recurso é tudo que o homem pode utilizar. O Recurso Natural é o Recurso obtido do Meio Ambiente. Portanto, os Recursos Naturais são todos os bens produzidos pela natureza. Existem várias classificações dos Recursos Naturais, a que serve melhor ao nosso propósito é aquela que os classifica em Renováveis e Não Renováveis. Os Renováveis são aqueles que não se esgotam, ou seja, são capazes de se auto renovar considerando um horizonte de tempo humano (a energia solar, o ar, a água e os vegetais). Os Não-renováveis são aqueles que, uma vez esgotados, não mais se renovam, ou seja, são recursos finitos. Por exemplo: o petróleo, o carvão mineral, o ferro, o ouro e o urânio. O petróleo é um Recurso Finito, Não Renovável e que estará disponível por mais 40 anos, considerando as condições atuais de disponibilidade e consumo, segundo projeções da Agência Nacional de Petróleo (ANP, BRASIL, 2015).

A referência internacional mais utilizada na comercialização do óleo cru é o petróleo tipo *Brent*. Este tipo é uma mistura de petróleos produzidos no mar do Norte (plataforma de petróleo de nome *Brent*

---

7 Fazem parte da OPEP os seguintes países: Argélia, Angola, Equador, Irã, Iraque, Kuwait, Líbia, Nigéria, Catar, Arábia Saudita, Emirados Árabes Unidos e Venezuela.

*Spar da Shell*), com grau API de 39,4° e teor de enxofre de 0,34%. O Grau API é uma escala utilizada para medir a densidade relativa de líquidos de modo que quanto maior a densidade, menor o grau API.

O óleo cru tem, em peso, aproximadamente 83 a 87% de Carbono, 11 a 14% de Hidrogênio, 0,11 a 1,7% de Nitrogênio, 0,06 a 8% de enxofre, 0,1 a 2% de Oxigênio e até 0,3% de Metais (BARCZA, 2015). O Carbono se mistura com o Hidrogênio e, dessa mistura, forma as parafinas, naftenos e asfaltenos. Os metais mais comuns são o ferro, zinco, cobre, chumbo, vanádio, cromo, sódio e níquel que se apresentam na forma de sais orgânicos, além de outros de menor importância (BARCZA, 2015).

Uma *commodity* é uma mercadoria que é comercializada com pouco ou nenhum processamento de transformação e que pode ser estocada por um determinado período de tempo sem que haja perda de qualidade e características originais. Podemos citar como exemplo os produtos agrícolas (frutas, cereais, suco de frutas etc.), minérios (petróleo, concentrado de scheelita, tantalita cobre etc.), entre outros.

As *commodities* são negociadas nas Bolsas de Valores. Essas instituições negociam mercadorias, ações de empresas, entre outros valores, através de sistemas eletrônicos. Cada país tem a sua Bolsa e lá definem o preço das *commodities* tendo por base, entre outros fatores, a oferta e a procura pelo produto em questão. No mundo globalizado, o desempenho de determinada *commodity* ou empresa na Bolsa de um país, influencia a Bolsa de todos os países do mundo. Quando existe uma procura grande por um produto e ele está escasso, o seu preço tende a aumentar. O contrário ocorre quando existe uma grande disponibilidade de uma determinada mercadoria e a procura por ela é pequena – o preço desta mercadoria baixa. Os países, geralmente os maiores produtores de uma determinada *commodity*, podem ofertar grande quantidade dela para forçar o preço a cair ou conter a produção do produto para aumentar a procura e o preço subir.

As Bolsas de Valores mais importantes do mundo, segundo o site Top10 são: Austrália (ASX em Sidney), Alemanha (*Frankfurter Wertpapierbörse* em Frankfurt), Canadá (TSX, Toronto), China (*China Securities Regulatory Commission*, a CSRC, Bolsa de Valores de Xangai), China (Bolsa de Valores de Hong Kong), Portugal (bolsa de valores de Lisboa, a *Euro-*

*next*), Reino Unido (LSE, *London Stock Exchange*, Londres), Japão (Bolsa de Valores de Tóquio), Estados Unidos (NASDAQ - *National Association of Securities Dealers Automated Quotations*, Nova Iorque) e Estados Unidos (NYSE, também em Nova Iorque).

A unidade comercial de medida do petróleo, como ele é negociado nas bolsas de todo o mundo, é o barril. Um barril equivale a 150 litros de petróleo. O petróleo tipo *Brent* teve seu maior preço histórico a US\$ 121,84/barril ou a USD 121,84/150 o que daria USD 0,0856/litro. Nessa época, os países produtores praticavam cotas limitadas e a oferta era pequena, conforme já mencionamos. Além da oferta e da procura, outros fatores influenciam o preço do óleo cru, como o teor de enxofre (quanto maior o teor desse elemento mais barato é o óleo), grau API, entre outros.

### **XI.3 - MATRIZ ENERGÉTICA**

Toda a energia colocada à disposição para o consumo é denominada, conjuntamente, de Matriz Energética. Essa energia pode ser utilizada na indústria para ser consumida pelos meios de produção, em residências, veículos automotivos, nas diferentes alternativas de lazer e conforto humano, entre outros. Os recursos energéticos referem-se à disponibilidade de fontes de energia que uma determinada região possui, podendo ser renováveis (vento para geração de energia eólica, sol para geração de energia solar, energia geotérmica, biomassa etc) ou não renováveis (petróleo, gás, carvão mineral, minerais radioativos para produção de energia nuclear entre outras).

A matriz energética do mundo depende fortemente dos hidrocarbonetos, representando mais da metade da energia primária consumida. Aproximadamente 32% do consumo energético primário global provém do petróleo. Sem energia, o desenvolvimento econômico e social fica comprometido. Isso estabelece uma forte dependência dos países produtores de petróleo. Fica fácil entender, desta forma, a importância estratégica desta fonte de energia para todas as nações.

Se considerarmos todos os combustíveis orgânicos fósseis e não fósseis (petróleo, gás natural, carvão mineral e biomassa), a dependência ultrapassa os 80%, sendo 86,4% nos EUA e de 61% no Brasil (BRASIL,

2015). As fontes de energias não renováveis (petróleo, gás natural, carvão mineral e energia nuclear) são a base da matriz energética mundial.

#### **XI.4 – FONTES ALTERNATIVAS**

Desde muito tempo os países dependentes de petróleo tentam diminuir a dependência da OPEP. As principais razões são questões de estratégias políticas, o preço bastante elevado e a instabilidade política no Oriente Médio, uma região em constante conflito.

Por estes motivos, cada vez mais tem-se investido na pesquisa e busca de Fontes Alternativas de energia. O foco é a busca de fontes de energia renovável, tendo em vista que o petróleo e outras fontes de energia não-renováveis tendem a acabar e elevar seu preço quando sua oferta for escassa.

Para geração de energia elétrica, a Energia eólica, Energia Solar e Energia Nuclear estão sendo utilizadas com grande sucesso.

A Matriz Elétrica Brasileira iniciou o mês de setembro de 2015 com a capacidade instalada 138,92 GW, sendo as fontes renováveis responsáveis por 112,52 GW, ou 81% da capacidade de produção brasileira. A fonte hidrelétrica com capacidade instalada de 85,6 GW (61,6%), Biomassa 13,0 GW (9,4%), Eólica 7,1 GW (5,1%), Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCH 4,8 GW (3,5%), Nuclear 2,0 GW (1,4%) e Fonte Fotovoltaica 0,015GW (0,01%) (ABEEÓLICA/ANEEL, 2015). Entretanto, a Produção Média (diária) brasileira foi de 61,35 GW, sendo a Hidrelétrica responsável por 39,5 GW (64,4%), PCH 2,0 GW (3,3%), Térmica (Fóssil, Biomassa, Biogás, Biocombustíveis, Solar e Termonuclear) 16,9 GW (27,5%) e Eólica 3,0 GW (4,9%) (CCEE, 2015). No Brasil, cada vez mais existem investimentos neste setor. A capacidade instalada de geradores eólicos é de 7,07 GigaWatts e a emissão evitada de CO<sub>2</sub> é de 12.522.293 Toneladas/ano. Em contrapartida, a energia solar ainda é pouco explorada, tendo capacidade instalada de apenas 15MW (ABEEÓLICA, 2015), mas temos um grande potencial devido a insolação média anual ser extremamente alta.

Para veículos automotivos, os combustíveis à base de petróleo são praticamente exclusivos. O Brasil optou por substituir a gasolina pelo álcool através do Decreto nº 76.59314 de 14 de Novembro de

1975 (BRASIL, 1975). Os preços relativamente baixos do petróleo e o aumento do preço do açúcar no mercado internacional fizeram com que o Brasil desistisse dessa interessante alternativa por um longo período. Recentemente houve um pequeno ressurgimento devido ao desenvolvimento dos motores bicombustíveis, mas o preço do etanol ainda é uma barreira para um maior consumo. Para motores a Diesel também foi desenvolvido o biodiesel (combustível a base de óleo vegetal) que começa a entrar no mercado. O gás GNV (Gás Natural Veicular) também é utilizado com grande adesão, especialmente por taxistas e pessoas que utilizam bastante o carro. As baterias de lítio começam a ser testadas, mas os carros ainda são muito caros e a duração da carga dessas baterias é bastante limitada.

Todavia, nenhuma dessas fontes alternativas foi capaz de ameaçar o mercado do petróleo, uma vez que as fontes alternativas estudadas estavam focadas na geração de energia elétrica. Até que os Estados Unidos começaram a pesquisar e produzir óleo de ardósia e folhelho, traduzido para o português, erroneamente, como óleo de xisto. O xisto é uma rocha metamórfica formada a altas temperaturas (T) e pressão (P) de forma que o óleo existente teria sido consumido pelas condições de T e P. A ardósia também é uma rocha metamórfica, mas formada em baixas condições de temperatura.

## **XI.5 - FRACKING**

Já foi mencionado em outros capítulos que, para que haja acumulação de petróleo e gás, conforme ele é usualmente explorado pela indústria petrolífera, além da presença de matéria orgânica é necessária a existência de rocha geradora, rocha reservatório e rocha selante. É imprescindível, também, que atuem processos geológicos de formação de armadilhas, ou trapas, onde ficará a acumulação, a sobrecarga e a migração dos hidrocarbonetos da rocha geradora até a rocha reservatório.

O petróleo e o gás são gerados em rochas geradoras, principalmente os folhelhos (rochas de granulometria fina e laminável), chamada, erroneamente pela imprensa nacional, de xisto fino ou simplesmente xisto. Outros tipos de rochas geradoras são mencionados na literatura, tais como calcários (calcilitos), siltitos e argilitos. A migração dos

hidrocarbonetos para a rocha reservatório (geralmente rocha porosa – por exemplo, arenito) leva de milhares a milhões de anos. O petróleo é então extraído da rocha reservatório das formas conhecidas.

Para fugir da dependência externa, alguns países passaram a investir na exploração do óleo existente na camada geradora, se antecipando ao processo geológico, que levaria milhões de anos para que se processasse a migração de óleo da camada geradora para a camada reservatório.

O Quadro 1 a seguir, adaptado de Rocha et al (2013), apresenta as principais reservas de gás e petróleo em rocha geradora. O Brasil se apresenta em décimo lugar em termos de reservas de gás e não está entre os dez primeiros quando o *ranking* é das reservas de óleo (ver Quadro 1).

Quadro 1: Principais Reservas Mundiais de Gás e Petróleo em Rocha Geradora

<b>GÁS NATURAL</b>			<b>ÓLEO</b>		
RANKING	PAÍS	PÉS CÚBICO*	RANKING	PAÍS	BARRIS**
1º	China	1.115	1º	Rússia	75
2º	Argentina	802	2º	USA	58
3º	Argélia	707	3º	China	32
4º	USA	665	4º	Argentina	27
5º	Canadá	573	5º	Líbia	26
6º	México	545	6º	Austrália	18
7º	Austrália	437	7º	Venezuela	13
8º	África do Sul	390	8º	México	13
9º	Rússia	285	9º	Paquistão	9
10º	Brasil	245	10º	Canadá	9

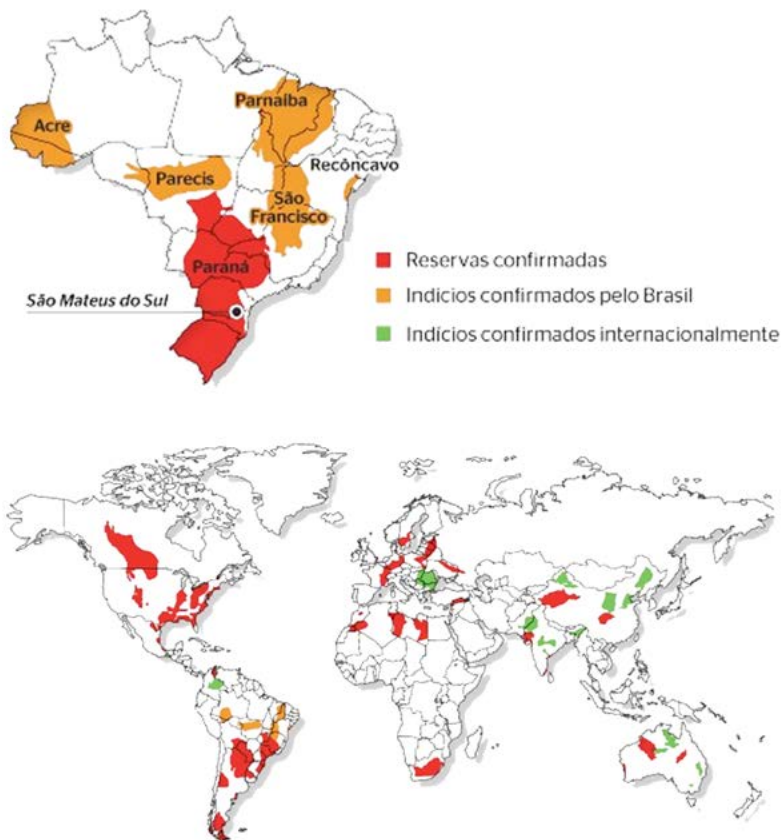
(\*) Trilhões; (\*\*) Bilhões.

FONTE: Rocha et al (2013) – Dados atualizados em junho de 2013.

Este ranqueamento do Brasil se deve, principalmente, ao desconhecimento geológico das reservas existentes no país, uma vez que o Quadro 1 considera apenas as reservas provadas em camada geradora. Esse tipo de ocorrência tem registro em todo o mundo, conforme

ilustrado na figura 47. Os principais estados Brasileiros que possuem reservas de óleo e gás na camada geradora estão localizados no sul e sudeste, com destaque para São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina, Mato Grosso e Goiás. A maior reserva situa-se no Paraná em São Mateus do Sul.

Figura 72: Localização das reservas de óleo e gás em rocha geradora.



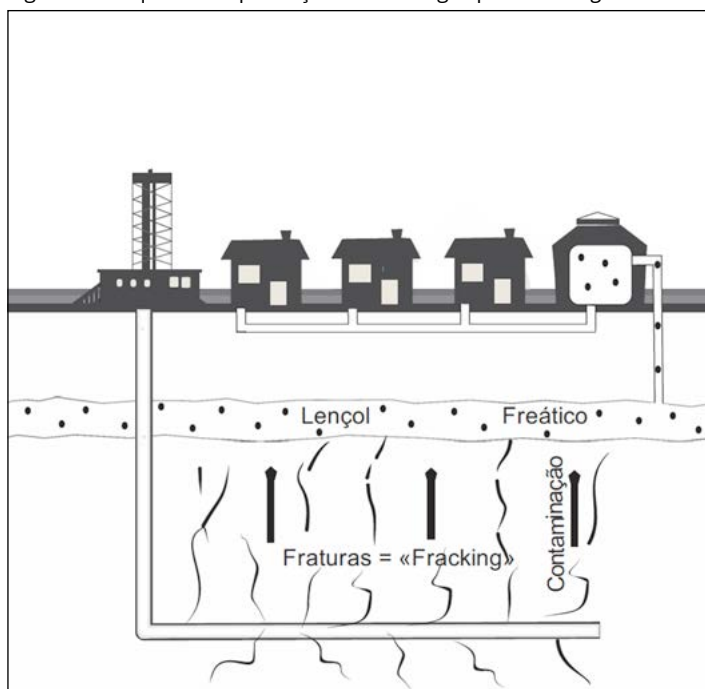
FONTE: adaptado de <http://revistaepoca.globo.com/ideias/noticia/2013/05/6-respostas-sobre-rocha-que-substitui-o-petroleo.html>.

O nome do processo de extração do óleo e gás na camada geradora é *Fracking* e se constitui na perfuração, com máquinas de sondagem, e posterior fraturamento hidráulico (*fractures* de onde vem o nome



*fracking*) provocado por explosivos colocados na abertura feita pela sondagem. Essas fraturas têm por objetivo ser o duto por onde o óleo e o gás irão “fluir” para serem recuperados pelos equipamentos introduzidos pela sondagem (figura 48). O mecanismo de funcionamento é o bombeamento, para dentro do poço feito pela sondagem, de uma mistura de água com produtos químicos e areia sob alta pressão para criar fissuras na rocha geradora e acessar os locais onde existem petróleo e gás, liberando-o e bombeando-o até a superfície.

Figura 73: Esquema de produção de óleo e gás por “Fracking”.



FONTE: Adaptado de <http://goldenageofgaia.com/2015/06/08/special-edition-fracking-really-is-not-safe/>.

Nos Estados Unidos da América (USA), o processo de extração de óleo e gás através do *Fracking* está sendo utilizado há mais de dez anos, mas o tema ganhou destaque na mídia após a constatação de que o país será autossuficiente em 2035, segundo o relatório “*World Energy Outlook* em relatório de 2012” (IEA, 2012), confirmado pelo relatório

“BP Energy Outlook 2035” (BP, 2015). Atualmente são mais de 20 mil poços em operação nos USA que produzem mais de 30% da energia consumida pelos norte-americanos, com projeções para alcançar 50% nos próximos anos. Os impactos positivos são elencados pelo governo que estimula a produção de gás por ser este o menos poluente dos combustíveis fósseis, diminuindo as emissões de gases do efeito estufa. Isso se torna mais importante naqueles países que utilizam o carvão e petróleo para produzir energia, como era o caso norte-americano. Por outro lado, os EUA se beneficiam política e economicamente, uma vez que as importações de petróleo foram drasticamente reduzidas contribuindo para a queda nos preços do petróleo no mercado internacional e diminuindo a dependência de fornecedores não muito simpáticos ao seu modelo político-econômico como Irã, Venezuela, Rússia, entre outros.

Se a redução das emissões dos gases de efeito estufa é um dos impactos ambientais positivos, existem impactos negativos importantes ao meio ambiente que se contrapõe àqueles positivos. O processo de extração *Fracking* produz fraturas e fissuras fora de controle e estas podem atingir o lençol freático, contaminando a água e provocando doenças e até a morte de homens e animais. Vídeos na internet mostram o efeito devastador deste modo de produção, sendo inúmeros os casos onde o metano escapa pelas fissuras e atinge o lençol freático, cuja água é consumida pela população. Se consegue atear fogo na água assim contaminada. Os compostos químicos injetados no poço, junto com a água e areia, podem contaminar as águas subterrâneas, o solo e o ar, uma vez que, dependendo do tipo de fraturamento necessário à produção, podem ser injetados ácidos (clorídrico, cítrico e acético), carbonatos, butoxietanol etilenoglicol, poliacrilamida, sais de boro, Glutaraldeído, metanol, álcool isopropílico, entre outros menos citados na literatura especializada. Finalmente são mencionados tremores provocados pelos fraturamentos artificiais que causam desconforto para a população do entorno e rachaduras em imóveis.

Os ambientalistas de entidades ambientais de todo o mundo se posicionam contrários ao *Fracking* e realizaram protestos tantos nos

EUA, quanto na Europa e na Baixa Saxônia quando a *ExxonMobil* solicitou licença para a perfuração de poços de *fracking*.

## **XI.6 - RESPONDENDO ÀS QUESTÕES INICIAIS**

Por que o preço do petróleo chegou a níveis tão baixos em 2015? Por que os países produtores, para poupar suas reservas, limitaram a produção fazendo, assim, elevar preço, e agora liberaram a produção forçando o preço a cair a esses níveis?

Os Estados Unidos era um dos principais importadores de petróleo, o que tornava a oferta do produto menor que a procura. Com a produção de óleo, através do *Fracking*, os EUA reduziram sobremaneira as suas importações aumentando a oferta do produto no mercado e forçando o preço para baixo. Os países reunidos na OPEP, visando inviabilizar a produção de óleo por *Fracking*, forçaram ainda mais os preços para baixo. Essas duas tendências deixaram o preço naqueles patamares alarmantes que prejudicaram a economia de países que dependem das vendas do petróleo para dinamizar suas economias, retardaram investimentos de empresas tradicionais e de *Fracking*, com reflexos na produção do pré-sal.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Decreto nº 76.593, de 14 de Novembro de 1975. **Senado Federal**. Secretaria de Informação Legislativa, Brasília, 1975.

BRASIL. **Resenha Energética Brasileira Ministério de Minas e Energia Exercício de 2014**. Edição de junho de 2015.

BRASIL. **Planeta Sustentável ANP Agência Nacional do Petróleo**. [http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/energia/conteudo\\_280677.shtml](http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/energia/conteudo_280677.shtml), 2015.

BARCZA, Marcos Villela. **Processos Químicos Industriais III**. Sistemas, EEL.USP. Disponível em <http://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/1285870/313/Petroleo.pdf>, acessado em 24/09/2015.

ROCHA. Gisele Olímpio da; ANDRADE, Jailson Bittencourt de; GUARIEIRO, Aline Lefol Nani; GUARIEIRO, Lílian Lefol Nani; RAMOS, Luiz Pereira. **Química sem fronteiras: o desafio da energia**. Quim. Nova. Vol. 36, No. 10, 1540-1551, 2013.

IEA International Energy Agency. **IEA PUBLICATION**. WORLD ENERGY OUTLOOK 2012. Disponível em <http://www.iea.org/publications/free-publications/publication/portuguese.pdf>

BP. Energy Outlook 2035. BP p.l.c. . 2015. Disponível em February 2015. [http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/energy-outlook-2015/Energy\\_Outlook\\_2035\\_booklet.pdf](http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/energy-outlook-2015/Energy_Outlook_2035_booklet.pdf).

ABEElétrica – **Associação Brasileira de Energia Eólica**. Boletim Setembro 2015. Disponível em <http://www.portalabeeolica.org.br/index.php/dados.html>.

CCEE – **Câmara Comercial de Energia Elétrica**. InfoMercado Semanal – 053 – 5ª Semana – Setembro/2015, disponível em <http://www.ccee.org.br/>

[portal/faces/pages\\_publico/o-que-fazemos/infomercado?aba=aba\\_info\\_pld&\\_afzLoop=227005856663062#%40%3Faba%3Daba\\_info\\_pld%26\\_afzLoop%3D227005856663062%26\\_adf.ctrl-state%3D14eblxqgz5\\_124](http://portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/infomercado?aba=aba_info_pld&_afzLoop=227005856663062#%40%3Faba%3Daba_info_pld%26_afzLoop%3D227005856663062%26_adf.ctrl-state%3D14eblxqgz5_124)

## **Internet**

DOLAR HOJE, Disponível em <http://www.dolarhoje.com.br/valor-do-barril-de-petroleo>

ACIONISTA.COM.BR, Disponível em [http://www.acionista.com.br/graficos\\_comparativos/petroleo\\_mensal.htm](http://www.acionista.com.br/graficos_comparativos/petroleo_mensal.htm)

YOU TUBE, Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=aqOem-NeoXtw>

JORNAL ALERTA, Disponível em <http://www.alerta.inf.br/congressodos-eua-revela-segredos-quimicos-do-fracking/>



As atividades editoriais do que hoje denominamos Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN, iniciaram em 1985, no contexto de funcionamento da ETFRN. Nesse período, essas atividades limitavam-se a publicações de revistas científicas, como a revista ETFRN, que em 1999 tornou-se a revista Holos.

Em 2004, foi criada a Diretoria de Pesquisa, atual Pró-reitoria de Pesquisa e Inovação, que fundou, em 2005, a Editora do IFRN. A Editora nasceu do anseio dos pesquisadores da Instituição que necessitavam de um espaço mais amplo para divulgar suas pesquisas à comunidade em geral.

Com financiamento próprio ou captado junto a projetos apresentados pelos núcleos de pesquisa, seu objetivo é publicar livros das mais diversas áreas de atuação institucional, bem como títulos de outras instituições de comprovada relevância para o desenvolvimento da ciência e da cultura universal, buscando, sempre, consolidar uma política editorial cuja prioridade é a qualidade.



**INSTITUTO  
FEDERAL**  
Rio Grande  
do Norte

### **MÁRIO TAVARES DE OLIVEIRA CAVALCANTI NETO**

é geólogo, doutor em Recursos Naturais, professor do IFRN desde fevereiro de 1987, ensinando disciplinas relacionados aos cursos Técnico de Geologia, Licenciatura em Geografia e Mestrado em Uso Sustentável de Recursos Naturais. É autor do livro “Noções de Prospecção e Pesquisa Mineral para Técnicos de Geologia e Mineração”, organizador do livro “O Petróleo e as Profissões Vinculadas”, líder do Grupo de Pesquisa Mineral do IFRN, tendo desenvolvido projetos financiados pelo CNPq, FINEP e PROPI.



Esse livro, *“Petróleo e Gás: Noções Básicas para Alunos do Ensino Médio”*, juntamente com o livro *“O Petróleo e as Profissões Vinculadas”*, é parte integrante do “Programa de Divulgação e Promoção de Atividades Tecnológicas do Setor de Petróleo & Gás junto a Alunos da Rede de Ensino Médio do Rio Grande do Norte (PETROTEC)”, financiado pela FINEP (Financiadora de Estudo e Projetos). Esse projeto tem por objetivo despertar vocações e direcionar mais e melhores estudantes para o setor.

*“Petróleo e Gás: Noções Básicas para Alunos do Ensino Médio”* apresenta não só algumas ações desenvolvidas pela equipe do PETROTEC, como as principais características do trecho Natal / Macau, passando por Guamaré e João Câmara, rota principal das aulas práticas de campo realizadas com os alunos do Ensino Médio da rede de Estadual do RN. Para atingir esses objetivos este livro foi elaborado em 11 capítulos, sendo o primeiro uma descrição sobre as ações do PETROTEC nas escolas de ensino médio, desde palestras, aulas práticas de laboratório, exposições em feiras, até visitas de campo a poços petrolíferos e refinaria. Para aproveitar melhor as viagens e oportunizar maior conhecimento aos alunos da rede estadual, foi inserido, no conteúdo das práticas de campo, alguns aspectos da fisiografia e da socioeconomia.

Com isso esperamos tratar a nível introdutório algumas questões que ensejarão no despertar vocações de mais e melhores estudantes para o setor petrolífero.

