

POTENCIAL INOVADOR DAS PESQUISAS DE SISMOLOGIA: ESTUDO DA APLICAÇÃO DA INTERFEROMETRIA SÍSMICA PARA IMAGEAMENTO 4D

Julia Alanne Silvino dos Santos¹ Marcelo dos Santos Vieira¹ Lenise Souza Cardoso de Andrade¹
Heloyza Helena Nunes de Oliveira² Zulmara Virgínia de Carvalho²

¹Bacharelado em Ciências e Tecnologia - Escola de Ciências e Tecnologia
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN – Natal/RN – Brasil
juliaalanne@ufrn.edu.br; marcelo4@ufrn.edu.br; lenise.andrade@live.com

²Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Inovação - PPgCTI
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN – Natal/RN – Brasil
heloysooliveira@ufrn.edu.br; zulmara@ect.ufrn.br

Resumo

O processo de aquisição Sísmica é uma ciência derivada da sismologia e é conceituada para estudos de delimitação de campos petrolíferos. Os avanços feitos ao longo dos anos, demonstram o interesse e necessidade de estudos nessa área, visto que aumentam a certeza de onde deve-se perfurar os poços de petróleo. Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivo abordar a respeito do imageamento sísmico 4D e sua trajetória histórica, além disso fazer uma análise do cenário científico-tecnológico da pesquisa científica da UFRN. Dentro desse propósito, foram realizadas pesquisa exploratória acerca da trajetória histórica, análises de prospecção científico-tecnológica sobre o tema, e nível de maturidade tecnológica do projeto acadêmico.

Palavras-chave: sísmica; imageamento; prospecção; pesquisa acadêmica.

1 Introdução

A dificuldade em transformar produção acadêmica em ativo econômico se constitui uma realidade vigente no país, e essa característica é evidenciada pelas limitações na relação governo - universidade - empresa. Segundo Rapini (2007), até os anos 1970, os programas governamentais voltados à redução da dependência tecnológica externa acabaram por privilegiar a entrada da tecnologia estrangeira e o estabelecimento de multinacionais nos setores mais sofisticados. Aumentando desse modo o consumo de tecnologia exógena, e dificultando a relação universidade - empresa no Brasil.

De acordo com Vedovello (1998), a cooperação entre universidades e empresas é capaz de gerar benefícios tanto para os participantes diretos da interação quanto até mesmo para o país, pois promove melhoria na competitividade de sua indústria. Para Puffa et. Al (2012), a interação universidade- empresa, tem como objetivo a produção de tecnologia endógena com o intuito de maximizar o crescimento econômico do país.

Desse modo, para transformar uma produção acadêmica em ativo econômico a interação universidade - empresa se constitui um instrumento crucial para o desenvolvimento mútuo entre as partes quando incentivadas pelas políticas de inovação do país. Entretanto, a relação Universidade - Empresa no Brasil ainda possui uma série obstáculos que dificultam essa interação.

Alves (2015) afirma que, grande parte desses desafios a serem superados por Instituições de Ensino Superior (IES) são: a falta de estímulo ao empreendedorismo e ao desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços; pouca interação das empresas com o mercado; proposição de soluções como obstáculos encontrados na indústria e em outros setores economicamente ativos e gestão e proteção do conhecimento.

De acordo com Rodrigues (2016), a aquisição sísmica consiste em uma ciência derivada da sismologia e é conceituada para estudos de fenômenos naturais como terremotos. No entanto, ao longo do tempo os sismologistas, descobriram que as ondas sísmicas produzidas por um terremoto continham importantes informações, em larga escala, sobre a estrutura do interior da Terra. Conforme Santos (2013), os Sismologistas e geólogos também descobriram que de uma forma similar, às ondas sísmicas geradas pelo homem poderiam ter uso mais prático: elas poderiam pesquisar a estrutura mais superficial da terra com o objetivo de ajudar a localizar minerais, água e recursos de hidrocarbonetos. A partir de então essa tecnologia começou a ser explorada de forma significativa.

Além disso, Silva Júnior (2017), os sismógrafos são responsáveis pela produção de sismogramas onde se registram os tempos de chegada e as amplitudes dos vários tipos de ondas sísmicas. De acordo com Onip (2003), sua cadeia produtiva composta por fabricantes e fornecedores de bens – equipamentos, componentes e materiais. Entre outros serviços relacionados como por exemplo: instituições de ensino e pesquisa, geofísicos, ambientalistas, entre outros.

Dessa forma, estudos nessa área são relevantes não só devido seu potencial para melhorar a aquisição de dados, mas também devido sua importância nos campos de petróleo. De acordo com Onip (2003), a partir de 1999, a Agência Nacional do Petróleo – ANP passou a realizar leilões anuais para a concessão de exploração de petróleo em áreas geograficamente definidas do território nacional.

Portanto, de acordo com Onip (2003), dentre as informações essenciais para que os interessados pudessem avaliar o potencial de sucesso exploratório de cada área, destacam-se os dados de levantamentos de sísmica e de outras técnicas geofísicas. Nesse sentido, faz-se necessário o avanço contínuo desses estudos com o objetivo de obter inovações tecnológicas consideráveis para esse setor.

É no contexto dessas duas temáticas que o presente trabalho tem por objetivo fazer uma análise científica-tecnológica a respeito do imageamento sísmico, analisando o potencial inovador da pesquisa científica da UFRN que tem por título: **IMAGEAMENTO PASSIVO 4D OFFSHORE UTILIZANDO INTERFEROMETRIA SÍSMICA**.

2 Histórico do Imageamento Sísmico

O processo de desenvolvimento de métodos para a obtenção de imagens sejam essas 2D,3D ou 4D vem sendo aprimorado ao longo do tempo. De acordo com Aguiar (2019), uma das primeiras formas de expressar um imagem foi vista na caverna de Lascaux e com o avanço das tecnologias, os métodos utilizados para obtenção de imagens foram aprimorados, sendo transformados em imagens com várias dimensões.

Além disso, essa tecnologia passou a ser usada para as mais diversas finalidades desde a sua utilização para obter imagens do bebê ainda no útero da mãe, como o ultrassom, até a sua utilização para aquisição da sísmica. Com a obtenção de imagens, o desenvolvimento da sísmica possibilitou avanços significativos na área. Houve avanços nos métodos sísmicos desde o início de sua aplicação à exploração de petróleo nas primeiras décadas do século 20 (SANTOS, 2018).

Os levantamentos sísmicos eram quase que exclusivamente 2D até meados da década de 80, utilizados predominantemente na fase exploratória e secundariamente no suporte a exploração, na interpolação de dados entre poços. Desde então, tornou-se efetiva a utilização das técnicas de aquisição 3D, cujos resultados iniciais revelaram melhores imagens, permitindo maior definição no mapeamento de reservatórios, inclusive aqueles considerados de menor escala como conjuntos de pequenos canais, falhas e fraturas (SANTOS, 2018).

Desse modo, o processo de transformação da ciência do imageamento sísmico 3D em negócios tecnológicos se deu a partir da EXXON Production Research, empresa multinacional de petróleo e gás, que efetuou as primeiras experiências de sísmica 3D, ainda em 1963. Os resultados obtidos foram divulgados no Congresso Anual da SEG em 1970, assim como na revista *Geophysics* de junho de 1979 (ONIP, 2003).

As técnicas 3D são hoje utilizadas em todo o mundo tanto na fase de exploração quanto, e principalmente, nas fases de delimitação e desenvolvimento dos campos. As técnicas 3D, apesar dos seus altos custos tornam-se extremamente atrativas por resultarem em redução do número de poços necessários e em uma locação mais eficaz (ONIP, 2003).

O avanço da técnica para a sísmica 4D, permite uma modelagem nos levantamentos sísmicos dos reservatórios passarem a associar ao modelo 3D a propagação das ondas sísmicas e seus impactos nos reservatórios. Possibilitando que os demais fatores como: mineralogia, propriedades das rochas, dos fluidos e dos fatores ambientais também fizessem parte do modelo (SCHIOZER; RISSO, 2008).

3 Referencial Teórico

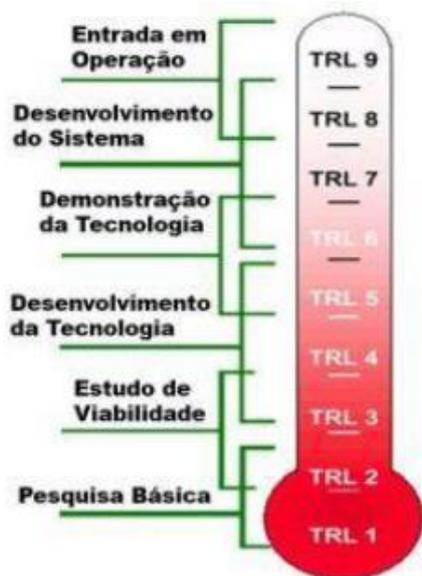
3.1 Prospecção Tecnológica

Para Mayerhoff (2008), a Prospecção Tecnológica pode ser definida como “um meio sistemático de mapear desenvolvimentos científicos e tecnológicos futuros capazes de influenciar de forma significativa uma indústria, a economia ou a sociedade como um todo”.

3.2 *Technological Readiness Level*

De acordo com a NASA (2012), *Technological Readiness Level*- TRL (ou Nível de Maturidade Tecnológica) é um tipo de sistema de medição usado para avaliar o nível de maturidade de uma determinada tecnologia. Cada projeto de tecnologia é avaliado em relação aos parâmetros de cada nível de tecnologia e, em seguida, é atribuída uma classificação TRL com base no progresso do projeto. Existem nove níveis de maturidade tecnológica. O TRL 1 é o mais baixo e o TRL 9 é o mais desenvolvido.

Figura 1: “Technological Readiness Level”- TRL(NASA)



Fonte: NASA (2014).

4 Metodologia

A metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa deu-se a partir de pesquisas exploratória bibliográfica relacionadas ao tema que deram embasamento para o desenvolvimento do trabalho. A análise dos dados coletados por meio da plataforma de identificação de patentes Espacenet para o estudo prospectivo, na busca de patentes que aplicam a técnica, permitiu constatar a existência de 68 patentes registradas, onde 19 estavam em PCT (*Patent Cooperation Treaty* - tratado internacional de internacionalização de patentes). Também foi realizado um estudo prospectivo no Google Patents, para verificar as patentes depositadas no Brasil (ver resultados na Tabela 1).

No google trends foram pesquisadas as palavras “geociência ” e “sismologia”, objetivando obter resultados acerca das regiões que mais pesquisam a respeito dessas palavras.

Tabela 1 – Palavras-Chave e Resultados da Prospecção

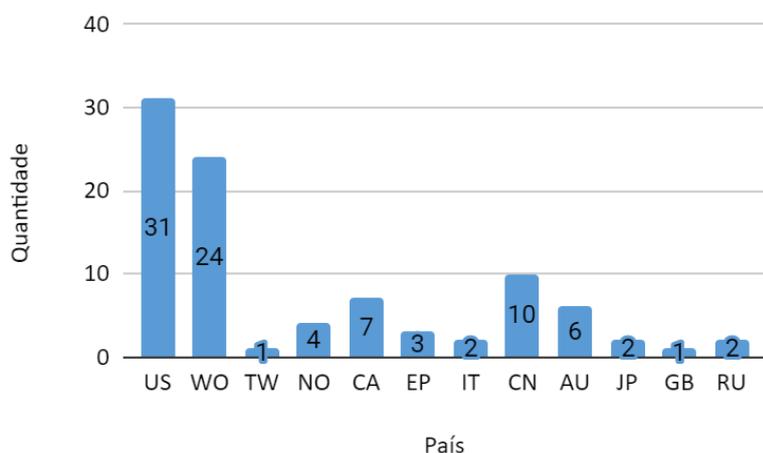
Plataforma	Palavras-Chave	Resultados
Espacenet	“nftxt = "SEISMIC" AND nftxt = "INTERFEROMETRY" AND nftxt = "4d"”	68
Google Patents	(Interferometria Sísmica 4D) country:BR	3

Fonte: Autores (2019)

5 Estudo Prospectivo Científico-Tecnológico

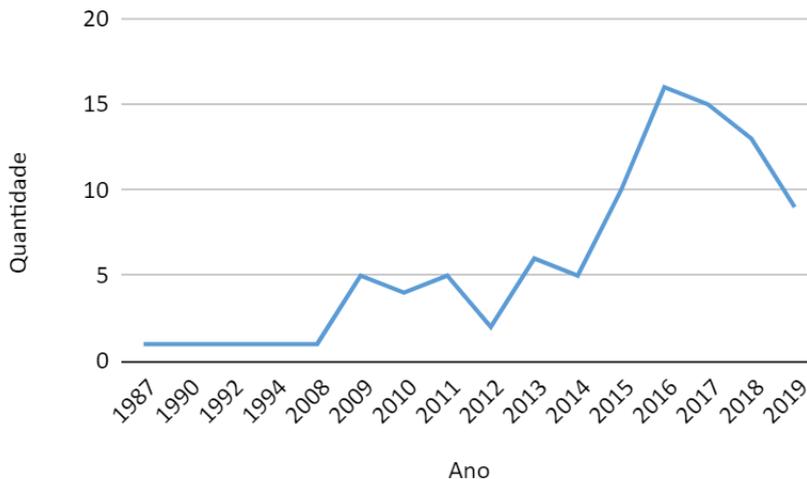
Os resultados da busca prospectiva apontam o Estados Unidos da América como principal player patentário dessa técnica com 31 patentes registradas. Seguido da Organização Mundial de Propriedade Intelectual com 24 e o Canadá com 10, como é possível observar no Figura 2. Também é possível observar na Figura 3, que o pico depósitos de patentes ocorreu no intervalo de 2014 a 2018.

Figura 2 - Distribuição Mundial De Patentes Registradas - Interferometria Sísmica



Fonte: Adaptado do Espacenet, 2019.

Figura 3 - Distribuição Mundial De Patentes Registradas – Linha do Tempo



Fonte: Adaptado do Espacenet, 2019.

Na Prospecção Tecnológica realizada no Google Patentes, verificado o escritório brasileiro, foi possível identificar apenas 4 patentes brasileiras que correspondem aos termos de buscas "Interferometria Sísmica 4D". Com destaque ao indicador que no ranking dos maiores depositantes que em sua totalidade são empresas estrangeiras, ver Figura 4.

Figura 4 - Ranking Depositantes de Patentes: Interferometria Sísmica 4D



Fonte: Google Patentes (2019).

6 Estudo de caso da pesquisa: O Imageamento Passivo 4D Offshore Utilizando Interferometria Sísmica

A pesquisa científica da UFRN, que é objeto de estudo do trabalho, tem o título "IMAGEAMENTO PASSIVO 4D OFFSHORE UTILIZANDO INTERFEROMETRIA SÍSMICA" e é executada no departamento de geofísica da instituição. Esta tem como grande área de pesquisa: Ciências Exatas e da Terra; área: geociência; subárea: geofísica e especialidade em sismologia.

Para o desenvolvimento da pesquisa, registros contínuos com amostragem de 2 ms em 702 sensores OBC 4C (geofones 3C + hidrofones 1C) foram coletados num campo offshore abrangendo uma área de aquisição de aproximadamente 3 km². Desse modo, no projeto são testadas as técnicas

de interferometria sísmica para o processo de imageamento da subsuperfície deste campo e monitoramento das mudanças de velocidade induzidas pela produção neste campo.

De acordo com a descrição do projeto de pesquisa da UFRN, seu objetivo é avaliar o uso de técnicas de Interferometria Sísmica de ruído ambiente para a detecção de mudanças de parâmetros cinéticos (velocidade de propagação de onda) em subsuperfície em um reservatório offshore em produção.

O imageamento e monitoramento da produção em campos de petróleo é geralmente feito através de levantamentos de sísmica 3D e 4D ativas. Estes tipos de aquisições tem vantagens (razoáveis) controle das posições das fontes sísmicas e também um tempo de execução relativamente curto.

Entretanto, os custos envolvidos num levantamento 3D e/ou 4D, além de limitações técnicas e ambientais são algumas das desvantagens destes tipos de levantamento. Dessa forma, a Interferometria Sísmica prescinde de fontes artificiais utilizados em levantamentos 3D e 4D, portanto, as questões de licenciamento ambiental inerentes a estes levantamentos, por exemplo, são menos críticas com relação ao levantamentos de sísmica 3D e 4D ativas.

O projeto de pesquisa da UFRN tem como financiador a empresa PETROBRAS, que possui interesse nessa área de pesquisa, tendo em vista a relevância da pesquisa para o imageamento e monitoramento da produção em campos de petróleo.

De acordo com a figura 1, representada pela definição da NASA a respeito do “Technological Readiness Level- TRL” (ou nível de maturidade tecnológica), o nível de maturidade tecnológica da pesquisa da UFRN se encontra em sua fase intermediária ou seja com TRL5. Devido a produção acadêmica está em fase de demonstração da tecnologia, por meio de testes.

7 Considerações Finais

É evidente a dificuldade enfrentada por parte das universidades para transformar a produção acadêmica em ativo econômico ainda é uma realidade vigente no país, sendo essa característica é constituída com base na falta de interação entre as universidades, as empresas e o governo. Desse modo, essa interação formada pela tríplice hélice possibilita não só o desenvolvimento dessas instituições, mas também o introduz a essas entidades um diferencial inovativo.

Nesse contexto, vê-se nas tecnologias de imageamento sísmico um potencial inovador e de grande importância para o mercado que está inserido. Os métodos de aquisição de imagens (2D,3D e 4D) vêm sendo utilizados e aprimorados ao longo do tempo, com uso comumente na ultrassom e exploração de campos petrolíferos.

O marco histórico do uso do imageamento 3D transformando-o em negócio tecnológico se deu em 1963 pela empresa EXXON Production Research, que apresentou os resultados da experiência 3D em um evento em 1970. Essa tecnologia de imageamento é utilizada até hoje principalmente na delimitação de campos petrolíferos, onde apesar do alto custo operacional, se torna imprescindível pela maior certeza de onde perfurar.

Além disso, hoje já existe o avanço da técnica para a sísmica 4D, permitindo uma modelagem nos levantamentos sísmicos dos reservatórios passassem a associar ao modelo 3D a propagação das ondas sísmicas e seus impactos nos reservatórios.

O estudo prospectivo científico-tecnológico pela plataforma Espacenet mostra que os 3 maiores depositantes patentários mundiais na área sísmica e de interferometria são Estados Unidos, Austrália e Canadá. Quando trazemos a discussão para o cenário brasileiro e buscando na plataforma do Google Patents, vemos que há poucos depósitos e esses feitos por empresas estrangeiras.

O estudo de caso deste presente artigo, mostra um potencial inovativo que além que abordar a sísmica 4D, possui diferencial do uso da interferometria sísmica que o licenciamento ambiental atrelado a esse tipo de tecnologia é mais simples, pela sua fonte ser menos agressiva.

É notório que apresenta interesse de mercado visto que há um financiamento privado da principal empresa exploradora de campos petrolíferos do Brasil, na temática da delimitação dos campos e acompanhamento da produção.

Atualmente, a pesquisa acadêmica encontra-se no nível 5, em que a tecnologia está sendo desenvolvida para ser testada posteriormente. Isso mostra que já passou do estágio de viabilização, tornando-a um projeto acadêmico com potencial inovador.

É notório que as pesquisas na área de sismologia no Brasil ainda são mínimas perto do que ainda pode-se desenvolver. Projetos como o demonstrados no estudo de caso demonstram o diferencial inovador que as universidades possuem em desenvolvimento nessa área, e precisam ser mais exploradas.

7 Referências

ALVES, V.C. et al.. Reflexões sobre as competências dos núcleos de inovação tecnológica. **Cadernos de Prospecção**, v. 8, n. 4, p. 603-611, 2015.

BORDALO, Filipe Di Luccio; BRANQUINHO, Priscila das Dores. **O mercado de apoio offshore – panorama e perspectivas**. 2015

MAYERHOFF, Zea Duque Vieira Luna. Uma análise sobre os estudos de prospecção tecnológica. **Cadernos de prospecção**, v. 1, n. 1, p. 7-9, 2008.

NO BRASIL, Sísmica Terrestre. **Projeto ONIPGEO**. Ctpetro, Rio de Janeiro , 2003.

PUFFAL, Daniel Pedro; RUFFONI, Janaína; SCHAEFFER, Paola Rücker. Características da interação universidade-empresa no Brasil: motivações e resultados sob a ótica dos envolvidos1. **Gestão Contemporânea**, n. 1, 2012

RAPINI, Márcia Siqueira. Interação universidade-empresa no Brasil: evidências do Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq. **Estudos Econômicos**. vol.37. São Paulo, 2007

RISSO, Valmir Francisco; SCHIOZER, Denis José. Utilização de sísmica 4D e de mapas de saturação no ajuste de histórico de reservatórios petrolíferos. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 38, n. 1 suppl, p. 172-187, 2008.

ROCHA, Daiane; LOURENÇO, Francisco Cristovão de Melo; RIBEIRO, Joana. Uma adaptação da metodologia TRL. **Revista Gestão em Engenharia**. São José dos Campos, 2017.

RODRIGUES, Matheus Câmara. **Processamento De Dados Sísmicos Adquiridos Com Fonte Percussiva Na Chapada Diamantina**. 2016. 50f. Trabalho De Graduação. Universidade Federal Da Bahia, Salvador, 2016.

SANTOS, ATAHEBSON BEZERRA. **Otimização de desenho de aquisição sísmica 3D terrestre utilizando algoritmo de base mista para inversão e iluminação orientada ao alvo**. Bahia , 2018.

SANTOS, Rogério. **Aquisição Sísmica e Microsísmica (ou Microsísmica)**. 2013. Disponível em: <http://www.sismica.uff.br/index.php/aquisicao-sismica>. Acesso em: 05 de novembro de 2019.

SILVA JÚNIOR, Heleno José da. **Avaliação da estabilidade global de edifícios altos no município de Caruaru com consideração da ação do vento e de sismo**. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.