

**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
ESCOLA DE ENGENHARIA
DOUTORADO EM SISTEMAS DE GESTÃO SUSTENTÁVEIS**

CLÁUDIO BENEVENUTO DE CAMPOS LIMA

**ELEMENTOS ESTRUTURANTES DAS OPERAÇÕES INTEGRADAS NA
CONSTRUÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO *OFFSHORE* NO AMBIENTE 4.0**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Sistemas de Gestão Sustentáveis da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor em Sistemas de Gestão Sustentáveis. Área de Concentração: Sistemas de Gestão da Sustentabilidade. Linha de Pesquisa: **Apoio a Decisão em Organizações Sustentáveis**

Orientador:

Prof. Gilson Brito Alves Lima, D.Sc.
Universidade Federal Fluminense - UFF

Co-orientador

Prof. Júlio Cesar de Faria Alvim Wasserman, Dr.
Universidade Federal Fluminense - UFF

Niterói
2018

Ficha catalográfica automática - SDC/BEE
Gerada com informações fornecidas pelo autor

L732e Lima, Claudio Benevenuto de Campos

Elementos Estruturantes das Operações Integradas na
Construção de Poços de Petróleo Offshore no Ambiente 4.0 :
/ Claudio Benevenuto de Campos Lima ; Gilson Brito Alves Lima,
orientador ; Júlio Cesar de Faria Alvim Wasserman,
coorientador. Niterói, 2018.

116 f. : il.

Tese (doutorado)-Universidade Federal Fluminense, Niterói,
2018.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22409/PPSIG.2018.d.51485591600>

1. Petróleo. 2. Poço de petróleo. 3. Perfuração
offshore. 4. Fluxo de trabalho . 5. Produção intelectual. I.
Lima, Gilson Brito Alves, orientador. II. Wasserman, Júlio
Cesar de Faria Alvim, coorientador. III. Universidade Federal
Fluminense. Escola de Engenharia. IV. Título.

CDD -

Bibliotecária responsável: Fabiana Menezes Santos da Silva - CRB7/5274

CLÁUDIO BENEVENUTO DE CAMPOS LIMA

**ELEMENTOS ESTRUTURANTES DAS OPERAÇÕES INTEGRADAS NA
CONSTRUÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO *OFFSHORE* NO AMBIENTE 4.0**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Sistemas de Gestão Sustentáveis da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor em Sistemas de Gestão Sustentáveis. Área de Concentração: Sistemas de Gestão da Sustentabilidade. Linha de Pesquisa: **Apoio a Decisão em Organizações Sustentáveis**

Aprovado em 21 de dezembro de 2018.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Gilson Brito Alves Lima, *D.Sc.* (Orientador)
Universidade Federal Fluminense (UFF)

Prof. Júlio Cesar de Faria Alvim Wasserman, *Docteur* (Co-orientador)
Universidade Federal Fluminense (UFF)

Prof. Luis Perez Zotes, *D.Sc.*
Universidade Federal Fluminense (UFF)

Prof. Isaac José Antonio Luquetti dos Santos, *D.Sc.*
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Prof. Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos, *D.Sc.*
Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

Prof^a. Maria Angélica Vergara Wasserman, *Docteur*
Instituto de Engenharia Nuclear

Eng. José Adilson Tenório Gomes, *D.Sc.*
CENPES/PETROBRÁS

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à pessoa que muito admiro e que tem sido o grande exemplo para mim. Se não fosse pela Luciana, minha esposa, não teria persistido na vida acadêmica. Este desafio somente foi superado graças ao seu apoio e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe por ter sido a origem de tudo e por ter se esforçado tanto na educação de seus filhos, ao meu irmão Pedro e tia Eva que foram sempre exemplos e inspiração nas conquistas, à Lorraine pelo companheirismo.

Gostaria de registrar o apoio dos colegas de jornada, sem o qual esta pesquisa não seria possível (em ordem alfabética): Alexandre Zacarias Ignácio Pereira, Bianca dos Santos Loiola, Danilo Garbazza Vieira, Gustavo Marchisotti, José Francisco Tebaldi de Castro, Miguel Angelo Magalhaes Galiza Junior, Rodrigo Nunes Ferreira e e Vladimir Stephen Pinto.

Agradeço a todos os colegas de trabalho que colaboraram, respondendo às pesquisas.

Não poderia deixar de citar aqui minha gratidão aos meus colegas de doutorado, grandes companheiros nesta caminhada. Também registro meus sinceros agradecimentos aos coautores dos artigos relacionados a esta pesquisa, cuja contribuição foi fundamental para esta tese.

Agradeço à empresa em que trabalho, que viabilizou esta pesquisa.

Por fim, faço um agradecimento especial aos meus orientadores, Prof. Gilson Lima e Prof. Júlio Wasserman, que me ajudaram a vencer os obstáculos para chegarmos até aqui.

Agradeço a Deus, que é a fonte de tudo.

“Descobrir consiste em olhar para o que todo mundo está vendo e pensar uma coisa diferente.”

(Roger Von Oech)

RESUMO

A atual situação econômica está levando a indústria petrolífera a uma maior eficiência e segurança, exigindo diferentes formas de trabalho. A otimização é uma questão cada vez mais importante, que envolve tecnologia, compartilhamento de informações em tempo real, colaboração e a aplicação de vários conhecimentos em disciplinas, organizações e localizações geográficas. Desta forma, as empresas estão introduzindo o conceito de Operações Integradas para redesenhar e otimizar muitos processos de trabalho. Por outro lado, a humanidade está experimentando a sua Quarta Revolução Industrial, chamada de Indústria 4.0, que deverá afetar brevemente toda a indústria do petróleo, amplificando a dimensão de tecnologia e processos das Operações Integradas. Para enfrentar esse cenário desafiador, uma operadora de petróleo, decidiu otimizar os ambientes colaborativos de seus centros de perfuração, chamados de *drilling centers*, que são críticos para a construção de poços, para introduzir integração e melhorar a eficiência. O presente trabalho buscou propor um modelo de avaliação dos elementos estruturantes do processo estratégico para suporte à decisão em Operações Integradas na construção de poços de petróleo *offshore*. Foi realizado um *survey*, buscando avaliar os *drilling centers* da empresa estudada, a partir de uma ampla pesquisa bibliográfica das dimensões de Pessoas, Processos, Tecnologia e Organização (PPTO), amplamente utilizadas nas Operações Integradas do E&P. Foi realizado um tratamento estatístico para comparar tais dimensões e ambientes colaborativos, utilizando os testes de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney. Também foi realizada uma pesquisa qualitativa para definir fatores impactantes nestas dimensões, baseado na percepção dos entrevistados, utilizando nuvens de palavras. Este estudo possibilitou identificar os principais modelos de Operações Integradas utilizados pelas operadoras de petróleo e proporcionou a definição de um *framework* que permite comparar *drilling centers* da mesma empresa ou de companhias diferentes, bem como comparar a evolução das dimensões estudadas ao longo do tempo para o mesmo cenário. Este é um trabalho original, sem equivalentes na literatura pesquisada, com caráter interdisciplinar e traz valor para a indústria do petróleo, pois constitui uma abordagem metodológica que pode ser aplicável a outras operadoras e prestadoras de serviço. A grande contribuição desta pesquisa é propor uma metodologia para entendimento dos *drilling centers* à luz do PPTO, que são os elementos estruturantes das Operações Integradas.

Palavras-Chave: *Drilling centers*; Operações integradas; Construção de poços; Redesenho de processos; Otimização de desempenho; Indústria 4.0.

ABSTRACT

The current economic situation is leading the oil industry to better efficiency and safety, requiring different forms of work. Optimization is an increasingly important issue, involving technology, real-time information sharing, collaboration and a multi-specialty disciplines application, organizations and geographic opportunities. In this way, companies are introducing the concept of Integrated Operations to redesign and optimize many work processes. On the other hand, humanity is experiencing the Fourth Industrial Revolution, called Industry 4.0, which soon will influence the entire oil industry, amplifying the technological and processes dimensions of the Integrated Operations. To face this challenging scenario, a petroleum operator decided to redesign the drilling centers, which are critical to the well construction to introduce integration and improve the efficiency. The present work objective was to propose an evaluation model of the structuring elements of the strategic process to the decision support of the Integrated Operations in the offshore oil well construction. A survey was carried out, evaluating the drilling centers of the studied company, based on an extensive bibliographic research of the dimensions of People, Processes, Technology and Organization (PPTO), widely used in the E&P Integrated Operations. These dimensions and collaborative environments were evaluated using statistical analysis, using Kruskal-Wallis e Mann-Whitney hypothesis tests. A qualitative research was also carried out to define impacting factors in the different dimensions, based on the interviewees' perception, using word clouds. This study made it possible to identify the main models of Integrated Operations used by oil and gas operators and provided a framework that allows the comparison of different drilling centers in the same or in different companies and also to understand the evolution of the studied dimension along the time in and the same scenario. This is an original work, with no equivalents in the literature, interdisciplinary and brings value for the petroleum industry, because it is a very important methodological approach to the other operators and service providers. The main contribution of this research is to propose a methodology for understanding the drilling centers using of the PPTO, which are the structuring elements of Integrated Operations.

Keywords: Drilling centers; Integrated operations; Well construction, Process redesign, Processes redesign; Performance optimization; Industry 4.0.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: <i>Drilling centers</i> da empresa a ser estudada.....	26
Figura 2: Visão temporal da abordagem adotada.....	31
Figura 3: Possibilidades para verificação do valor em processos redesenhados	34
Figura 4: Interação das áreas.....	37
Figura 5: Fatores de MTO relevantes	42
Figura 6: Operações Integradas	43
Figura 7: Evolução histórica das Revoluções Industriais.....	51
Figura 8: Camadas do <i>Intelligent Field</i>	57
Figura 9: Fases de implantação dos centros colaborativos de <i>I-Field</i>	58
Figura 10: <i>Stack Model</i> da Statoil.....	60
Figura 11: (Ciclo de Valor de Operações Integradas da Shell.....	62
Figura 12: A Estrutura de Gerenciamento do Conhecimento da BP	64
Figura 13: Gerenciamento Integrado de Operações da Petrobras	67
Figura 14: Estratégia da Pesquisa.....	68
Figura 15: Pesquisa Bibliográfica local de publicação	71
Figura 16: Pesquisa em periódicos, livros e outras fontes	72
Figura 17: Resultado da Pesquisa Bibliográfica.....	73
Figura 18: Volume de publicação por empresa, considerando o PPTO	73
Figura 19: Nuvem de palavras da BP	74
Figura 20: Nuvem de palavras da Saudi Aramco.....	75
Figura 21: nuvem de palavras da Shell	76
Figura 22: Nuvem de palavras da Statoil	76
Figura 23: Nuvem de palavras da Petrobras	77
Figura 24: Perfil dos entrevistados no <i>survey</i>	85
Figura 25: Diagrama de Bloco (Boxplot) para avaliação dos grupos.....	86
Figura 26: <i>Boxplot</i> dos <i>drilling centers</i>	88
Figura 27: perfil dos respondentes à pesquisa qualitativa.....	90
Figura 28: Nuvem de palavras da pergunta P6 da Pesquisa Qualitativa.....	91
Figura 29: Nuvem de palavras da pergunta P7 da Pesquisa Qualitativa.....	92
Figura 30: Nuvem de palavras da pergunta P8 da Pesquisa Qualitativa.....	93
Figura 31: Nuvem de palavras da pergunta P9 da Pesquisa Qualitativa.....	94
Figura 32: As Operações Integradas	95

Figura 33: Trajetória das Operações Integradas à Indústria 4.0	97
Figura 34: Princípios Básicos da Indústria 4.0 x PPTO	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estatística descritiva	88
Tabela 2: Testes estatísticos	91
<u>Tabela 1: Estatística descritiva</u>	85
<u>Tabela 2: Testes estatísticos</u>	87

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Principais atividades dos <i>Drilling Centers</i>	27
Quadro 2: Quadro Referencial Teórico – Pessoas	46
Quadro 3: Quadro Referencial Teórico – Processos.....	46
Quadro 4: Quadro Referencial Teórico – Tecnologia.....	47
Quadro 5: Quadro Referencial Teórico – Organização.....	47
Quadro 6: Pesquisa Bibliográfica por operadora	72
Quadro 7: A ferramenta da pesquisa	82
Quadro 8: Hipóteses a serem testadas na pesquisa.....	83
Quadro 9: Perguntas da Pesquisa Qualitativa.....	85
Quadro 10: Resultados dos testes estatísticos para as hipóteses.....	93
Quadro 1: Principais atividades dos <i>Drilling Centers</i>	27
Quadro 2: Quadro Referencial Teórico – Pessoas	44
Quadro 3: Quadro Referencial Teórico – Processos.....	45
Quadro 4: Quadro Referencial Teórico – Tecnologia.....	45
Quadro 5: Quadro Referencial Teórico – Organização.....	46
Quadro 6: Pesquisa Bibliográfica por operadora	70
Quadro 7: A ferramenta da pesquisa	79
Quadro 8: Hipóteses a serem testadas na pesquisa.....	80
Quadro 9: Perguntas da Pesquisa Qualitativa.....	82
Quadro 10: Resultados dos testes estatísticos para as hipóteses.....	89

Formatado: Fonte: Negrito

Formatado: Fonte: Negrito

Formatado: Fonte: Negrito

Formatado: Fonte: Negrito

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABDI - Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial
- ADCO - Abu Dhabi Company for Onshore Oil Operations
- BMBF - Ministério da Educação e Pesquisa da Alemanha
- BMWI - Ministério para Assuntos Econômicos e Energia da Alemanha
- BOP - Blowout Preventer
- BP - British Petroleum
- CAPEX - Capital Expenditure de E&P
- CFTV - Circuito Fechado de TV
- CPS - sistemas ciberfísicos
- CSD - Centro de Suporte à Decisão
- CSIS - Center for Strategic & International Studies
- DL* - Deep Learning
- E&P - Exploration & Production
- FoF - Factories of the Future
- GIOp - Gerenciamento Integrado de Operações
- GOC - Real-time Geosteering Operation Center
- I40 - Industrie 4.0
- IA - Inteligência Artificial
- IFE - Institute for Energy Technology
- I-Field - Intelligent Field
- IO - Integrated Operations
- IoS - Internet of Services
- IoT - Internet of Things
- IIoT - Industrial Internet of Things
- iWells - Intelligent Wells
- KPI - Key Performance Indicators
- MDIC - Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços do Brasil
- MIIT - Ministério da Indústria e Tecnologia da Informação da China
- ML* - Machine Learning
- MTO - Man-Technology-Organization

NNMI - National Network for Manufacturing Innovation
O&G - Oil and Gas
Q&PI - Quality and Performance Improvement
OPEC - Organização dos Países Exportadores de Petróleo
PPP - Public-Private Partnership
PPTO - Pessoas, Processos, Tecnologia e Organização
QRT - Quadro Referencial Teórico
RTDO - Real-time Drilling Operation
SMS - Segurança, Meio Ambiente e Saúde
SPE - Society of the Petroleum Engineers

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17	
1.1 TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA	17	Formatado: Fonte: Não Negrito
1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DOS <i>DRILLING CENTERS</i>	20	Formatado: Fonte: Não Negrito
1.3 SITUAÇÃO-PROBLEMA DA PESQUISA	27	
1.4 OBJETIVOS	29	Formatado: Fonte: Não Negrito
1.5 QUESTÕES DE PESQUISA	30	Formatado: Fonte: Não Negrito
1.6 DELIMITAÇÃO	31	Formatado: Fonte: Não Negrito
1.7 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	32	Formatado: Fonte: Não Negrito
1.8 INEDITISMO E CONTRIBUIÇÃO CIENTÍFICA DA PESQUISA	33	Formatado: Fonte: Não Negrito
1.9 ASPECTOS DA INTERDISCIPLINARIDADE DA PESQUISA	36	Formatado: Fonte: Não Negrito
1.10 ESTRUTURA DA PESQUISA	39	Formatado: Fonte: Não Negrito
2 REVISÃO DA LITERATURA	41	
2.1 ESTABELECIMENTO DO ESTADO DA ARTE	41	Formatado: Fonte: Não Negrito
2.1.1 Operações Integradas	41	Formatado: Fonte: Não Negrito
2.1.2 MTO (<i>Man-Technology-Organization</i>)	42	Formatado: Fonte: Não Negrito
2.1.3 Os Atores Envolvidos	43	Formatado: Fonte: Não Negrito
2.1.4 O Modelo Sistêmico da Gestão Integrada de Operações	44	
2.1.5 A Transformação Digital na indústria de O&G	47	
2.1.5.1 A Digitalização	48	Formatado: Fonte: Não Negrito
2.1.5.2 A Indústria 4.0	51	Formatado: Fonte: Não Negrito
2.1.5.3 A Digitalização na Indústria de O&G	55	Formatado: Fonte: Não Negrito
2.2 ESTABELECIMENTO DO ESTADO DA TÉCNICA	58	Formatado: Fonte: Não Negrito
2.2.1 Filosofias e Modelos das Principais Operadoras	58	Formatado: Fonte: Não Negrito
2.2.1.1 Saudi Aramco	58	Formatado: Fonte: Não Negrito
2.2.1.2 Statoil	61	Formatado: Fonte: Não Negrito
2.2.1.3 Shell	62	Formatado: Fonte: Não Negrito
2.2.1.4 British Petroleum (BP)	64	Formatado: Fonte: Não Negrito
2.2.1.5 Petrobras	67	Formatado: Fonte: Não Negrito
3 METODOLOGIA DA PESQUISA	70	
3.1 ABORDAGEM ESTRATÉGICA DA PESQUISA	70	Formatado: Fonte: Não Negrito
3.2 A PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	71	Formatado: Fonte: Não Negrito
3.2.1 Resultados da Pesquisa Bibliográfica	71	Formatado: Fonte: Não Negrito
3.2.2 Discussão dos Resultados da Pesquisa Bibliográfica	75	Formatado: Fonte: Não Negrito
3.2.2.1 Nuvem de Palavras dos abstracts da BP	77	Formatado: Fonte: Não Negrito
3.2.2.2 Nuvem de Palavras dos abstracts da Saudi Aramco	77	Formatado: Fonte: Não Negrito
3.2.2.3 Nuvem de Palavras dos abstracts da Shell	78	Formatado: Fonte: Não Negrito
3.2.2.4 Nuvem de Palavras dos abstracts da Statoil	79	Formatado: Fonte: Não Negrito
3.2.2.5 Nuvem de Palavras dos abstracts da Petrobras	79	Formatado: Fonte: Não Negrito
3.3 DELINEAMENTO DA PESQUISA	80	Formatado: Fonte: Não Negrito
3.3.1 Pesquisa Quantitativa	81	Formatado: Fonte: Não Negrito
3.3.1.1 Avaliação dos Elementos de Operações Integradas	81	Formatado: Fonte: Não Negrito
3.3.1.2 Coleta e Análise de Dados	82	Formatado: Fonte: Não Negrito
3.3.1.3 Hipóteses testadas	83	Formatado: Fonte: Não Negrito
3.3.2 Pesquisa Qualitativa	84	Formatado: Fonte: Não Negrito
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	87	
4.1 PESQUISA QUANTITATIVA	87	Formatado: Fonte: Não Negrito
4.2 PESQUISA QUALITATIVA	93	Formatado: Fonte: Não Negrito
4.2.1 Qualificação dos Entrevistados	93	Formatado: Fonte: Não Negrito
4.2.2 Análise Qualitativa	94	
4.2.2.1 Nuvem de palavras da pergunta P6	94	Formatado: Fonte: Não Negrito

4.2.2.2	Nuvem de palavras da pergunta P7	95
4.2.2.3	Nuvem de palavras da pergunta P8	96
4.2.2.4	Nuvem de palavras da pergunta P9	97
4.3	RESULTADOS DAS PESQUISAS	98
5	OPERAÇÕES INTEGRADAS NO AMBIENTE 4.0	99
5.1	AS OPERAÇÕES INTEGRADAS.....	99
5.2	A EVOLUÇÃO DA CONSTRUÇÃO DE POÇOS	100
5.3	OS ELEMENTOS DO PPTO NO AMBIENTE DA INDÚSTRIA 4.0.....	102
6	CONCLUSÕES E PESQUISAS FUTURAS.....	105
6.1	ALCANCE DOS OBJETIVOS	106
6.2	A INDÚSTRIA 4.0 NO O&G	106
6.3	PESQUISAS FUTURAS	107
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109
1	INTRODUÇÃO	17
1.1	TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA.....	17
1.2	CONTEXTUALIZAÇÃO DOS DRILLING CENTERS.....	20
1.3	SITUAÇÃO-PROBLEMA DA PESQUISA.....	27
1.4	OBJETIVOS.....	29
1.5	QUESTÕES DE PESQUISA.....	30
1.6	DELIMITAÇÃO.....	30
1.7	JUSTIFICATIVA DA PESQUISA.....	31
1.8	INEDITISMO E CONTRIBUIÇÃO CIENTÍFICA DA PESQUISA.....	33
1.9	ASPECTOS DA INTERDISCIPLINARIDADE DA PESQUISA.....	36
1.10	ESTRUTURA DA PESQUISA.....	38
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	40
2.1	ESTABELECIMENTO DO ESTADO DA ARTE.....	40
2.1.1	Operações Integradas.....	40
2.1.2	MTO (<i>Man-Technology-Organization</i>).....	41
2.1.3	Os Atores Envolvidos.....	42
2.1.4	O Modelo Sistêmico da Gestão Integrada de Operações.....	43
2.1.5	A Transformação Digital na Indústria de O&G.....	46
2.1.5.1	A Digitalização	47
	<i>Big Data</i>	48
	<i>Inteligência Artificial</i>	48
	<i>Internet das Coisas</i>	49
2.1.5.2	A Indústria 4.0.....	50
2.1.5.3	A Digitalização na Indústria de O&G.....	53
2.2	ESTABELECIMENTO DO ESTADO DA TÉCNICA.....	56
2.2.1	Filosofias e Modelos das Principais Operadoras.....	57
2.2.1.1	Saudi Aramco	57
2.2.1.2	Statoil.....	59
2.2.1.3	Shell.....	61
2.2.1.4	British Petroleum (BP).....	63
2.2.1.5	Petrobras	65
3	METODOLOGIA DA PESQUISA	68
3.1	ABORDAGEM ESTRATÉGICA DA PESQUISA.....	68
3.2	A PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	69
3.2.1	Resultados da Pesquisa Bibliográfica.....	69
3.2.2	Discussão dos Resultados da Pesquisa Bibliográfica.....	73
3.2.2.1	Nuvem de Palavras dos abstracts da BP	74
3.2.2.2	Nuvem de Palavras dos abstracts da Saudi Aramco.....	75
3.2.2.3	Nuvem de Palavras dos abstracts da Shell	75
3.2.2.4	Nuvem de Palavras dos abstracts da Statoil.....	76

Formatado: Fonte: Não Negrito

Formatado: Fonte: Não Negrito

Formatado: Fonte: Não Negrito

Formatado: Fonte: Não Negrito

Formatado: Fonte: Não Negrito

Formatado: Fonte: Não Negrito

Formatado: Fonte: Não Negrito

Formatado: Fonte: Não Negrito

Formatado: Fonte: Não Negrito

Formatado: Fonte: Não Negrito

3.2.2.5	Nuvem de Palavras dos abstracts da Petrobras	76
3.3	DELINEAMENTO DA PESQUISA	77
3.3.1	Pesquisa Quantitativa	78
3.3.1.1	Avaliação dos Elementos de Operações Integradas	78
3.3.1.2	Coleta e Análise de Dados	80
3.3.1.3	Hipóteses testadas	80
3.3.2	Pesquisa Qualitativa	81
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
4.1	PESQUISA QUANTITATIVA	84
4.2	PESQUISA QUALITATIVA	90
4.2.1	Qualificação dos Entrevistados	90
4.2.2	Análise Qualitativa	91
4.2.2.1	Nuvem de palavras da pergunta P6	91
4.2.2.2	Nuvem de palavras da pergunta P7	92
4.2.2.3	Nuvem de palavras da pergunta P8	93
4.2.2.4	Nuvem de palavras da pergunta P9	93
4.3	RESULTADOS DAS PESQUISAS	94
5	AVALIAÇÃO DOS ELEMENTOS ESTRUTURANTES NO AMBIENTE 4.0	95
5.1	AS OPERAÇÕES INTEGRADAS	95
5.2	A EVOLUÇÃO DA CONSTRUÇÃO DE POÇOS	96
5.3	OS ELEMENTOS DO PPTO NO AMBIENTE DA INDÚSTRIA 4.0	98
6	CONCLUSÕES E PESQUISAS FUTURAS	101
6.1	ALCANCE DOS OBJETIVOS	101
6.2	A INDÚSTRIA 4.0 NO O&G	101
6.3	PESQUISAS FUTURAS	102
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

1 INTRODUÇÃO

Visando a contextualizar e a caracterizar o cenário, no qual este trabalho irá se desenvolver, inicialmente, o ambiente de estudo foi destacado, ressaltando o tema e o problema de pesquisa (Seção 1.1), a contextualização (Seção 1.2), a situação-problema da pesquisa (Seção 1.3), os objetivos gerais e específicos (Seção 1.4), as questões inerentes à pesquisa (Seção 1.5), a delimitação (Seção 1.6), a justificativa (Seção 1.7), bem como o ineditismo e contribuição científica (Seção 1.8), os aspectos de interdisciplinaridade da pesquisa (Seção 1.9) e, finalmente, a sua organização e estruturação (Seção 1.10).

1.1 TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA

As Operações Integradas são abordadas neste estudo. As Operações Integradas podem ser definidas, de forma genérica, como a disponibilização de dados em tempo real em terra, provenientes dos campos de petróleo *offshore*, bem como a implantação de novos processos de trabalho integrados (Norwegian Oil and Gas Association, 2017). Strasunskas e Tomasgard (2010) prelecionam que as Operações Integradas adotam tecnologia de informação, de forma a incrementar o acesso de dados em tempo real, integrando as pessoas e organizações, mudando os processos de trabalho e, desta maneira, potencializando decisões mais ágeis e acertadas. De acordo com a IFE (2017):

As Operações Integradas levam a uma integração total das organizações que trabalham *offshore* e aquelas que trabalham em terra, possibilitada pela digitalização de longo alcance das operações. Trabalhos baseados em terra e no mar são integrados e pessoas e equipes estão conectadas em modernos ambientes colaborativos. O campo petrolífero e de gás pode ser operado e controlado parcialmente a partir de terra e isto abre para novas relações de colaboração dentro das companhias de petróleo e entre os fornecedores e as operadoras.

Em paralelo à implantação deste conceito de Operações Integradas na Indústria do Petróleo, existiram iniciativas de estruturação de ambientes colaborativos (*drilling centers*), com dados em tempo real, interdisciplinares, de suporte às operações de construção de poços de petróleo. Como está detalhado neste capítulo e nos posteriores, o foco desta pesquisa está no entendimento da

convergência dos conceitos das Operações Integradas no âmbito dos *drilling centers*, sob a ótica dos pilares fundamentais: Pessoas, Processos, Tecnologia e Organização (PPTO). Esta correlação reveste-se de importância, na medida em que o início da efetiva implementação de *drilling centers* data do começo deste século para a maioria das operadoras e companhias de serviço de E&P. O conceito de Operações Integradas ocorreu alguns anos depois, com foco basicamente em produção de petróleo.

Conforme Edwards (2015):

Mais comumente, observa-se que as empresas de petróleo e gás têm se concentrado prioritariamente na otimização em tempo real para suporte da produção, *surveillance*¹ e monitoramento de equipamentos e manutenção e planejamento como áreas de aplicação das Operações Integradas.

O conceito das Operações Integradas, descrito anteriormente, é totalmente aderente aos *drilling centers*. Desta forma, a Indústria do Petróleo, na área de construção de poços, pode beneficiar-se de todo o aprendizado dos últimos anos, que foi muito focado na produção de ativos²s. Assim, o caráter de ineditismo deste trabalho está baseado na aplicação de um conceito amplamente aceito na indústria (Operações Integradas) para uma área ainda com grande potencial de ser explorada por esta abordagem (construção de poços). Para tal, foi escolhida uma operadora de petróleo do Brasil, para que seus *drilling centers*, que já se encontram implantados e operacionais, fossem analisados à luz do PPTO.

Os processos decisórios associados à cadeia de valor da indústria petrolífera são caracterizados pelo seu elevado grau de complexidade. Os processos de trabalho do seguimento de E&P (Exploração e Produção) estão atrelados a decisões extremamente complexas e impactantes, por envolverem segurança e valores econômicos expressivos, da magnitude de milhões de dólares. Este fato é decorrente da importância estratégica e econômica do produto – óleo e gás.

Na última década, tem se desenrolado um movimento de redesenho dos principais processos de trabalho da cadeia de valor, por parte das operadoras de petróleo. Isto foi necessário para a superação de desafios, como a necessidade de

¹ O termo *surveillance* é normalmente usado para monitoramento da produção.

² O termo Ativo caracteriza o conjunto de bens e direitos necessários à produção de petróleo, incluindo, dentre outros, os poços, linhas, plataformas, etc.

maior integração de pessoas e dados, utilização de muitas tecnologias novas, tratamento de grande volume de informação e a maior complexidade dos cenários de produção de petróleo. Estes desafios incluem a gestão de múltiplos parâmetros operacionais, em ambientes agressivos e desafiadores (ADEFULU, 2010). Moreira (2010) completa que a gestão por processos contribui de forma significativa na interação dos elementos organizacionais, tornando as empresas mais ágeis, flexíveis e capazes de se adaptar de forma mais rápida ao ambiente de negócio. Assim, os processos de negócio da indústria de petróleo têm experimentado uma vertiginosa mudança nos últimos tempos, seja pela otimização ou automação. Processos de trabalho tradicionais e estruturas organizacionais são desafiados por abordagens mais eficientes e integradas para exploração e produção (MOLTU e NÆRHEIM, 2010). De acordo com Herkenhoff (2011), a gestão por processos tem tido histórico comprovado no suporte à complexa integração das áreas funcionais nas mais diversas organizações.

Desta forma, as Operações Integradas têm sido implementadas em escala global na indústria do petróleo, de forma a proporcionar decisões mais ágeis, corretas e no tempo certo, através da melhoria da colaboração e da integração de pessoas e informações, bem como pelo aumento da qualidade dos dados. Para Pande (2010), os fluxos de trabalho devem permitir a integração entre as diferentes disciplinas, tanto *onshore* e *offshore*, como também entre os operadores e fornecedores. De acordo com Halland *et al.* (2013), as Operações Integradas são concebidas pelo uso de dados em tempo real, tecnologias colaborativas e fluxos de trabalho multidisciplinares. Muitos têm sido os nomes atribuídos às Operações Integradas pelas companhias de petróleo, como por exemplo: *Digital Oil Field*, *Digital Oil Field of the Future*, *Smart Fields*, *Smart Wells*, *iField*, *iWells*, e *Intelligent Field*, (Cramer *et al.*, 2012). Fuks *et al.* (2009) apresentaram importantes tecnologias de colaboração remota em unidades *offshore*. Este contexto é fundamental na otimização do quantitativo de profissionais que embarcam nas plataformas marítimas. Um dos desdobramentos importantes da racionalização dos processos é torna-los mais eficientes, com menos recursos. Isto tem um impacto fundamental nos aspectos de segurança e custo. No Brasil, esta nova abordagem tem ocorrido, mais intensamente nos últimos anos, através de várias iniciativas, focando, por

exemplo, na construção de poços de petróleo, exploração e produção dos Ativos (LIMA e GOMES, 2013. p. 227-229).

De acordo com (Strasunskas *et al.*, 2012), neste contexto de redesenho de processos, algumas dimensões são fundamentais: pessoas, processos, tecnologia e organização, que são correspondentes aos pilares do PPTO. Para que as decisões sejam mais eficientes, além do foco no redesenho de processos, o fator humano deve ser bem trabalhado, para que as competências sejam desenvolvidas, proporcionando equipes treinadas nestes processos, o que tornará a gestão de mudança mais eficiente. Para Andrade (2005), as organizações devem começar a pensar no homem como o negócio da organização e investir não só em treinamento, que consiste na transferência de conhecimento, porém em educação baseada em construção de conhecimento.

As Operações Integradas têm um grande potencial de aplicação na indústria do petróleo, trazendo benefícios desde a gestão de ativos até a segurança operacional. Contudo, é na construção de poços que os resultados das Operações Integradas têm se provado efetivos pela utilização, maciça nas duas últimas décadas, de ambientes colaborativos, dados em tempo real, processos de trabalho colaborativos e uso intenso de tecnologia. De acordo com Booth (2011):

Os centros de operações em tempo real (*drilling centers*) estão se tornando comuns em apoio às atividades de perfuração e produção. Sua recente proliferação e aceitação têm muito a ver com o papel crescente da tecnologia da informação na sociedade em geral. No entanto, o conceito não é novo. No início dos anos 80, várias operadoras e empresas de serviços exploraram o potencial de suporte central de operações de perfuração remota.

Formatado: Fonte: 11 pt

Formatado: Corpo de texto 2,
Recuo: Primeira linha: 0 cm

Esta pesquisa estuda, à luz do conceito de Operações Integradas, os *drilling centers*, que são os ambientes colaborativos dedicados à construção de poços marítimos.

1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DOS *DRILLING CENTERS*

A otimização dos processos tem sido uma questão significativa, com forte impacto na produção de capital e de tecnologia, que deve perpassar disciplinas, organizações e locações geográficas, viabilizada pela utilização de:

- informação compartilhada em tempo real, através da utilização dos dados provenientes das sondas;
- tecnologias colaborativas, que permitam a integração de dados e pessoas e
- especialidades multidisciplinares.

Depois de muitos anos de investimentos significativos em projetos de Operações Integradas, a empresa a ser estudada decidiu otimizar seus ambientes colaborativos de construção de poços, agregando valor pela consideração dos quatro elementos de Operações Integradas: Pessoas, Processos, Tecnologia e Organização. Atualmente, existe uma clara oportunidade para repensar os ambientes colaborativos de forma a se obter as práticas de trabalho da próxima geração (Kuhn, 2013). Mas, considerando os *drilling centers*, “quais são estas oportunidades?” Para responder a tal questão, foi efetuado um *survey* na empresa estudada, de forma a atingir a todos os empregados dos seus *drilling centers*, considerando tanto a força de trabalho operacional, quanto a especializada.

A empresa a ser estudada possui *drilling centers* distribuídos regionalmente, de acordo com as áreas operacionais. Entretanto, a intenção é promover uma integração corporativa destes ambientes colaborativos, que podem ser classificados como centros operacionais e especialistas, em um ambiente de trabalho chamado de Hub, onde especialistas de várias disciplinas colaboram para os mais importantes processos de trabalho na construção de poços, com o propósito comum de otimizar desempenho e produtividade. Isto está consistente com Maliardi e Renzo (2014). Esta pesquisa trará importantes resultados, através da sua abordagem metodológica, que pode ser aplicada para toda a indústria do petróleo, especialmente para os *drilling centers* de outras operadoras e companhias de serviço. A análise estatística reforçou a aplicabilidade e escalabilidade desta metodologia.

O conceito de Operações Integradas é baseado em fazer os quatro elementos do PPTO trabalharem juntos para geração de valor, na maioria das vezes suportados por ambientes de trabalho colaborativos. Esta visão integrada é considerada uma vantagem competitiva, já que o processo de tomada de decisão se torna mais rápido e mais efetivo, proporcionando otimização, redução de custos e operações mais seguras. Henderson *et al.* (2013) fazem as seguintes considerações

sobre os elementos do PPTO: (1) Processos: os principais processos de trabalho devem ser identificados e selecionados para proporcionar a melhoria de sua eficiência; (2) Pessoas: todas as competências, habilidades e comportamentos, que são necessários para executar os processos, devem ser proporcionadas, considerando a gestão de mudança e treinamento; (3) Tecnologia: as tecnologias, sejam de compartilhamento de informação ou relativas à comunicação colaborativa entre os envolvidos nas decisões, devem estar disponibilizadas e (4) Organização: as estruturas organizacionais são necessárias para os relacionamentos que proporcionam o ganho de valor e retorno de capital. Atualmente, a maioria das companhias de óleo e gás tem estabelecido programas de Operações Integradas com esta visão (EDWARDS e GORDON, 2015).

A companhia a ser estudada implementou abordagens relacionadas com Operações Integradas no passado. As primeiras experiências foram em soluções para as áreas de produção. De acordo com Lima *et al.* (2010), estas soluções foram implementadas em três etapas: (1) Padronização – definição dos padrões para os processos de negócio, que têm impacto direto na produção dos ativos, através da racionalização de ferramentas e tecnologia; (2) Escalabilidade: utilização de arquitetura corporativa de tecnologia de informação compatível em toda a organização e (3) Sustentabilidade: as soluções devem ser implementadas usando metodologias robustas para evitar a obsolescência precoce. Este conceito ficou conhecido como os 3Ss (do inglês, *Standardization, Scalability e Sustainability*).

Esta visão de três etapas (3Ss) ajudou a empresa estudada a alcançar consistência e transparência em toda a organização, resultando em melhor integração da informação, com significativo incremento da eficiência operacional dos grupos funcionais.

A implementação das Operações Integradas na referida empresa foi uma iniciativa de E&P, baseada na articulação de especialistas das disciplinas técnicas de produção de petróleo e fornecedores envolvidos em atividades operacionais, principalmente as afretadas. Foram empenhadas ações proativas, como por exemplo a automação das reuniões diárias, o que trouxe qualidade e uma visão ampliada sobre o planejamento das operações. As Operações Integradas são mais que um programa para reestruturar e incrementar os processos operacionais (PEREIRA *et al.*, 2012), elas são uma nova filosofia de trabalho que têm como pilar

central a integração dos processos de E&P. Os projetos mais importantes são: produção e processamento de óleo e gás natural, planejamento integrado e logística, operações com empresas subcontratadas, construção de poços, instalações submarinas e operações de E&P.

Os *drilling centers* têm um considerável número de tecnologias de *software* e soluções de hardware que integram a informação para suportar processos de trabalho conduzidos pelas equipes *offshore*. Conforme Thorsen *et al.* (2013), os times *onshore* estão focados basicamente em dados em tempo real e em processos proativos para garantir o progresso de todas as operações de forma segura. Herbert *et al.* (2003) detalham que os *drilling centers* têm times multidisciplinares, que trabalham em regime 24/7 (24 horas do dia e 7 dias da semana), utilizando tecnologias para análises e suporte às operações, equipamentos e processos. De acordo com Booth (2011), é possível separar a história dos *drilling centers* em dois estágios. A primeira geração teve uma vida curta e durou até o final dos anos 80. A segunda geração foi beneficiada por uma rápida evolução da tecnologia de informação que se iniciou no Século XXI e está em constante crescimento, em linha com as iniciativas de Operações Integradas no segmento de E&P. É inquestionável que, anteriormente a esta abordagem, a empresa já tinha implementações bem-sucedidas de *drilling centers* (LIMA e GOMES, 2013) e que podem ser consideradas como a segunda geração de Booth (2011).

Landgren *et al.* (2008) apontam que:

O tempo real e suporte remoto para as operações em campos de petróleo estão se tornando cada vez mais uma maneira comum de fazer negócios. Muitos projetos assim estão sendo implementados mundo a fora e os benefícios para a indústria estão cada vez mais documentados na literatura. As demandas geradas por esta infraestrutura são elevadas e os desenvolvimentos iniciais foram focados na preparação para oferecer ferramentas e processos que possam ser reproduzidos e otimizados para suportar essas demandas.

Várias operadoras de petróleo, em diferentes partes do mundo, aplicam Operações Integradas, o que ilustra o grande potencial desta abordagem. Assim, a geração de valor e os benefícios associados com tais projetos devem ser considerados em um alto nível de importância. Uma relevante referência de valor foi dada por Kapteijn (2002), que estimou que o potencial das Operações Integradas

nas unidades de operação da Shell pode representar mais de 10% em produção, a partir dos campos de petróleo existentes e dos novos e que a recuperação dos *greenfields* pode ser incrementada em pelo menos 5%. Brulé *et al.* (2008), em uma revisão de estudo de caso, endereçaram algumas questões como a redução do tempo de tomada de decisão, demonstrando que as deficiências de integração de dados podem retardar as decisões, com significativo impacto econômico. Neste mesmo trabalho, os autores apontaram casos de integração de dados na injeção de água em um reservatório de petróleo (Spraberry Driver Unit, West Texas), com benefícios estimados de 6 milhões de dólares/por ano. Crawford *et al.* (2008) apresentam uma pesquisa com engenheiros e técnicos e revelaram que, em média, 44% do tempo era gasto em reunir e acessar dados para gerar gráficos e relatórios.

Bogaert *et al.* (2004) descreveram tecnologias de integração que foram bem-sucedidas na Shell. Completação inteligente de poços e otimização inteligente de *gas lift* foram integradas, incorporando aquisição remota de dados, estimativas de fluxo em tempo real e controle de processo remoto. Os benefícios chegaram a cerca de 10% de ganhos em produção e aproximadamente 2% em reservas adicionais. Também de acordo com Bogaert *et al.* (2004), houve um ganho médio de produção de cerca de 6-7% na otimização inteligente de *gas lift*. Outros benefícios apontados por estes mesmos autores foram 3% em ganhos pela redução de contrapressão em medidores multifásicos, redução de tempo perdido em operações de cabo elétrico e a habilidade de fechar zonas indesejáveis de água e gás.

Henderson *et al.* (2013) acrescentaram que a avaliação interna e externa do impacto nos negócios desta abordagem tem demonstrado que a seguinte combinação de benefícios pode ser alcançada em projetos que implementaram Operações Integradas: 5 - 10% de incremento na recuperação, 10% de aumento na produção, 20% de redução no OPEX, significativa redução no tempo do ciclo de planejamento e redução dos riscos de desenvolvimento. Edwards *et al.* (2010) trouxeram importantes referências de sucesso com a aplicação de Operações Integradas, considerando que um acréscimo de 0.5-2.0% no incremento da produção pode representar enormes benefícios para o negócio. Moore-Cernoch (2010) apontou vários resultados práticos de ambientes colaborativos e centros de operações na British Petroleum.

Alguns benefícios relativos a *drilling centers* são apresentados por Maliardi e Renzo (2014), apesar de não quantificados: (1) melhoria dos aspectos de SMS (Segurança, Meio Ambiente e Saúde); (2) antecipação na detecção de potenciais problemas nos poços; (3) aumento da eficiência de perfuração com custo controlado; (4) melhoria na qualidade e produtividade dos poços; (5) otimização da atuação dos empregados seniores; (6) criação de um ambiente de trabalho multidisciplinar, para tomadas de decisão mais efetivas; (7) possibilidade de acelerar o treinamento de pessoal pela disponibilização de uma visão compreensível das operações, através da exposição de uma variedade de atividades ao mesmo tempo.

Os *drilling centers* da empresa a ser estudada são projetados para prover suporte técnico para as tomadas de decisões operacionais em unidades marítimas, durante suas operações de perfuração, completação, abandono e *workover*. A empresa a ser estudada tem sete *drilling centers*, localizados geograficamente em diferentes regiões do Brasil. Uma representação gráfica é dada pela Figura 1, que mostra uma estrutura por camadas. No interior, está representado o conjunto de dados e informações que são fornecidos para as camadas mais externas. A primeira camada mais interior é formada pelos times de especialistas. Estes experts trabalham em dois ambientes fisicamente distintos: uma das equipes se dedica à análise do desempenho das sondas e segurança operacional, utilizando imagens e ferramentas de transmissão de dados em tempo real e a outra está focada nas disciplinas técnicas para a construção de poços, como serviços especiais, cimentação, completação, avaliação, etc.

Na direção ao exterior da Figura 1, a camada seguinte é composta pelos *drilling centers* operacionais, onde as equipes são responsáveis pela construção dos poços e pelo suporte operacional aos demais times. Finalmente, a camada mais externa representa as sondas, ou seja, as unidades marítimas e suas operações. De acordo com Kasumov *et al.* (2013), o sucesso deste conceito é a combinação de várias técnicas e grupos de especialistas, incluindo operadoras e companhias de serviço, para endereçar desafios durante a execução dos projetos de poço.



Figura 1: *Drilling centers* da empresa a ser estudada no contexto da construção de poços

Fonte: o autor

Os *drilling centers* da empresa a ser estudada são suportados por soluções que podem ser classificadas em cinco grupos: (1) Dados de projetos: soluções para criação e edição de projetos de poços e cronogramas de recursos de longo prazo, como barcos e sondas, considerados como recursos críticos; (2) Dados de operação e KPIs (*Key Performance Indicators*): soluções que capturam e reportam dados de status operacional, registrados na construção dos poços, ciclos de manutenção e de utilização de recursos, indicadores de sonda, tempo perdido, custo, indicadores de qualidade, segurança operacional e especificações de sonda e BOP (*Blowout Preventer*); (3) Dados em tempo real: são soluções responsáveis pela transmissão dos dados das unidades marítimas para terra. Os dados em tempo real alimentam a maioria dos sistemas utilizados nos *drilling centers*; (4) Imagens operacionais: soluções que consistem de *softwares* e *hardwares*, que coletam e transmitem as imagens de câmera (CFTV – Circuito Fechado de TV), das plataformas para os *drilling centers*, de forma a auxiliar na tomada de decisão e (5) Videoconferência: soluções com integração de voz e imagens que permitem a conexão dos ambientes

offshore com os *drilling centers* e outros ambientes *onshore*. A Quadro 1 descreve as principais atividades de um *drilling center* típico.

VIGILÂNCIA	SEGURANÇA
<ul style="list-style-type: none"> ○ Análise de parâmetros da perfuração, dados de direcional e trajetória de poço; ○ Operação de estimulação de poço; ○ Perfilagem; ○ Geo-posicionamento; ○ Avaliação de formações; ○ Pressão de poros e fratura; ○ Parâmetros físicos e químicos de fluídos; ○ Diagnóstico de problemas. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Gerenciamento de barreiras de segurança; ○ Segurança de poço; ○ Resposta a emergências; ○ Posicionamento dinâmico; ○ Monitoramento de testes e simulações; ○ Integridade das facilidades.

Quadro 1: Principais atividades dos *Drilling Centers*

Fonte: o autor

1.3 SITUAÇÃO-PROBLEMA DA PESQUISA

De acordo com Landgren *et al.* (2008), as empresas de petróleo e gás exigem cada vez mais ambientes que suportam processos de negócios de E&P em tempo real, onde informações, aplicativos e especialistas de poços podem ser vinculados a gerentes operacionais e tomadores de decisão em um só lugar, para que os parâmetros operacionais diários possam ser visualizados e as decisões executadas. Para Clyde *et al.* (2007), as empresas operadoras em todo o mundo enfrentam desafios de perfuração cada vez mais complexos e onerosos. Além de enfrentar ambientes difíceis e, por vezes, agressivos, o perfurador também encontra um aumento dramático na quantidade e qualidade das informações disponíveis para

otimizar a operação. Em muitas dessas situações, há pouco ou nenhum espaço para erro e o custo do tempo não produtivo, devido a uma decisão errada, pode aumentar significativamente o custo final por barril. A maioria das empresas acredita que tomar decisões em tempo real, ao mesmo tempo em que alavanca recursos globais e infraestrutura, ajuda a melhorar a sua produtividade de campo, reduzindo custos (LANDGREN *et al.*, 2008).

Os avanços na comunicação via satélite e a aplicação de tecnologia superaram a limitação de banda, de forma que a transferência de alto volume contínuo de dados, em tempo real entre a instalação *offshore* e as operações em terra é quase perfeita. Com a escassez atual de pessoal qualificado, a maioria das grandes empresas de petróleo e gás está explorando os *drilling centers* para apoiar seus processos (Clyde *et al.*, 2007). Para Landgren *et al.* (2008), as atividades de construção de poços geralmente ocorrem em regiões remotas e hostis do mundo, onde não é possível ou econômico disponibilizar todos os recursos e pessoal necessários. A atuação global com pessoal disperso frequentemente requer que tais operações sejam virtualizadas. Um fluxo de informações confiável e seguro é fundamental para garantir o sucesso no campo petrolífero contemporâneo. Clyde *et al.* (2007) acrescentam que, com uma combinação de infraestrutura, tecnologia, serviços e processos, esses centros de suporte estão consolidando seus conhecimentos em um ambiente colaborativo, para que decisões em tempo real possam ser tomadas para melhorar os processos de perfuração e reduzir custos. A justificativa para o investimento e construção dos *drilling centers* é clara.

As primeiras experiências bem-sucedidas com *drilling centers* na indústria do petróleo ocorreram recentemente. Laurens e Kales (2014) citam o primeiro *drilling center* da Shell que operou em 2002. Já a Petrobras teve suas experiências pioneiras com *drilling centers* em 2006 (LIMA e GOMES, 2013). Pode-se dizer que a primeira década do século atual foi o florescimento destes ambientes colaborativos para construção de poços, na segunda geração *drilling centers* de Booth (2011).

A empresa a ser estudada nesta pesquisa tem longa história na implantação dos seus *drilling centers*, com atuação em uma grande área geográfica, o que implicou numa estratégia de operação com vários ambientes colaborativos, distribuídos regionalmente. Além disso, as implantações dos *drilling centers* aconteceram em momentos diferentes e, conseqüentemente, com diversas

gerações de tecnologia. Outro aspecto relevante é a força de trabalho, que apresenta diferentes culturas nas várias áreas de atuação desta empresa. A adequação das tecnologias, alinhamento dos processos de trabalho, bem como a seleção das competências é fundamental para que a empresa a ser estudada possa orientar o seu posicionamento estratégico na reestruturação de seus *drilling centers*, de forma que a construção dos poços possa corresponder à importância significativa dos seus investimentos (da ordem de metade dos CAPEX – *Capital Expenditure* de E&P), num cenário extremamente desafiador, imposto pela atual conjuntura econômica mundial.

A situação problema desta pesquisa se relaciona com o resultado da evolução histórica da implantação dos *drilling centers* na empresa estudada. Pelo exposto anteriormente, existe uma grande heterogeneidade no que diz respeito à tecnologia, modo de operação e cultura dos empregados. Não foi encontrada na literatura, nenhuma abordagem que permitisse analisar os ambientes colaborativos nestas dimensões, o que torna mais complexa a definição da melhor concepção destes *drilling centers*, no que tange a número, abrangência de atuação, capacitação dos usuários e tecnologias recomendadas. Este desconhecimento gera dificuldades para a empresa estudada se posicionar estrategicamente quanto aos seus ambientes colaborativos de construção de poços. Desta forma, a hipótese central desta pesquisa é norteadas na questão de haver uma abordagem que permita compreender esses ambientes colaborativos, de forma a interferir na sua operação, permitindo ganho de eficiência e aumento da segurança.

1.4 OBJETIVOS

Conhecida como uma companhia integrada de energia que atua em todos os segmentos da indústria do petróleo, a empresa estudada possui ampla experiência gerencial e utiliza uma abordagem multidisciplinar, que se aplica a diferentes áreas e seguimentos de E&P. Recentemente, as impressionantes descobertas de novas reservas criaram um cenário excitante em vários aspectos. Contudo, a conjuntura econômica atual está contrapondo esta realidade, que aponta para o grande desafio de produzir tais reservas em condições adversas, tendo que superar inúmeros desafios tecnológicos, físicos e econômicos. A área de construção de poços

representa um papel fundamental neste contexto. A magnitude dos investimentos na perfuração é expressiva, bem como seu risco é elevado, tanto do ponto de vista econômico, quanto de segurança. Assim, realizar perfurações de forma mais otimizada e segura é um fator crucial para o sucesso da empresa estudada. A prática adotada pelas operadoras de petróleo mundo a fora envolve a utilização de *drilling centers* capacitados e adequados às operações.

Neste sentido, o objetivo geral do trabalho é propor um modelo de avaliação dos elementos estruturantes do processo estratégico para suporte à melhoria de processos em Operações Integradas na construção de poços de petróleo *offshore*, através da utilização de uma abordagem quantitativa das dimensões PPTO e qualitativa com entrevistas.

Com base nesse objetivo, elaboraram-se os seguintes objetivos específicos:

- a) levantar, na bibliografia especializada, quais aspectos são identificados ao PPTO das Operações Integradas, de forma a construir um Quadro Referencial Teórico;
- b) levantar as iniciativas tecnológicas e principais modelos de implantação de Operações Integradas, já existentes associadas à gestão de operações utilizadas por organizações de classe mundial para apoiar o sistema e as ações estratégicas propostas;
- c) analisar os *drilling centers* de uma operadora de petróleo no Brasil, utilizando os aspectos fundamentais de Operações Integradas (Pessoas, Processos, Tecnologia e Organização);
- d) avaliar o modelo de processo estratégico dos *drilling centers* da empresa estudada.

1.5 QUESTÕES DE PESQUISA

As questões básicas que nortearão este estudo são:

- Qual o diagnóstico quantitativo e qualitativo das Operações Integradas (Pessoas, Processos, Tecnologia e Organização) para cada *drilling center* da empresa estudada?

- Qual deveria ser a melhor proposta de modelo de processo estratégico dos *drilling centers* da empresa estudada?

1.6 DELIMITAÇÃO

Houve dificuldades de realizar *surveys* externos à empresa estudada. Desta forma, este estudo limita-se à indústria do petróleo, sendo realizado em uma operadora de petróleo no Brasil. As conclusões são relativas à construção de poços. A Figura 2, a seguir, denota a delimitação temporal desta pesquisa. A mesma abordagem, no momento atual, poderá servir como *baseline* para estudos posteriores, para avaliar a evolução dos *drilling centers*.

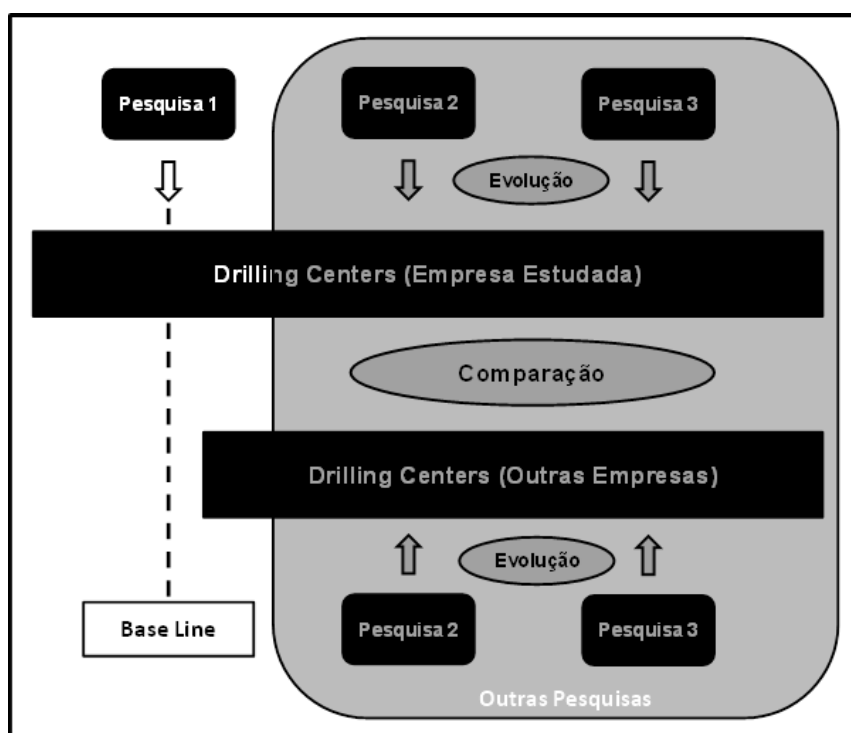


Figura 2: Visão temporal da abordagem adotada

Fonte: o autor

O presente estudo constitui-se na Pesquisa 1 da Figura 2, onde se pode estabelecer a referência (*baseline*). Futuras pesquisas (2 e 3 da Figura 2) poderão

ser realizadas no sentido de proporcionar outros estudos na companhia estudada ou em outras operadoras de petróleo, utilizando a *baseline* do presente trabalho, de forma a comparar *drilling centers* de diferentes cenários, ou a evolução de um específico *drilling center*.

1.7 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

A Indústria do Petróleo é bastante dinâmica devido à importância de seus produtos, ao seu caráter estratégico e à oscilação do mercado (KAPTEIJN, 2002). Muita tecnologia está sendo incorporada aos processos de trabalho, bem como grande esforço de redesenho tem sido empenhado nas últimas décadas. As Operações Integradas surgiram com foco prioritário na produção dos ativos de petróleo (EDWARDS, 2015). Contudo, existe um grande potencial de ganho de valor e obtenção de benefícios da utilização deste conceito de forma mais ampla para a construção de poços. Nguyen (2013) aponta que os modelos atuais de Operações Integradas continuarão a evoluir para uma maior integração de vários serviços clássicos de construção de poços. A mudança dos paradigmas continuará sendo impulsionada pela automação dos processos. A etapa seguinte será baseada em sistemas analíticos e preditivos.

Apesar de haver muitos programas de Operações Integradas em operadoras de petróleo e fornecedoras de serviço, este tema é bastante incipiente na indústria (AL-JASMI *et al.*, 2013). Os estudos acerca do assunto se intensificaram apenas nos últimos anos. A maioria das empresas têm se preocupado com as lições aprendidas (*lessons learned*), envolvendo pilotos e iniciativas. Isto explica o fato de existirem poucos livros sobre o tema³ e que a grande maioria de publicações relativas a Operações Integradas ocorra em artigos em eventos, nos quais são relatados casos práticos de aplicação. Silva (2004) aponta que um dos facilitadores para o trabalho com o formato explícito do conhecimento é a capacidade de construção de *lessons learned* – a parte da memória organizacional que contém apenas o conhecimento

³ Tom Rosendahl (BI Norwegian Business School) e Vidar Hepsø (NTNU) organizaram em 2013 um livro que coleciona o conhecimento de *Integrated Operations* de muitos autores da academia e da indústria.

explícito, significando registrar objetivamente uma determinada vivência, os erros levantados e as soluções adotadas. Desta forma, o presente estudo é uma grande oportunidade para aprofundar a experiência acadêmica brasileira sobre o tema, despertando conexões para futuras pesquisas e publicações. Este trabalho também traz significativos reflexos na indústria do petróleo, onde a construção de poços responde com uma parcela significativa dos investimentos. O maior conhecimento sobre os *drilling centers* trará instrumentos que permitirão a otimização dos processos, com conseqüente geração de valor.

A ideia é configurar, em pesquisas posteriores, uma metodologia eficiente, de aplicação geral na indústria de petróleo, que permita um melhor entendimento dos *drilling centers*, à luz das Operações Integradas.

1.8 INEDITISMO E CONTRIBUIÇÃO CIENTÍFICA DA PESQUISA

O fenômeno analisado depende da abrangência e da atenção dispensada pelo observador. Ressalta-se que as possibilidades de analisar uma variável estão sujeitas, muitas vezes, a uma série de questões relacionadas às suas especialidades, seu contexto, e a quem irá examiná-la. Tendo como base tais preceitos, menciona-se que o ineditismo resulta de uma abordagem peculiar que o pesquisador atribui ao tema ou mesmo dos procedimentos para desenvolvê-lo, e não de preocupações com a existência de outros estudos sobre o mesmo assunto (Souza, 2010). Assim, o que torna um determinado estudo inédito são as maneiras de identificá-lo e analisá-lo. Souza (2010) destaca a importância da abrangência e da atenção observador na análise de um fenômeno. De acordo com o referido trabalho, as possibilidades de analisar uma variável estão sujeitas a muitos aspectos relativos às suas especialidades, contexto e a quem a examinará. Ainda de acordo com referido autor, o ineditismo resulta de uma abordagem peculiar que o pesquisador atribui ao tema ou mesmo dos procedimentos para desenvolvê-lo e não de preocupações com a existência de outros estudos sobre o mesmo assunto. Desta forma, são as maneiras de identificar ou analisar um estudo que o tornam inédito.

Introduzindo essas questões na conjuntura dessa tese, o seu ineditismo pode ser constatado pelo fato de que não se encontrou, na bibliografia pesquisada, nenhum outro trabalho relevante que se proponha a estudar diretamente as Operações Integradas como elemento balizador do conceito aplicável à análise dos *drilling centers* na construção de poços, da forma como será configurado nesta investigação.

De acordo com Phillips e Pugh (2005), partindo de uma abordagem teórica e empírica em um contexto integrador, existem inúmeras concepções que podem ser consideradas como originalidade. Para Bicas (2008), originalidade implica no desvendamento de dúvidas, apresentação de perspectivas à abordagem de problemas, revelação de resoluções, explicitação de correlações importantes, enfim, descrição de novidades que enriqueçam o conhecimento sobre um assunto. Já Matheus (2012, pp. 09) acrescenta que o trabalho de pesquisa é indutivo-dedutivo pelo qual a originalidade da pesquisa implica, não apenas no caráter impessoal dos dados que apresenta, como também o caráter absolutamente pessoal e intransferível que a autoria do pesquisador acrescenta.

A originalidade pode ser demonstrada através dos seguintes elementos, conforme Phillips e Pugh (2005): desenvolvimento e sistematização das informações pela escrita em uma primeira vez; continuidade de uma parte de um trabalho original; execução de um trabalho original; técnica, observação ou resultado original em uma pesquisa não original; ideias, métodos e interpretações originais; teste de ideias dos outros; pesquisa empírica inédita; síntese nunca realizada anteriormente; nova interpretação de um contexto já conhecido; pesquisa em seu país, que havia somente sido realizada no exterior; técnica específica em uma nova área; novas evidências em discussões antigas; multidisciplinaridade com diferentes metodologias; domínios que não foram considerados em pesquisas da área e avanço do conhecimento de uma maneira que ainda não foi feito.

A literatura desta pesquisa aponta que existem alguns trabalhos que se valem do conceito de Operações Integradas na área de construção de poços. Contudo, o presente estudo pretende lançar novas luzes sobre o objeto pesquisado no que diz respeito à avaliação dos *drilling centers*, que, pela visão de Phillips e Pugh, anteriormente colocada, trazem os elementos de originalidade que podem contribuir para o desenvolvimento científico. Assim, essas novas luzes se relacionam com o

melhor conhecimento dos *drilling centers* de forma a entender as diferenças entre eles.

A originalidade pode se expressar pelo redesenho dos processos de trabalho. Um processo pode ser representado por um fluxo de trabalho, como os da Figura 3. De acordo com Alvarado *et al.* (2005), um fluxo de trabalho (*workflow*) é um conjunto de tarefas ou atividades cada qual com suas informações de entrada e saída. Para Alves (2009), um processo pode ser definido como um fluxo de trabalho caracterizado por *inputs* e *outputs* claramente definidos e tarefas que dependem uma das outras, numa sequência lógica, com o objetivo de atender aos clientes, atravessando as fronteiras das áreas funcionais.

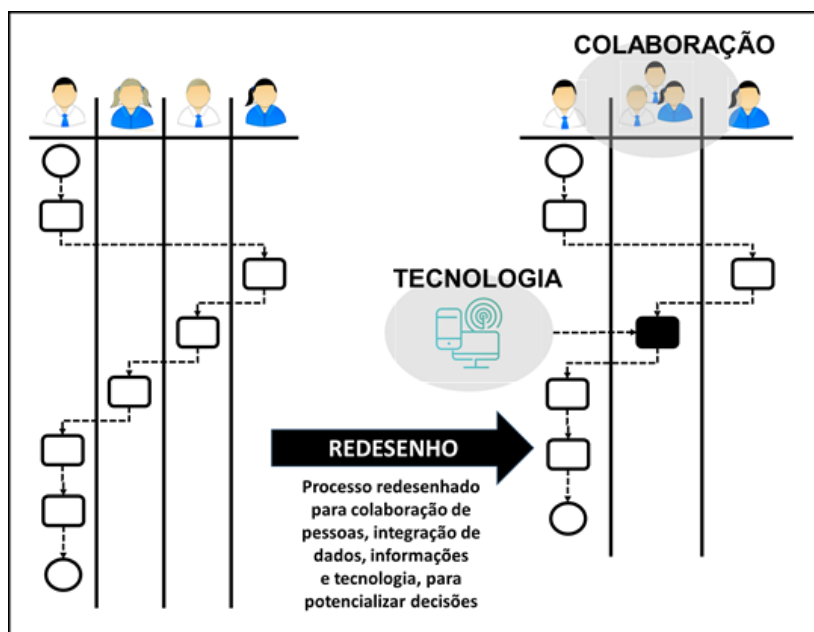


Figura 3: Possibilidades para verificação do valor em processos redesenhados

Fonte: o próprio autor

Outra contribuição importante é relativa à automatização dos processos de trabalho. Foi realizada uma pesquisa entre os membros da SPE⁴, relatada por Hite

⁴ SPE = Society of the Petroleum Engineers

et al. (2007), que buscou aprofundar a compreensão acerca das barreiras de implantação da otimização em tempo real. Neste estudo, observou-se que 91% das operadoras de petróleo utilizavam planilhas ou trabalhavam os dados manualmente, por exemplo, para inseri-los em soluções analíticas. Isto era muito demandante de esforço humano. Além disso, de acordo com este estudo, 55% dos empregados tinham 25% ou menos de tempo disponível para análise, dedicando o restante de seu esforço para consolidar, localizar manipular e adequar dados. Ainda de acordo com este estudo, o princípio fundamental do redesenho destes processos, considerando as Operações Integradas, foi descobrir quais tarefas podem ser modificadas, substituídas ou eliminadas, através da integração de dados e informações, emprego de tecnologia e, fundamentalmente, potencialização da colaboração dos participantes deste processo, alavancando resultados e otimizando a eficiência do processo.

Se o processo de trabalho que será redesenhado possuir indicadores de desempenho devidamente estabelecidos e análise crítica bem consolidada, é possível efetuar a comparação dos desempenhos do processo antes e depois da implantação das Operações Integradas. Isto pode ser ilustrado pelo trabalho de Al Mulla (2004), onde um *framework* integrado para melhoria da qualidade e desempenho da ADCO⁵ foi apresentado, com o nome de Q&PI⁶. Os resultados apontaram para uma diminuição nas mudanças de programação de sonda (perfuração e *workover*⁷), satisfação dos empregados e sucesso em perfilagens⁸, o que implicou numa melhoria importante nos indicadores da referida empresa.

1.9 ASPECTOS DA INTERDISCIPLINARIDADE DA PESQUISA

A pesquisa interdisciplinar é definida pelo National Academies Committee on Science (2005) como um modo de pesquisa por equipes ou indivíduos, que integra

⁵ A ADCO (Abu Dhabi Company for Onshore Oil Operations) opera em terra e em águas rasas do litoral de Abu Dhabi, um dos sete membros dos Emirados Árabes Unidos.

⁶ Quality and Performance Improvement.

⁷ *Workover* é uma intervenção em um poço de petróleo, posterior à sua perfuração.

⁸ Perfilagem é uma operação realizada a cabo ou com coluna com a finalidade de obter características das várias formações atravessadas, cimentação, revestimentos ou coluna de produção, em poços de petróleo.

informação, dados, técnicas, ferramentas, perspectivas, conceitos e teorias de duas ou mais disciplinas ou entidades de conhecimentos especializados para promover a compreensão fundamental ou para resolver problemas, cujas soluções estão fora do âmbito de uma única disciplina ou área de prática de investigação. Para Mustaquim (2015), a interdisciplinaridade tem sido um conceito popular usado para preencher as lacunas dentro de muitas disciplinas. Rodriguez (2016) acrescenta que a interdisciplinaridade implica na integração de dados disciplinares segmentados, métodos, ferramentas, conceitos e teorias, a fim de criar uma visão holística ou compreensão comum de uma questão, pergunta ou problema complexo.

De acordo com Tarrant e Thiele (2017), a interdisciplinaridade representa um esforço para alcançar conhecimento integrado em uma era de especialização acadêmica crescente. Esta concepção é corroborada por MacLeod (2018), que cita que a interdisciplinaridade, às vezes, parece sinônimo da ideia de que os pesquisadores de alguma forma aprenderão a trabalhar em ambientes de solução de problemas abertos mais fluidos, sem aderir a receitas e normas disciplinares de resolução de problemas. Mas isso deve ser ponderado contra a importância do papel que tais receitas e normas desempenham, permitindo a resolução eficiente e eficaz de problemas.

De acordo com o National Academies Committee on Science (2005), talvez o propulsor mais comum da interdisciplinaridade para o surgimento de novas disciplinas é a pura complexidade da natureza, que impulsiona pesquisadores para a próxima questão importante, movendo também interfaces com outras disciplinas e parcerias com colegas. Para Wang *et al.* (2017), os problemas urgentes na ciência e na engenharia precisam de soluções além do escopo de um único campo. Logo, a produção do conhecimento mostra a tendência da sincretização das disciplinas. Assim, na última década, a sociedade deu mais ênfase à pesquisa interdisciplinar para promover a inovação científica e tecnológica. Ainda de acordo com os autores, medir a interdisciplinaridade pode revelar características de fluxo de conhecimento. MacLEOD (2018) preleciona que os "obstáculos cognitivos" à interdisciplinaridade são considerados referentes aos desafios conceituais e metodológicos mais intelectuais e técnicos que os pesquisadores enfrentam, coordenando e integrando conceitos, métodos, padrões epistêmicos e tecnologias de seus respectivos domínios científicos, particularmente no contexto da colaboração, a fim de obter

algum benefício para a resolução de problemas específicos ou conjuntos de problemas.

O caráter interdisciplinar desta pesquisa origina-se do conceito fundamental das Operações Integradas, que está associado aos quatro pilares: Pessoas, Processos, Tecnologia e Organização, que têm disciplinas diversas associadas. Outro aspecto característico da interdisciplinaridade é a aplicação das Operações Integradas no contexto desta pesquisa, que pode ir dos aspectos humanos, ergonômicos, tecnológicos, econômicos, ecológicos, organizacionais, dentre outros.

A Figura 4, a seguir, ilustra a interação das áreas desta pesquisa. Pode-se observar que a área de “Processos” se relaciona com as demais através da otimização e racionalização dos fluxos de trabalho, conforme já debatido na seção anterior. Neste contexto, a área de “Tecnologia” provê infraestrutura, com ferramentas de engenharia, *softwares* integradores e *hardwares*. A área de “Organização” é responsável pela estrutura das gerências na empresa, que deve estar alinhada aos processos redesenhados. Por fim, a dimensão “Pessoas” interage com a colaboração na tomada das decisões.

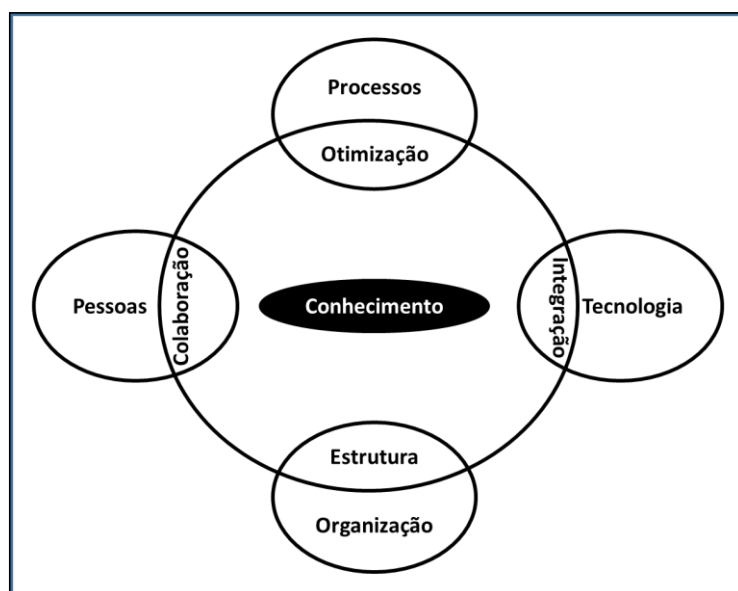


Figura 4: Interação das áreas

Fonte: o próprio autor

Pela Figura 4, pode-se perceber que o cunho interdisciplinar desta pesquisa se reflete na aplicação de abordagens relacionadas ao Ser Humano (pessoas e colaboração), gestão de processos (otimização e redesenho), conhecimento tecnológico (integração de dados e sistemas) e gerenciamento organizacional (redesenho e estruturação da empresa), que são relacionados ao PPTO. Além de sua natureza interdisciplinar, esta tese também é adequada à área de Apoio à Decisão do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Gestão Sustentáveis, por se tratar de estudos relacionados ao gerenciamento do conhecimento em organizações empresariais, enquadrando-se nas seguintes linhas de pesquisa: a) Gestão do conhecimento da sustentabilidade: discute, entre outros, pontos da integração das operações associados às atividades de construção de poços em prol de sua sustentabilidade. b) Teoria e prática em gestão do conhecimento: estuda a relação das atividades das Operações Integradas em organizações, buscando relacioná-las com *drilling centers*, de forma a propor otimizações da construção de poços, em uma abordagem que pode ser utilizada por qualquer empresa na Indústria do Petróleo.

1.10 ESTRUTURA DA PESQUISA

A fim de melhor atender ao seu propósito e suas contribuições ao estado da arte, esta tese está estruturada e organizada em quatro capítulos principais, divididos em seções e subseções. O primeiro capítulo representa a introdução ao tema e traz o contexto no qual a pesquisa foi desenvolvida, bem como a fundamentação que determinará este trabalho e é composto pela apresentação do tema e do problema do estudo, da contextualização dos *drilling centers*, da situação-problema da pesquisa, delineando os objetivos, questões e as hipóteses, bem como a delimitação e justificativa deste trabalho. Além desses pontos, o ineditismo, a inovação, a contemporaneidade, a interdisciplinaridade e a contribuição científica complementam e finalizam este capítulo inicial.

Seguindo sua estrutura de apresentação, a fundamentação teórica, responsável pelo suporte à realização da parte prática deste trabalho, é explicitada no capítulo dois, abordando assuntos relacionados à proposta da pesquisa. É apresentado um quadro referencial teórico sobre os elementos estruturantes das

Operações Integradas, bem como são detalhadas, com base na pesquisa bibliográfica, a Transformação Digital na indústria de O&G, as filosofias e modelos empregados pelas principais operadoras de petróleo no mundo.

Estabelecida a fundamentação teórica do estudo, o próximo passo foi definir e delimitar os procedimentos metodológicos a serem utilizados. Esse processo, lógico e sequencial, guiou a prática da pesquisa, sendo fundamental em seu desenvolvimento, conforme o terceiro capítulo.

No quarto capítulo, os resultados obtidos são apresentados e discutidos. O capítulo 5 trata do PPTO no âmbito da Indústria 4.0. E, por fim, o capítulo 6 conclui a discussão desenvolvida na tese. São também apresentadas sugestões de possíveis temas de pesquisa a serem explorados futuramente.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ESTABELECIMENTO DO ESTADO DA ARTE

A seguir, serão discutidos aspectos fundamentais de Operações Integradas, aprofundando nos seus atores e no conceito de MTO (Man-Technology-Organization) e nos atores envolvidos. O Quadro Referencial Teórico será apresentado. A Transformação Digital no segmento de O&G será discutida, analisando a visão de Indústria 4.0 no contexto da indústria de petróleo.

2.1.1 Operações Integradas

O petróleo nos dias de hoje continua a ser a principal fonte de energia primária, que responde por mais de 30% da energia mundial (KOLBIKOV *et al.*, 2014). Na atualidade, o petróleo é geralmente considerado como um produto que desempenha um papel fundamental na economia global. Apesar de o petróleo ser comercialmente considerado uma matéria-prima, recentemente ele aumentou seu valor como ativo financeiro. Eventualmente, os preços do petróleo caracterizaram-se por uma volatilidade muito elevada tanto a curto como em longo prazo. Outro aspecto está relacionado à complexidade das novas reservas comprovadas de petróleo. Este cenário vai exigir não apenas investimentos, novas tecnologias, mas também processo de redesenho e otimização.

Um dos principais desafios enfrentados pela indústria do petróleo é aumentar a recuperação dos hidrocarbonetos da base de ativos existente. Com o acesso a novos recursos tornando-se mais difícil e a produção caindo diante do envelhecimento dos reservatórios, a consciência de que é necessário gerenciar ativos de forma diferente está crescendo. A otimização da recuperação é, portanto, um problema crescente com implicações significativas no desenvolvimento de competências no capital, na tecnologia e na força de trabalho (POTTERS e KAPTEIJN, 2005). Desde a virada do milênio, a maioria das grandes companhias de petróleo e empresas globais de fornecedores e serviços operacionais têm considerado cada vez mais a exploração e a operação de petróleo no contexto de tecnologias de informação e de comunicação. As Operações Integradas são um

conceito usado para descrever esta nova forma de fazer negócios (ROSENDAHL *et al.*, 2013).

Abordagens ligadas ao melhor desempenho das operações, como a proposta por esta pesquisa, podem ter impacto na sustentabilidade da produção de petróleo. Por exemplo, a questão do efeito estufa que está relacionada à produção do dióxido de carbono. Este gás, além de ser gerado pelo consumo dos combustíveis fósseis, também está presente em algumas jazidas de petróleo, como as do Pré-sal brasileiro. Assim, para produzir estas reservas com responsabilidade ambiental, a empresa estudada separa o dióxido de carbono e reinjeta este gás em determinados pontos do reservatório, permitindo, inclusive, a melhor recuperação do petróleo remanescente. A consciência ambiental deve estar presente em todas as etapas do ciclo produtivo. Desta forma, o presente estudo pode colaborar para a sustentabilidade, tornando as construções dos poços, sejam eles produtores ou injetores, mais eficiente e segura.

De acordo com Larsen *et al.* (2012), Operações Integradas relacionam pessoas, processos de trabalho e tecnologia para tomadas de decisões mais inteligentes e melhor executadas. Isto é possível através de informações compartilhadas em tempo real, tecnologias colaborativas e especialistas interdisciplinares, atuando em várias partes das organizações e em diversos locais geográficos.

2.1.2 MTO (*Man-Technology-Organization*)

O MTO é um método que se fundamenta nos fatores humanos, tecnológicos e organizacionais para investigação de acidentes e é baseado na indústria nuclear. De acordo com Maia (2015), seu principal objetivo é garantir a adaptação das organizações às novas maneiras de trabalhar, de modo que os recursos humanos, tecnológicos e organizacionais operem de maneira integrada. O método se propõe a facilitar as mudanças organizacionais, através da alocação de responsabilidades de tarefas às pessoas cujos papéis e competências sejam os mais adequados. Drøivoldsmo *et al.* (2012) descrevem as principais atividades necessárias para a implantação do método: (1) definição da visão e objetivos, (2) mapeamento dos

papéis e tarefas, (3) modelagem da organização e desenho do fluxo de trabalho e (4) gestão de mudança.

De acordo com Garotti (2017), ao estimular novas maneiras de maior interação, as Operações Integradas promovem novas formas de trabalho em equipe multidisciplinar. A importância destas mudanças fica evidente analisando os fatores relevantes do MTO, conforme a Figura 5.

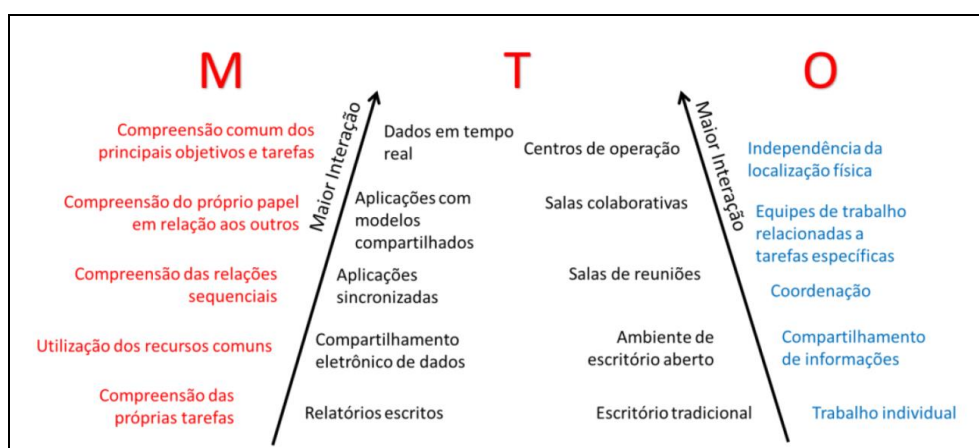


Figura 5: Fatores de MTO relevantes
Adaptado de: Ringstad e Andersen (2006)

A análise por fatores permite compreender a evolução que pode ir desde a compreensão das próprias tarefas, com relatórios escritos, em um escritório tradicional com trabalho individual, até a compreensão comum dos principais objetivos e tarefas, com dados em tempo real em centros de operação, com independência da localização física. Existem inúmeras combinações da evolução destes fatores. De acordo com Ringstad e Andersen (2006), a análise dos processos de trabalho relevantes é que pode ditar qual o grau de evolução destes fatores, necessário em determinada situação.

2.1.3 Os Atores Envolvidos

Os atores das Operações Integradas são todos os empregados que trabalham em processos que foram otimizados por esta abordagem. Normalmente, estes

processos se desencadeiam em ambientes colaborativos, onde atuam muitos personagens de diferentes organizações. De acordo com Skarholt *et al.* (2013), estes atores tem um foco proativo, fortalecendo a capacidade de descobrir e estar preparado para situações inesperadas pelo uso de dados em tempo real, criando uma consciência comparativa compartilhada. Os ambientes colaborativos podem existir nos operadores, ou nos seus fornecedores, conforme ilustrado na Figura 6.

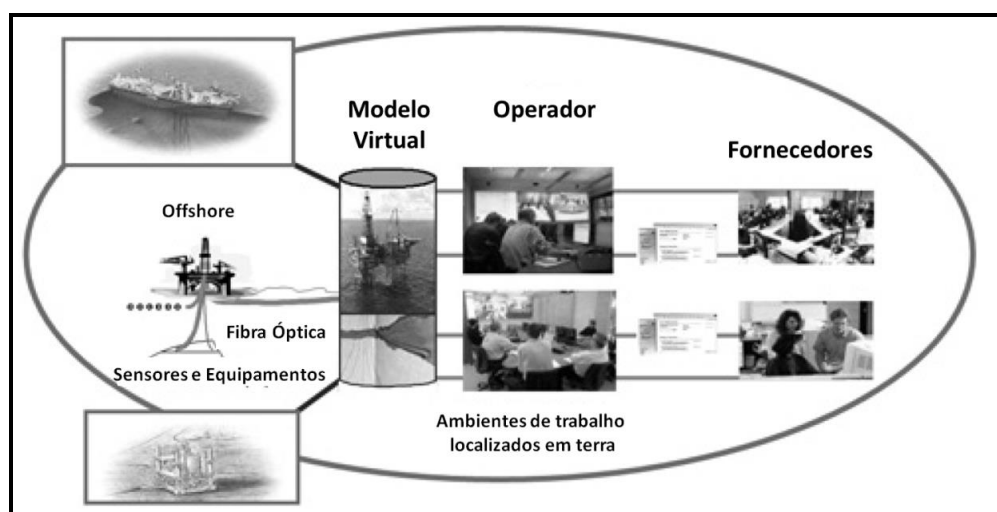


Figura 6: Operações Integradas: do reservatório aos operadores e fornecedores

Adaptado de: Henderson *et al.* (2013)

Estes times necessitam de intensa coordenação, pois muitas vezes estas frentes de trabalho são geograficamente distribuídas e existem múltiplas interdependências (LARSEN, 2013). Neste sentido, o uso da tecnologia permite a comunicação dos envolvidos, bem como o acesso aos dados informações corretas para as tomadas de decisão. Para Hepsø *et al.* (2013), além da distância geográfica, demandas de alta complexidade, ambientes desafiadores e elevado risco fazem com que a colaboração entre atores envolvidos seja um desafio fundamental para executar uma prática coordenada, que resulte em soluções adequadas.

2.1.4 O Modelo Sistêmico da Gestão Integrada de Operações

O incremento da colaboração entre os envolvidos nos processos, a integração de informações e dados, bem como a utilização de ferramentas e sistemas de

engenharia adequados são elementos preponderantes no redesenho dos principais processos da cadeia de valor, de forma a permitir a otimização das suas tarefas, proporcionando decisões mais adequadas, tomadas de forma mais acertada e no tempo correto. Isto demanda infraestrutura nos ambientes de colaboração, bem como recursos de informática como *hardwares*, dispositivos de comunicação e integração, aquisição e desenvolvimento de ferramentas, sistemas e aplicativos. A dimensão humana é o elemento mais importante e complexo de todos. É necessário providenciar a correta preparação e treinamento de todos os envolvidos nos processos a serem redesenhados, através de um programa de gestão de mudança. A estrutura organizacional deve ser compatível com o conceito do gerenciamento integrado a ser implantado, proporcionando recursos, pessoas, procedimentos, estrutura de negócios e regras, através da governança. Fundamentalmente, as pessoas devem criar a cultura empresarial, que esteja centrada em segurança e aumento da eficiência.

Os Quadros de 2 a 5, a seguir, apresentam o Quadro de Referencial Teórico do modelo sistêmico Pessoas-Processos-Tecnologia-Organização, no contexto da Gestão Integrada de Operações.

PESSOAS
(Reddick <i>et al.</i> , 2008; Vinturini <i>et al.</i> , 2008; GERRARD <i>et al.</i> , 2010; Barghouthy <i>et al.</i> , 2010; Lilleng e Sagatun, 2010; Perrons, 2010; SAWARYN, <i>et al.</i> , 2011; CHAI <i>et al.</i> , 2014; Azaman <i>et al.</i> , 2015)
<ul style="list-style-type: none"> ○ Dois tipos principais de colaboração foram identificados nos <i>drilling centers</i>. O primeiro envolve pessoas e o processo que permite que os profissionais troquem e discutam ideias, de forma a empenhar as ações corretas para resolver os problemas. O segundo tipo de colaboração é obtido pela interação de pessoas e tecnologia para trocar modelos, dados, experiências, melhores práticas e muito mais; ○ Um ambiente de decisão operacional será tipicamente físico e virtual. A Statoil⁹ estabeleceu ambientes avançados de colaboração para todas as unidades <i>offshore</i> e <i>onshore</i>. Entretanto, nem todos os especialistas <i>onshore</i> poderão ser lotados fisicamente, o que demandará ferramentas de colaboração e soluções flexíveis para implementar a colaboração, tornando possível a inclusão eficiente de todos os especialistas relevantes e grupos de experts na mesma arena virtual de decisão e criando uma consciência situacional comum; ○ Através de mais dados de melhor qualidade de ativos de E&P, é possível transpor muitas tarefas operacionais para locações remotas, onde elas podem ser conduzidas mais eficientemente e de maneira mais segura. As operações remotas alcançam este objetivo por ter um operador dedicado trabalhando com a equipe de operações do ativo, de modo a prover a consciência situacional das operações de campo e por reduzir o tempo das tomadas de decisão. Os dados em tempo real e seus benefícios somente serão completamente explorados se houver uma adaptação à forma de trabalho e que as decisões sejam em tempo real. O objetivo dos ambientes colaborativos é permitir que os tomadores de decisão possam agir em tempo real; ○ Ambientes colaborativos estimulam a cooperação e integração de equipes em tempo real, o fluxo mais intenso de informação e o conhecimento do ativo, levando a uma nova cultura organizacional. Esta nova cultura estimula análises mais estruturadas e otimizadas dos problemas, avaliação de cenários e definição de planos de ação, suportando o processo de tomada de decisão; ○ A implementação das Operações Integradas no Campo de Samarang representa a maior mudança na forma como o ativo gerencia a operação, tanto diariamente, quanto em longo termo para o campo.

⁹ A Statoil é uma empresa estatal petrolífera norueguesa com sede em Stavanger, que alterou seu nome para Equinor, durante esta pesquisa. A referência a esta empresa foi mantida como Statoil nesta tese.

Quadro 2: Quadro Referencial Teórico – Pessoas**Fonte:** o autor

Formatado: Justificado

PROCESSOS
(Stenhouse, 2008; Moisés <i>et al.</i> , 2008; Ringstad e Andersen, 2007; Potters e Kapteijn, 2005; Lilleng e Sagatun, 2010; Al-Dhubaib, 2011; SAPUTELLI <i>et al.</i> , 2013; Jose e Daulton, 2015)
<ul style="list-style-type: none"> o As implementações de fluxos de trabalho oferecem grandes oportunidades na automatização ou semi-automatização de processos e tarefas complexos. Os fluxos de trabalho são definidos de ponta a ponta. À medida que os fluxos de trabalho se dão através do processo de coleta, integrando dados, realizando e apresentando análises e recomendando ações corretivas, o conhecimento tácito pode ser capturado ao longo do caminho para futuras aplicações de gestão do conhecimento; o Os aspectos-chave representam elementos críticos de sucesso (atividades ou melhores práticas) dos processos de trabalho com relação à criação de valor e objetivos de negócio; uma série de mudanças organizacionais foram introduzidas como parte da implementação das Operações Integradas. o Novos processos de trabalho foram descritos, tarefas foram movidas de offshore para instalações <i>onshore</i> e de unidades organizacionais locais para unidades que servem a mais de uma instalação, as tarefas de trabalho foram modificadas para algumas posições e as interfaces e linhas de comunicação entre grupos profissionais foram alteradas; o As atividades individuais não agregam valor a menos que sejam efetivamente conectadas e integradas (fechando o ciclo). Cada atividade deve ser apoiada com as habilidades e fluxos de trabalho adequados. O desempenho do ciclo total determina a qualidade da tomada de decisão e a eficiência e eficácia do processo de gestão de ativos; o A otimização da tecnologia deve ser introduzida gradualmente, começando simples e agregando complexidade, conforme necessário, com uma abordagem baseada em valores. Há um número limitado de fluxos de trabalho de otimização que são comuns a muitas operações de <i>upstream</i>. Um kit de ferramentas, projetado para suportar esses fluxos de trabalho, pode ser rapidamente reconfigurado e reimplantado; o Para projetar novos fluxos de trabalho de forma mais eficiente, é necessário ter uma compreensão completa dos processos de negócio de ativos. O mapeamento do processo AS IS, combinado com disponibilidade de tecnologia de ativos e análise crítica, ajuda o projeto de fluxo de trabalho do TO BE, que busca a redução de custos, o aumento do fator de recuperação e a melhoria da eficiência operacional. o O mapeamento de processos permite a avaliação de benefícios e impactos e orienta o plano de ação de gerenciamento de mudanças. Antes de qualquer ferramenta ser implementada, a organização necessita de passar por vários passos para garantir que o valor desta evolução será alcançado: análise do processo com um extensivo entendimento do processo de negócio, atenção aos atores e instrumentação.

Quadro 3: Quadro Referencial Teórico – Processos**Fonte:** o autor

Formatado: Fonte: 4 pt

TECNOLOGIA
(Ringstad e Andersen, 2007; PICKERING <i>et al.</i> , 2008; Vinturini <i>et al.</i> , 2008; Reddick <i>et al.</i> , 2008; Barghouthy, <i>et al.</i> 2010; Lilleng e Sagatun, 2010; Perrons, 2010; VELARDE, 2015; Kaland <i>et al.</i> , 2016)
<ul style="list-style-type: none"> o As tarefas devem ser automatizadas ao máximo possível. Controle de qualidade e validação de dados também devem ser automatizados para permitir que os engenheiros se concentrem mais em análise e tomada de decisão. É necessário fornecer sistemas que permitam a integração perfeita de dados em fluxos de trabalho, fácil integração de aplicativos a fluxos de trabalho, fácil integração e interação do usuário com o processo de fluxo de trabalho e integração de disciplinas separadas por fluxos de trabalho relacionados; o A tecnologia de Operações Integradas compreende ambas as ferramentas (por exemplo, <i>software</i> e equipamento para comunicação audiovisual) e instalações (por exemplo, salas de colaboração); o <i>Topsides</i> e plantas de processamento estão cada vez mais instrumentadas e automatizadas, tornando a otimização total de sistemas uma oportunidade realista para muitas instalações de campo novas e maduras. Os volumes de dados crescentes colocam requisitos mais fortes nas redes de comunicação e de transmissão de dados, tanto a nível local como regional; o Operações Integradas não são uma tecnologia autônoma desenvolvida por uma única equipe. Em vez disso, baseiam-se na integração de dezenas de ferramentas, habilidades e fluxos de trabalho para melhorar o desempenho dos ativos essenciais da Shell, de forma estrutural e sustentável; o Os seguintes temas tecnológicos formam o núcleo do programa de Operações Integradas da BP: gerenciamento de reservatórios em tempo real, otimização de produção, monitoramento e colaboração de desempenho remoto, ambientes colaborativos avançados e conexão de <i>know-how</i> e conhecimento global;

- o A intenção inicial com as Operações Integradas era utilizar tecnologias inteligentes para produzir óleo mais rapidamente. Isso envolveu uma melhor utilização de todos os dados em tempo real disponíveis em análise *on-line* e tomada de decisão, melhor utilização da comunicação entre as locações, relocação de trabalho, quebra dos silos entre as diferentes disciplinas e utilização de novas tecnologias. As Operações Integradas não são apenas um projeto de tecnologia: para que a sua implantação seja um sucesso, a equipe do projeto deve se concentrar em melhorar os processos de trabalho e a tomada de decisões. Um risco comum é que o conceito pode ser usado para promover tecnologias específicas em particular, em oposição à integração de tecnologia. Concentrando-se nos fluxos de trabalho, o foco será na tomada de decisão de ativos e em decisões que podem ser melhoradas. Resumindo, Operações Integradas não são um projeto de tecnologia, mas um elemento substancial de tecnologia necessário para alcançar a transformação operacional;

Quadro 4: Quadro Referencial Teórico – Tecnologia

Fonte: o autor

ORGANIZAÇÃO
(Al-Dhubaib, 2011; Lilleng e Sagatun, 2010; Perrons, 2010; Dickens <i>et al.</i> , 2010; Siqueira <i>et al.</i> , 2012; FEINEMAN, 2014; van den BERG <i>et al.</i> , 2014; Edwards, 2015)
<ul style="list-style-type: none"> o Os sistemas a serem integrados são diversos e abrangem várias tecnologias, desde medição, aquisição de dados, controle, comunicação, gerenciamento de dados e aplicações a sistemas de visualização e ambientes de colaboração. Na vasta escala das operações da Saudi Aramco, esses sistemas estão sendo gerenciados e apoiados por diferentes organizações. Cada organização tem suas próprias habilidades setoriais, mandato empresarial, processos de negócios e prioridades de negócio; o O estabelecimento de redes de pessoas e a definição de quem envolver em cada parte dos processos de trabalho e com quais competências, mandatos e autoridades de decisão é o próximo fator-chave de sucesso. A Statoil estabeleceu um processo de trabalho harmonizado ao longo da cadeia de valor, documentado no modelo de processo de negócios da Statoil, que é baseado em notações padronizadas definindo papéis e responsabilidades e vincula a requisitos, melhores práticas, necessidades de informação, incluindo modelagem, insumos, etc., para as tarefas definidas para cada processo de trabalho participante; o Os princípios de projeto das Operações Integradas foram implantados em vários ativos em todo o mundo e uma tendência importante tornou-se aparente ao longo deste processo de implantação global: para que essas tecnologias ofereçam o máximo valor, as equipes participantes precisam acreditar no valor desses requisitos de projeto; o Central para os elementos de engajamento e suporte é a necessidade de compreender o impacto da nova capacidade nos processos de negócios e nos fluxos de trabalho e as consequências de gerenciamento de mudança para os papéis, responsabilidades e comportamentos das pessoas na organização. Muitas vezes, o determinante do sucesso é combinar a oferta de suporte aos desafios de negócios específicos e mudar as necessidades de suporte de um cliente específico; o Os objetivos de implementação das Operações Integradas são, sem dúvida, focados na melhoria dos resultados operacionais e econômicos das atividades da Petrobras. Portanto, deve ser destacado que se trata de uma nova implementação de estrutura de gestão matricial para uma organização baseada em uma filosofia de gestão funcional; o O valor de aplicar Operações Integradas para novos conceitos de projeto é altamente dependente de quando elas são aplicadas. O quanto mais cedo for feito no processo do projeto, maior impacto haverá na efetivação de conceitos de facilidades desabitadas ou minimamente habitadas.

Quadro 5: Quadro Referencial Teórico – Organização

Fonte: o autor

2.1.5 A Transformação Digital na indústria de O&G

Um dos pilares do PPTO, amplamente discutido anteriormente, o da Tecnologia, tem sido bastante potencializado por várias conjunturas atuais. Para Dekker e Thakkar (2018), atualmente, a tecnologia é mais acessível e mais rápida e a quantidade de dados e o nível de conectividade estão aumentando exponencialmente. A tecnologia nova e disruptiva está criando oportunidades significativas para gerenciar a recente desaceleração do setor de petróleo e gás. Investir nas soluções digitais para campos petrolíferos ajuda a otimizar as operações para o futuro (UDOFIA e OBONG, 2018).

A convergência da evolução tecnológica, alinhada com o grande amadurecimento dos processos da indústria do petróleo nos últimos anos, com o fortalecimento da capacitação humana e o redesenho das organizações, aponta para um futuro ligado à Indústria 4.0, amplificando os quatro elementos do PPTO das Operações Integradas. Para Digilina *et al.* (*in press*), a Indústria 4.0 é a tendência atual de desenvolvimento de automação e troca de dados, o novo nível de organização da produção e gestão. Nela, o processo tecnológico torna-se totalmente automatizado, remoto e *online*, gerenciado por sistemas intelectuais. Este conceito ultrapassa os limites de uma empresa e todas as estruturas de produção estarão unidas dentro de uma rede industrial global. Enquanto todas as outras indústrias estão alinhadas com a revolução digital, as operações de petróleo e gás também se beneficiam da importância da transformação digital, especialmente no contexto atual. A indústria do petróleo está indiscutivelmente em uma nova onda das Operações Integradas, com um consenso crescente em relação a operações inteligentes e manutenção preditiva, em vez da abordagem "reagindo melhor", que não é adequada às novas condições da indústria e foi comprovada como uma abordagem ineficiente. As operadoras e companhias de petróleo e gás têm uma grande oportunidade de aumentar sua eficiência e reduzir os custos operacionais, através de um melhor rastreamento de ativos e manutenção preditiva (TEMER e PEHL, 2017).

Nos itens a seguir, será feita uma descrição mais detalhada da Transformação Digital.

2.1.5.1 A Digitalização

A Transformação Digital é um movimento que tem despertado o interesse da indústria em geral. É um fenômeno global. Trata-se de uma revisão dos processos, na qual, as organizações, executam mudanças estruturais, dando à tecnologia digital um papel essencial para melhorar o desempenho de seus processos, aumentar a atuação e garantir melhores resultados econômicos. A Transformação Digital está relacionada à mudança de tarefas manuais, realizadas no local de trabalho, baseadas em papel, para tarefas de dados infundidas com tecnologia de informação e comunicação digital, como redes digitais, *software*, análise e computação em

nuvem. As tarefas são apoiadas por especialistas no próprio local de trabalho, no centro de monitoramento global da empresa ou por especialistas como serviços conectados (BERGE, 2018).

Vários desafios foram superados nos últimos anos, de forma a vencer limitações importantes, como a de armazenamento ou análise dados de qualquer tamanho. Outra restrição a ser ultrapassada pelas corporações é a quebra dos “silos” (grupos isolados) existentes dentro das empresas, permitindo a conexão dos departamentos, setores e disciplinas. Neste sentido, o *Big Data* e a Inteligência Artificial desempenham um papel central na digitalização, ao gerar reflexões para traçar estratégias e otimizar ações para todos os setores, conforme descritos a seguir.

Big Data

Big Data

De acordo com Holdaway (2014), o termo *Big Data* é frequentemente associado ao crescimento exponencial e a disponibilidade de dados, estruturados ou não. Mais dados podem levar a análises mais precisas. Análises mais precisas conduzem a uma tomada de decisão mais confiável. Melhores decisões podem significar maior eficiência operacional, diminuição de custos e risco reduzido. O *Big data* é um conjunto de dados tão complexo e volumoso que as técnicas tradicionais de processamento de dados não são as mais apropriadas. O *Big data* permite a obtenção de *insights* rápidos e precisos através do cruzamento desses dados por meio de diversas fontes. O termo *Big Data Analytics* é usado para descrever várias ferramentas que são capazes de filtrar rapidamente grandes volumes de dados, pesquisando padrões, correlações e tendências (MURRAY e ERIKSSON, 2018). Este conceito pode ser articulado em 5 Vs: volume (as corporações coletam e armazenam uma enorme quantidade de dados de várias procedências), velocidade (a transmissão de dados deve ocorrer de forma compatível com a necessidade de seu processamento), variedade (dados são gerados em inúmeros formatos, sendo estruturados ou não), veracidade (que está ligada diretamente ao quanto uma informação é verdadeira) e valor (o dado deve ter utilidade).

Formatado: Fonte: Itálico, Cor da fonte: Automática

Formatado: À esquerda, Recuo: Primeira linha: 0 cm

Formatado: Fonte: Itálico, Cor da fonte: Automática

Inteligência Artificial

Inteligência Artificial

Formatado: Fonte: Itálico, Cor da fonte: Automática

Formatado: Fonte: Itálico, Cor da fonte: Automática

De acordo com Gomes (2010), o ser humano tem a capacidade de perceber, entender, prever e manipular o mundo ao seu redor. A Inteligência Artificial (IA) vai além. Tenta não apenas entender, mas também construir entidades inteligentes. A IA, um dos mais novos campos da ciência, abrange uma grande variedade de subcampos, que compreendem desde o geral (aprendizagem e percepção) ao específico, como jogar xadrez, provar teoremas matemáticos, escrever poesia, dirigir um carro em uma rua lotada ou diagnosticar doenças. A Inteligência Artificial é relevante para qualquer tarefa intelectual. É verdadeiramente um campo universal (RUSSEL e NORVIG, 2009).

A IA se relaciona ao *Machine Learning* (conhecido como ML ou Aprendizado de Máquina) e ao *Deep Learning* (conhecido como DL ou Aprendizado Profundo). O Aprendizado de Máquina caracteriza-se por ser uma parte da Inteligência Artificial que extrai padrões de conjuntos de dados, podendo valer-se de regras para um comportamento ideal ou adaptar-se a mudanças. Com as novas tecnologias em computação paralela e ciência de computação, muitos algoritmos podem ser utilizados para o alcance dos melhores resultados em meio à grande quantidade de informações existentes. O *Deep Learning* ou Aprendizado Profundo utiliza redes neurais complexas, sendo um tipo de algoritmo de Aprendizado de Máquina.

A Inteligência Artificial está ligada ao aprendizado de máquina (*ML - Machine Learning*) e Aprendizado Profundo (*DL - Deep Learning*). O Aprendizado de Máquina é uma parte da IA e trata da extração de padrões de conjuntos de dados. A máquina pode encontrar regras para um comportamento ótimo, mas também pode se adaptar às mudanças. Muitos dos algoritmos envolvidos são conhecidos há décadas, porém, graças aos avanços tecnológicos em ciência da computação e computação paralela, pode-se fazer uso destes e obter o melhor resultado com grandes quantidades de informações disponíveis. Já o Aprendizado Profundo (*Deep Learning*), é uma classe específica de algoritmos de Aprendizado de Máquinas, que utiliza redes neurais complexas.

Internet das Coisas

Internet das Coisas

Formatado: Fonte: (Padrão) Arial, 12 pt, Itálico

Formatado: Fonte: Itálico

Formatado: Fonte: (Padrão) Arial, 12 pt

A Internet das Coisas ou *Internet of Things* (IoT) desponta como uma evolução da internet e um novo paradigma tecnológico, social, cultural e digital. A Internet das Coisas revolucionará os modelos de negócios e a interação da sociedade com o meio ambiente, por meio de objetos físicos e virtuais, em que esses limites se tornam cada vez mais tênues (LACERDA e LIMA-MARQUES, 2015). A IoT permite que objetos do cotidiano sejam conectados à internet, com capacidade computacional e de comunicação, tornando-os objetos inteligentes (*smart objects*), passíveis de serem controlados remotamente ou acessados como provedores de serviços, com sensores, capacidade de processamento e comunicação. A Internet das coisas é a rede de dispositivos físicos, veículos, eletrodomésticos e outros itens incorporados à eletrônica, *software*, sensores, atuadores e conectividade de rede que permitem que esses objetos se conectem e troquem dados (MURRAY e ERIKSSON, 2018).

Assim como a IoT, a Internet das Coisas Industriais (IIoT - *Industrial Internet of Things*) conta com dispositivos e infraestrutura que se comunicam com a Internet. Contudo, a IIoT utiliza tecnologias de sensores inteligentes nos processos automatizados de produção e logística, que, pela captura e análise dos dados em tempo real, permite obter *insights* úteis. A IIoT consiste de equipamentos conectados à Internet e de plataformas de análises avançadas que processam estes dados. Por exemplo, na construção de poços, esse conceito inovador permitirá conectar equipamentos de fundo de poço e proporcionará o fluxo de dados de condição de ferramenta, de sensores e dispositivos para um "*data lake*", onde esses dados são mantidos em formato bruto. Esses dados são usados por algoritmos avançados de análise e aprendizado de máquina para avaliar rapidamente as condições atuais, reconhecer e fornecer alertas e disparar ações a fluxos de trabalho automatizadas. Ao implementar essa solução, a tomada de decisão colaborativa no sistema é realizada no momento ideal (TEMER e PEHL, 2017).

2.1.5.2 A Indústria 4.0

Segundo Digilina *et al.* (*in press*), enquanto a primeira revolução industrial (do final do século XVIII ao início do século XIX) foi baseada na mecanização da produção devida ao uso da energia a vapor, que levou à transição da economia agrária para a produção industrial, a segunda revolução industrial (final do século XIX e início do século XX) foi baseada no uso de energia elétrica e divisão de mão-de-obra. A terceira revolução industrial (desde 1970) foi baseada em sistemas de tecnologia de informação e eletrônica, o que garantiu a automação intensiva e a robotização dos processos de produção. A quarta revolução industrial é baseada em sistemas ciberfísicos (CPS) e a Internet faz parte da vida de cada indivíduo com uma abordagem totalmente nova para determinar a qualidade das coisas, métodos de produção e consumo, com o uso da Internet das coisas (IoT) e *Big Data* na produção. Um CPS é um sistema composto por elementos computacionais colaborativos com o intuito de controlar entidades físicas.

A Figura 7, a seguir, ilustra a evolução histórica das revoluções industriais e o grau de complexidade.

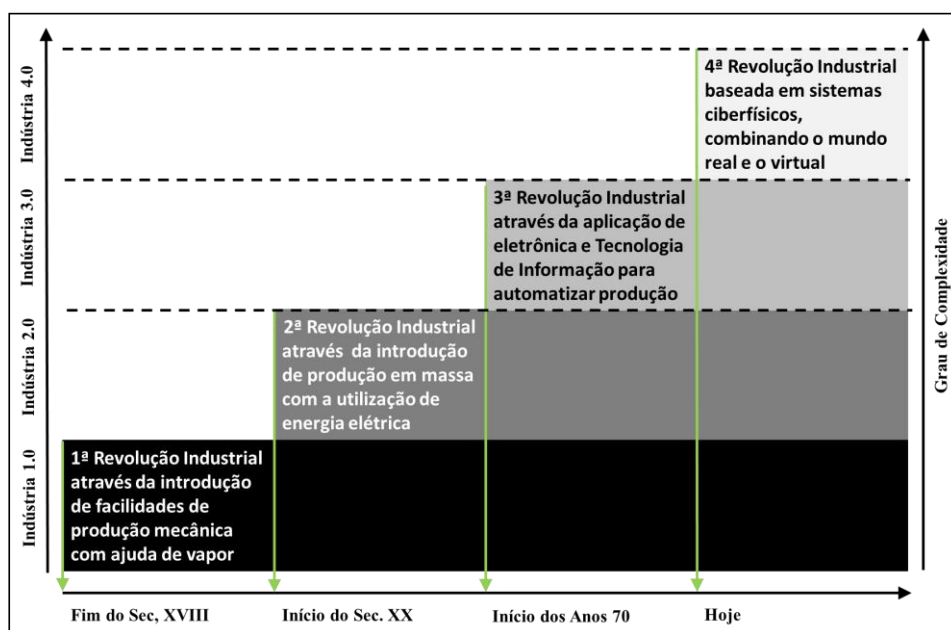


Figura 7: Evolução histórica das Revoluções Industriais

Fonte: Adaptado de Deloitte (2015)

Yang *et al.* (2018) explica que, no contexto desta quarta revolução industrial, para capacitar a competitividade da indústria manufatureira nos seus países e visando trazer inovações para os processos de manufatura, produtividade e qualidade, foram empenhados esforços de pesquisa de fabricação em todo o mundo sob projetos governamentais como NNMI (*National Network for Manufacturing Innovation* – EUA), *Industrie 4.0* (Alemanha), Horizonte 2020: Fábricas de Futuro (UE). A China, como potência de produção, também propôs o “*Made in China 2025*” como um plano estratégico nacional em 2015.

O NNMI é uma iniciativa interinstitucional americana composta de parcerias público-privadas dedicadas à excelência da fabricação. Sob o NNMI, cada instituto reúne fabricantes inovadores, escolas universitárias de engenharia, faculdades comunitárias, agências federais, organizações sem fins lucrativos e organizações regionais e estaduais para investir em tecnologias de fabricação exclusivas, mas industrialmente relevantes, com amplas aplicações (NNMI, 2018).

O *Industrie 4.0* (ou *Industry 4.0* - I40) é uma iniciativa estratégica nacional do governo alemão através do Ministério da Educação e Pesquisa (BMBF) e do Ministério para Assuntos Econômicos e Energia (BMWi). O objetivo é impulsionar a fabricação, aumentando a digitalização e a interconexão de produtos, cadeias de valor e modelos de negócios. Também visa a apoiar a investigação, a ligação em rede dos parceiros da indústria e a padronização (EUROPEAN COMMISSION, 2018a). O termo “Indústria 4.0” foi oferecido em 2011 na Alemanha por empresários, políticos e acadêmicos. Eles definiram este fenômeno como uma ferramenta de crescimento da competitividade da indústria de processamento alemã, através da integração intensiva de “sistemas ciberfísicos” (CPS) em processos de produção (DIGILINA, *in press*).

A iniciativa *Factories of the Future/Public-Private Partnership* (FoF/PPP) visa a ajudar as empresas transformadoras da Europa a adaptarem-se às pressões competitivas globais, desenvolvendo as tecnologias essenciais necessárias numa vasta gama de setores. Este projeto tem como objetivo ajudar a indústria europeia a satisfazer a crescente procura global por produtos mais ecológicos, mais personalizados e de maior qualidade, através da necessária transição para uma indústria orientada para a procura, com menos desperdício e uma melhor utilização dos recursos (EUROPEAN COMMISSION, 2018b).

O "*Made in China 2025*" é uma iniciativa para melhorar de forma abrangente a indústria chinesa. A iniciativa é inspirada diretamente no plano "*Indústria 4.0*" da Alemanha. O esforço chinês é muito mais amplo, já que a eficiência e a qualidade dos produtores chineses são altamente desiguais e múltiplos desafios precisam ser superados pela China em um curto espaço de tempo para competir com economias industrializadas avançadas. O plano foi elaborado pelo Ministério da Indústria e Tecnologia da Informação (MIIT) durante dois anos e meio, com a contribuição de 150 especialistas da Academia de Engenharia da China (CSIS, 2018).

Recentemente, o governo brasileiro, por meio do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) e da Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), lançou a Agenda Brasil para a Indústria 4.0. Trata-se de um conjunto de iniciativas que visam a promover o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil. Os impactos da Indústria 4.0 sobre a produtividade, a redução de custos, o controle sobre o processo produtivo, a customização da produção, dentre outros, apontam para uma transformação profunda nas plantas fabris. Segundo levantamento da ABDI, a estimativa anual de redução de custos industriais no Brasil, a partir da migração da indústria para o conceito 4.0, será de, no mínimo, R\$ 73 bilhões/ano. Essa economia envolve ganhos de eficiência, redução nos custos de manutenção de máquinas e consumo de energia (ABDI, 2018).

Os modelos de negócios da Indústria 4.0 permitem usar uma abordagem individual para os clientes com base em suas preferências pessoais. As plantas "inteligentes" começarão a fabricar produtos individuais exclusivos para o preço do produto padronizado em massa. Usando um aplicativo ou site da empresa, os clientes poderão escolher cores, acessórios e características para seus produtos. Qualquer coisa poderá ser fabricada pela ordem individual (DIGILINA, *in press*). O principal sentido da quarta revolução industrial é a ideia de "*design* orientado a serviços". Significa autonomização de todos os processos e estágios de produção: *design* digital do item, criação de sua cópia virtual, configuração remota do equipamento em uma planta para a fabricação de produto "inteligente" específico, pedido automatizado de componentes necessários no processo e em quantidade suficiente, controle sobre o fornecimento, monitoramento do caminho do produto

final até o cliente e armazenamento e serviço pós-venda, controle sobre condições de uso e alteração remota de configurações.

Para Harlamova e Kirikova (2018), a Indústria 4.0 é um conceito de automação e troca de dados em ambientes de produção que combina avanços de sistemas ciber-físicos (CPSs), a Internet das Coisas, computação em nuvem e computação cognitiva. No contexto da Indústria 4.0, os componentes dos CPSs seriam tipicamente máquinas industriais, veículos guiados automatizados, robôs, robôs móveis, sensores e seres humanos. Espera-se que a tecnologia CPS mude a abordagem da interação humana com sistemas de engenharia, da mesma forma que a Internet mudou a abordagem da interação humana com a informação.

2.1.5.3 A Digitalização na Indústria de O&G

A indústria de petróleo e gás tem mais de 150 anos e vem adotando tecnologias emergentes em todos os aspectos críticos, especialmente no setor de *upstream*, mais intensivo em capital. Na década recente, o investimento de grandes empresas de E&P em transformação digital e análise baseada em dados aumentou exponencialmente. A crescente disponibilidade de sensores, o armazenamento de dados mais barato, novas técnicas de aprendizado de máquina e o aumento da capacidade computacional estão agregando valor a estes dados e resolvendo desafios de redução de custos e melhoria de eficiência em todas as etapas de E&P. Pesquisas e testes piloto estão sendo realizados em várias áreas como modelagem de reservatórios, perfuração e completação, previsão de produção, SMS e manutenção de equipamentos (WEN, 2018).

Fundamentalmente, as tecnologias de Operações Integradas são os facilitadores para a aquisição de dados, desde sensores em poços até centros de controle, para processar, integrar e analisar dados transmitidos. Esta tecnologia destina-se a promover a excelência nos processos operacionais e na tomada de decisões. A indústria fez grandes avanços no período de transformação da digitalização. Isso abrange: monitoramento, processamento, tomada de decisão e automação. Entender esses atributos é um facilitador chave para o desenvolvimento de campo e decisões operacionais de uma empresa para maximizar o valor econômico e gerenciar melhor os poços e reservatórios, através do uso de

tecnologia moderna de sensoriamento, *software* avançado e análise de dados, visualização de reservatórios e avaliação de desempenho de poços. As tecnologias digitais estão transformando a maneira como as empresas de petróleo e gás operam no campo (AL QAHTANI e AL QAHTANI, 2018).

As Operações Integradas podem ser uma maneira de transformar dados em *insights* que impulsionam a compreensão e a eficiência. A indústria cruzou muitas barreiras tecnológicas na implantação da Operações Integradas. O sensoriamento remoto está disponível para quase todas as facetas das operações de perfuração e produção e o número de opções para transmissão de dados pela rede continua a se expandir. A indústria investiu pesadamente em sistemas de gerenciamento de conhecimento, centros de operações em tempo real e ambientes de decisão colaborativos. Tornou-se eficiente em mover dados coletados de dispositivos de campo para aplicativos de *software* e usá-los para aprimorar algumas operações de campo especializadas. No entanto, a indústria ainda não conseguiu alcançar a transparência interdisciplinar de dados, o compartilhamento de informações, a integração de processos e a colaboração que são essenciais para alcançar a visão e o valor máximo das Operações Integradas (DESKUS, 2014).

O rápido progresso da tecnologia digital oferece ao setor a oportunidade de utilizar novos recursos decorrentes do uso de dados para tomada de decisões e automação de processos. A automação, otimização de recursos em tempo real, plataforma de tecnologia integrada e *Big Data* estão causando uma mudança digital. A indústria já está se concentrando na implementação de automação, internet das coisas, aprendizado de máquina e Inteligência Artificial (LAKHANPAL e SAMUEL, 2018).

Segundo Dekker e Thakkar (2018), na indústria *offshore*, as tecnologias digitais já suportam uma ampla gama de objetivos estratégicos em toda a cadeia de valor de exploração e produção, desde o planejamento estratégico, passando pela exploração, desenvolvimento e produção, até o gerenciamento das instalações. As tecnologias de digitalização podem ser aplicadas para aumentar a produção, a eficiência dos gastos de capital e das forças de trabalho e para minimizar os custos da cadeia de suprimentos e o número de incidentes de segurança. A digitalização eficaz também permite que as organizações adotem uma abordagem mais ágil para os desafios que enfrentam. Os resultados da transformação digital incluem: vida útil

prolongada dos equipamentos de produção para garantir o serviço contínuo das instalações e operações, a redução dos custos de manutenção e operacionais, a melhoria da produtividade e o aumento da produção. Além disso, todos os departamentos se beneficiam da mesma infraestrutura digital, o que também aprimora a integração entre disciplinas (BERGE, 2018).

Por mais que as implantações de IIoT sejam uma necessidade urgente na indústria do petróleo, os processos de aquisição e controle de dados ainda estão em um "estágio pré-IIoT" ou ainda não são automatizados. Embora a indústria de petróleo seja magistral no desenvolvimento de novas tecnologias para seus principais domínios de exploração e produção, ela fica aquém da adoção de tecnologias digitais, apesar do fato de que o uso das tecnologias existentes pode gerar expressivo valor (FLICHY e BAUDOIN, 2018). Udofia e Obong (2018) acrescentam que a digitalização realmente não é nova para a indústria de petróleo e gás, mas o desafio é que a penetração de tecnologia digital na indústria de petróleo e gás é muito lenta quando comparada a outras indústrias. Ao adotar soluções digitais para campos petrolíferos, a indústria enfrentou uma série de barreiras, incluindo silos de informação, mudança de organização, falta de confiança, escassez de habilidades e, finalmente, a dificuldade de criar *business cases* para projetos de Operações Integradas (CROMPTON, 2016). Bailie e Chinn (2018) completam que há uma série de razões pelas quais os operadores de petróleo e gás têm demorado a abraçar totalmente a digitalização. O risco inerente de segurança nas operações de petróleo e gás significa que a indústria deve permanecer conservadora na adoção de novas tecnologias. Qualquer solução que tenha o potencial de impactar um processo deve ser bem comprovada antes de ser implantada.

Para o emprego de IIoT no O&G, existe a necessidade de substituir equipamentos antigos, o que é mandatório para melhorar a segurança e reduzir custos através de melhorias operacionais. Melhor eficiência é crucial para compensar a redução de pessoal que ocorreu nos últimos anos. A aplicação de análise de *Big Data* e aprendizado de máquina aos dados adquiridos para fins de monitoramento pode habilitar o controle remoto e a automação, resultando em uma vantagem competitiva (FLICHY e BAUDOIN, 2018).

Na próxima década, a indústria deve se concentrar em maneiras de usar todos os dados que foram gerados para automatizar decisões simples e orientar as

mais difíceis principalmente por meio de Inteligência Artificial e *Big Data*. Os dados se tornaram o novo óleo. Assim como o petróleo, os dados devem ser encontrados, extraídos, refinados e monetizados (ISKANDAR *et al.*, 2018). Há um enorme potencial para a digitalização na indústria de petróleo e gás. A Iniciativa de Transformação Digital do Fórum Econômico Mundial estima que a digitalização tem potencial para criar muito valor na próxima década para empresas de petróleo e gás, através da otimização de operações, manutenção preditiva, centros de operações remotas, operações autônomas e robôs (DEKKER e THAKKAR, 2018).

2.2 ESTABELECIMENTO DO ESTADO DA TÉCNICA

Através da pesquisa bibliográfica, foram encontrados alguns modelos de Operações Integradas desenvolvidos por algumas das *majors* da indústria do petróleo. As seções seguintes descrevem as principais abordagens da Saudi Aramco, Statoil, Shell, British Petroleum e Petrobras, que são operadoras com modelos característicos descritos na literatura.

2.2.1 Filosofias e Modelos das Principais Operadoras

2.2.1.1 Saudi Aramco

A abordagem de Operações Integradas da Saudi Aramco se fundamenta nos seguintes projetos: *Real-time Drilling Operation* (RTDO), *Real-time Geosteering Operation Center* (GOC), *Intelligent Field* (I-Field) e *Event Solution Field Development Operation Center* (*Event Solution*). Beshri *et al.* (2012) detalham que a Saudi Aramco iniciou seu projeto de Operações Integradas em 2003. Isto se deu pela instalação de sensores em poços e pela transmissão de dados para os computadores dos engenheiros, de forma a permitir a otimização dos ativos de produção e exploração. Assim, as informações e dados passaram a ser mais que alertas operacionais, sendo também utilizados na otimização da produção de petróleo, proporcionando um melhor retorno dos investimentos. A Figura 8 apresenta os *Intelligent Fields* (*I-Fields*), que são a arquitetura de informação da abordagem da Saudi Aramco:

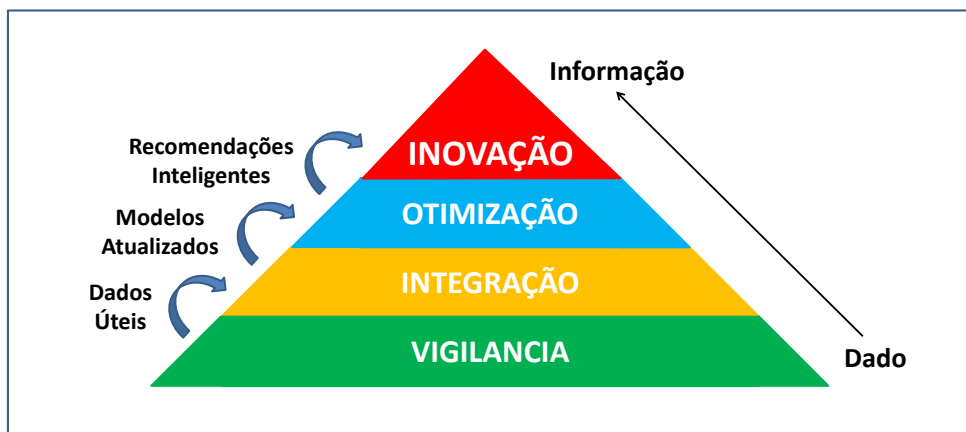


Figura 8: Camadas do Intelligent Field

Fonte: Beshri *et al.* (2012)

Conforme Abdulkarim *et al.* (2010), o Intelligent Field é composto de quatro camadas principais (Figura 8). A camada de Vigilância utiliza dados em tempo real em uma base contínua para diagnosticar tendências de comportamento. Desta forma, é possível implementar alertas para análise e resolução de anormalidades. A camada de Integração permite integrar dados e informações para que ocorra a otimização na camada seguinte. Finalmente, a camada de Inovação preserva o conhecimento dos eventos que desencadeiam a otimização e as ações correspondentes durante cada um dos processos de negócios.

A Figura 3 (do Item Ineditismo e Contribuição Científica da Pesquisa) ilustra bem como um redesenho de um fluxo de trabalho pode ser conduzido. Inicialmente, o principal elemento é definir qual processo deverá ser redesenhado. Existem muitas abordagens da literatura, mas, normalmente, é feita uma avaliação com a força de trabalho. A Figura 9 ilustra a maneira como os projetos de Operações Integradas são implantados na Saudi Aramco.

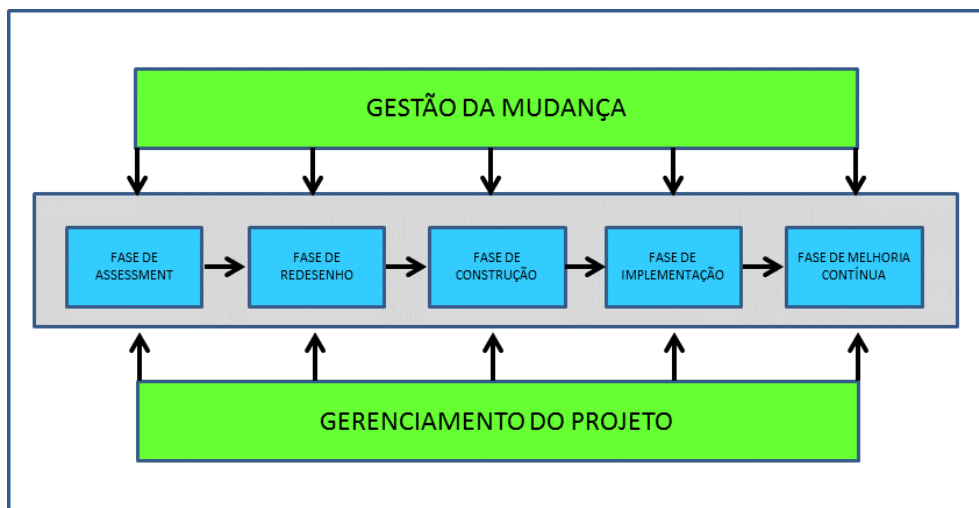


Figura 9: Fases de implantação dos centros colaborativos de I-Field

Fonte: Barghouthy et al. (2010)

De acordo com Barghouthy *et al.* (2010):

Em primeiro lugar, o aspecto mais importante deste tipo de projeto é entender claramente as necessidades (demandas e expectativas) do que será um ambiente de trabalho inovador. Esses requisitos são definidos pelas equipes multidisciplinares que realmente usam esse ambiente, com a participação de outras partes interessadas (*stakeholders*). Esta é uma fase muito importante que não pode ser subestimada já que os aspectos mais fundamentais de todo o projeto são relacionados a pessoas.

A finalidade principal da fase de avaliação (*assessment*) é determinar os requisitos do ambiente colaborativo. Isto inclui a identificação e definição dos fluxos de trabalho e atividades que serão executadas, considerando a necessidade de dados, visualização, *software* e *hardware*, bem como requisitos ergonômicos e do usuário.

Desta forma, uma vez definidos quais são os fluxos de trabalho que serão redesenhados, deve ocorrer a definição do “*as is*”, ou seja, a correta compreensão de como os processos acontecem. O fluxo de trabalho é então modificado com base na avaliação (ou diagnóstico), de forma a potencializar o emprego de ferramentas e sistemas de engenharia, a integração de informações e dados e a colaboração das equipes. Deste modo, o processo na sua forma “*to be*” é obtido, conforme a Figura 9.

Para Al-Dhubaib (2011):

Para garantir implementações bem-sucedidas em valor agregado, o planejamento integrado adequado deve ser o direcionador para qualquer implementação de Operações Integradas. O plano deve ser conduzido desde o início com o envolvimento e a participação de todos e deve garantir que todos os elementos de implementação e componentes estejam cobertos em todos os aspectos.

Segundo Pereira *et al.* (2010), é crucial não esquecer que a tomada de decisão é, antes de tudo, uma atividade humana, sustentada na noção de valor, e que o cognitivismo ajudará a entender este processo, em que a subjetividade está onipresente.

Assim, a potencialização das tomadas de decisão deve ser obtida pela implantação dos processos redesenhados. Neste contexto, são mandatórios os requisitos que foram obtidos nas fases de avaliação (ou diagnóstico). As adaptações, aprimoramentos e novas tecnologias serão oportunamente incorporadas ao redesenho, uma vez que os processos têm natureza dinâmica e contam com a melhoria contínua.

2.2.1.2 Statoil

A definição de Operações Integradas da Statoil é a integração de pessoas, processos e tecnologia para tomar e executar decisões melhores e mais rápidas. Elas são potencializadas pelo uso de dados em tempo real, tecnologias colaborativas e fluxos de trabalho multidisciplinares (LILLENG e SAGATUN, 2010). Lilleng (2012) acrescenta que a implementação de um modelo de operações geral na Statoil e a estratégia de Operações Integradas têm sido um grande processo de mudança interna na empresa e, de forma gradual e cada vez mais, também influenciam na forma de colaboração com os empreiteiros e prestadores de serviços da Statoil.

Conforme prelecionam Lilleng e Sagatun (2010):

[...] o modelo da Statoil (conhecido como *Stack Model*) de Operações Integradas consiste em sete critérios independentes de sucesso, que representam as condições necessárias e suficientes para a criação de valor. Juntos, os sete critérios de sucesso podem criar a capacidade de decisões

rápidas e melhores, bem como a sua execução, o que acrescenta significativamente valor ao negócio.

Lilleng (2010) ainda explica que o termo *IO Mindset* inclui liderança transparente, novas formas de trabalho e competência de integração. A Figura 10 apresenta os componentes do *Stack Model* da Statoil, que proporcionam decisões mais eficientes, que podem ser tomadas com melhor qualidade, eficiência e agilidade.

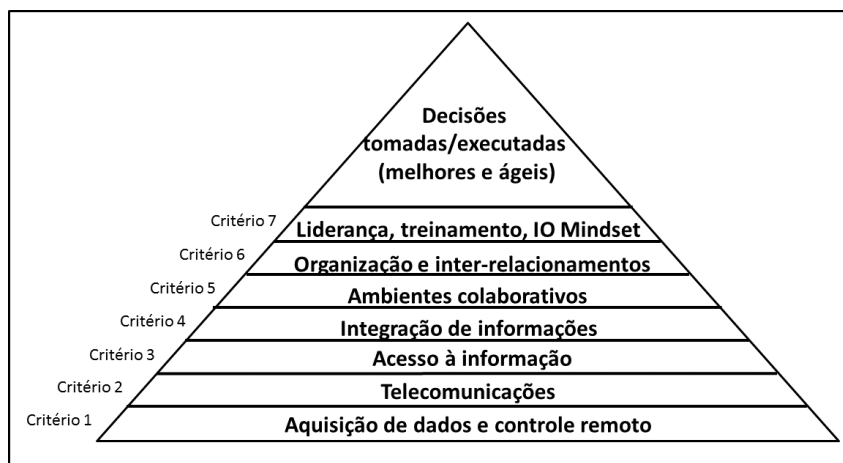


Figura 10: Stack Model da Statoil

Fonte: Lilleng e Sagatun(2010)

Larsen *et al.* (2012) esclarecem que:

As listas de critérios do *Stack Model* são mostrados na Figura 10, incluindo a camada de decisão e execução no seu topo. A capacidade de tomar decisões mais rápidas e melhores depende da camada abaixo. Em outras palavras, o que se é capaz de atingir em determinada camada depende das camadas inferiores, apontando para uma interdependência ou interconexão entre as diferentes camadas. Tais camadas podem ser vistas como os recursos que uma organização pode utilizar e combinar para atingir os seus objetivos. Assim, a forma como a empresa está equipada em diferentes camadas vai determinar a sua capacidade de atingir seus objetivos, por exemplo, por meio de decisões e execuções mais rápidas e melhores.

2.2.1.3 Shell

As Operações Integradas na Shell são chamadas de *Value Loop* (Ciclo de Valor) aplicada aos *Smart Fields*¹⁰, conforme a Figura 11, a seguir. “O Ciclo de Valor descreve como componentes de tecnologia estão ligados a pessoas e processos para possibilitar que o valor da tecnologia se materialize. Tão importante é a integração de múltiplas disciplinas envolvidas e fluxos de trabalho dentro da organização” (DE BEST e VAN DEN BERG, 2012).

Para Udofia *et al.* (2013):

O conceito de *Value Loop* (Ciclo de Valor) descreve como os respectivos componentes (tecnologia, pessoas e processos), que compõe os *Smart Fields*, estão ligados para que os objetivos de negócio possam ser realizados. Este conceito tem formado a base para as Operações Integradas na Shell para monitoramento da produção e otimização.

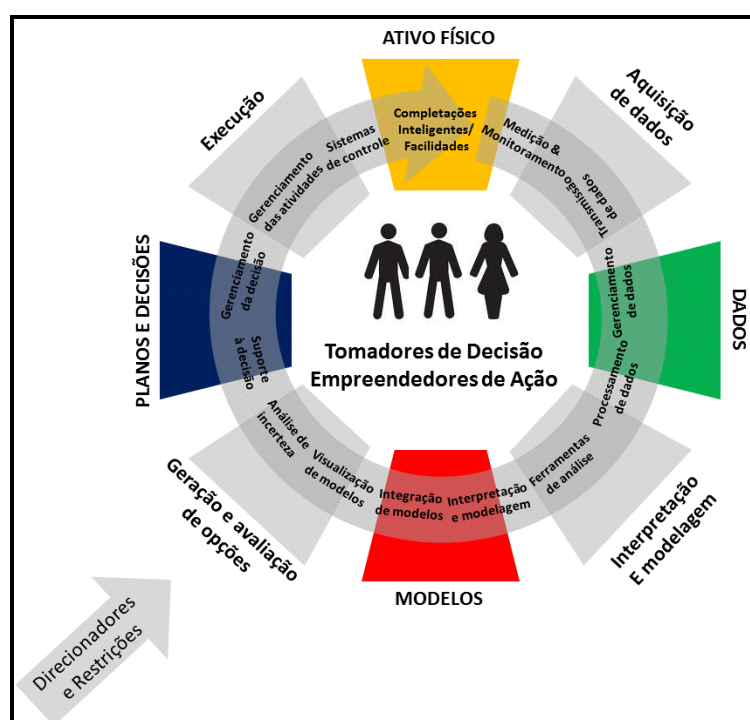


Figura 11: Smart Fields Value Loop (Ciclo de Valor de Operações Integradas) da Shell

Fonte: De Best e Van den Berg (2012)

¹⁰ As Operações Integradas são chamadas de *Smart Fields* pela Shell.

De acordo com Bogaert *et al.* (2004):

O octograma está no centro da metodologia de *Smart Fields* (Figura 11). É crucial para a geração de valor para o Ativo de Produção, fechar o ciclo de valor. O octograma ilustra a definição dos limites do ativo, aquisição de dados e interpretação, calibração de modelos relevantes, geração de opções usando modelos virtuais para o ativo e a seleção das alternativas mais atraentes, as quais são planejadas para execução. Caso um ciclo de valor [...] não seja propriamente fechado, ele não vai gerar valor (podendo, inclusive destruir valor ao longo da vida do ativo).

É interessante observar o destaque que o modelo conceitual da Shell dá para o ser humano. Nesta abordagem, os tomadores de decisão têm uma posição central, o que reforça a importância que a gestão de mudança tem na visão de várias empresas na indústria.

Para Göbel *et al.* (2013):

O objetivo tradicional dos *Smart Fields* é maximizar o valor do negócio, potencializando a produção e recuperação final e minimizar os custos e exposição a riscos. Mas, normalmente, o valor máximo de curto prazo (por exemplo, mais produção de petróleo) está em dissintonia com o valor máximo de longo prazo (por exemplo, a recuperação do reservatório), que pode ser alcançado, mas a um preço de investimento (por exemplo, custos mais elevados). Quando o máximo deve ser alcançado, em última análise, é decisão do líder do ativo. E a chave para ser capaz de tomar tal decisão é haver transparência sobre o valor e os impactos das várias opções.

2.2.1.4 British Petroleum (BP)

Existe um grande potencial para otimização da produção nos ativos da BP, através da utilização da capacidade de previsão dos modelos existentes na rotina operacional, já que tais modelos foram combinados conjuntamente com dados em tempo real, de maneira a suportar ativamente o processo de otimização da produção. De acordo com Stenhouse (2008), a capacidade de replicar esse sucesso em todas as operações do seguimento *upstream* da BP representa o foco na capacidade de otimização de malha rápida do Programa *Field of the Future*, que pretende trazer o uso de *software* de modelagem da British Petroleum para a linha de frente das decisões da rotina operacional.

Em 2003, a BP iniciou a implantação do *Field of the Future*, que é a sua iniciativa de Operações Integradas, com uma abordagem composta de três camadas: dados, informação e conhecimento. Para Dickens *et al.* (2010), o centro do Programa da BP está focado no conceito de melhorar o suporte às decisões (melhores e mais rápidas decisões), através da aplicação de dados em tempo real no gerenciamento da produção e dos reservatórios de petróleo. A Figura 12 demonstra esta abordagem em camadas, conhecida como *Knowledge Management Framework* (Estrutura de Gerenciamento do Conhecimento).

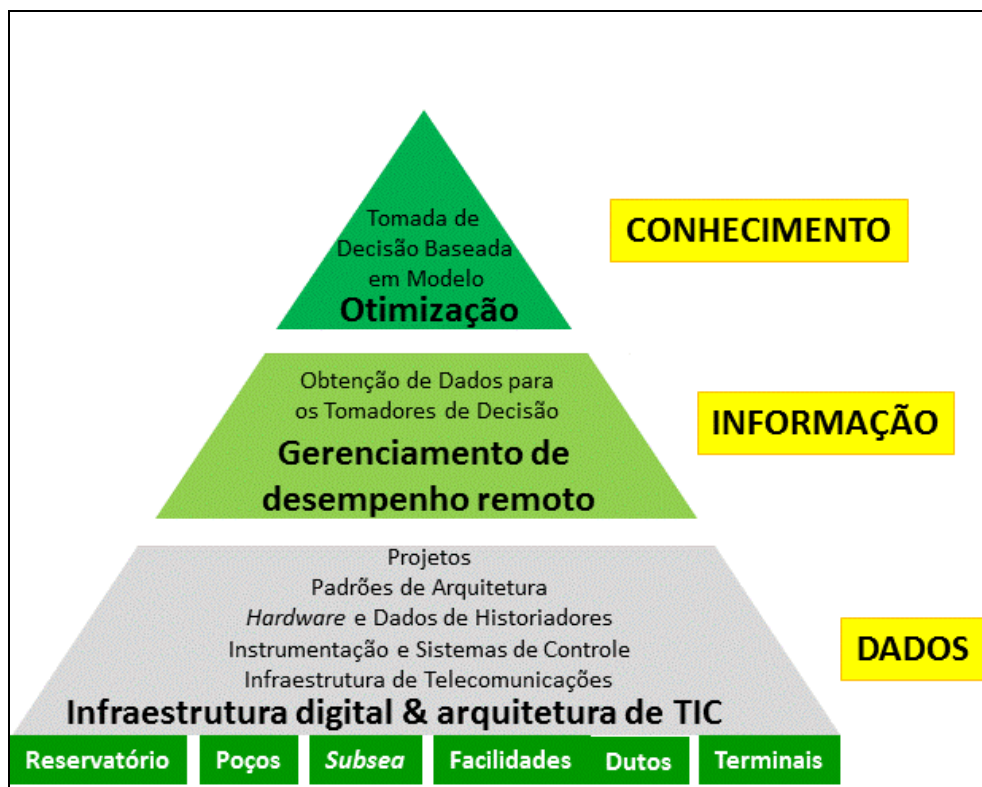


Figura 12: A Estrutura de Gerenciamento do Conhecimento (do Programa de Field of the Future, que é como a BP se refere às Operações Integradas)

Fonte: Dickens *et al.* (2010)

A infraestrutura física, responsável pela coleta dos dados (do reservatório de petróleo aos terminais), localiza-se na parte inferior do modelo. A primeira camada da estrutura é relativa aos dados, ou seja à arquitetura de telecomunicações e informática e à infraestrutura digital, onde são definidas as especificações de dados, de equipamentos, de telecomunicações e dos ambientes colaborativos e onde são elaborados os padrões. A camada seguinte é a da informação, que abrange um conjunto de soluções baseadas em tecnologia, cujo objetivo é coletar, analisar e consolidar informações de monitoramentos. Para Dickens *et al.* (2010), os primeiros resultados do *Field of the Future* foram originários deste tipo de abordagem e

impactaram significativamente na eficiência de produção e operação, por outro lado, também proporcionando benefícios em SMS¹¹.

Para Otto *et al.* (2008):

O Programa de *Field of the Future* demonstra como cada elemento se baseia no fundamento para soluções robustas e sustentáveis de tecnologia. Ter a infraestrutura de Tecnologia de Informação necessária ajuda a garantir o desempenho e a confiabilidade exigida. Como isto pode levar muito tempo, análise e planejamento cuidadoso são essenciais para esse aspecto. Com uma arquitetura de Tecnologia de Informação holística e planejada, a tecnologia, que inicialmente pode ser imaginada como um item discreto, é capaz de ser integrada para criar soluções de maior valor.

O conhecimento está representado na camada superior, onde busca-se fazer melhor uso da informação em tempo real, associada a técnicas avançadas, de forma a proporcionar a maior recuperação de petróleo dos ativos, através de uma eficiente otimização da produção, o que pode envolver, por exemplo, o emprego de completamentos inteligentes e o fechamento de malhas de controle de automação. De acordo com Dickens *et al.* (2010), o conceito de *Field of the Future* é atualmente parte da rotina de como a BP implanta projetos e opera campos de petróleo em boa parte de seus investimentos e impacta uma significativa e crescente parcela da produção, suportando rotineiramente mais de 80% dos seus 100 poços mais importantes.

2.2.1.5 Petrobras

A Petrobras é uma empresa global, com atuação em todos os segmentos da indústria do petróleo. As recentes descobertas no Pré-Sal geraram um cenário extremamente desafiador. Para produzir eficientemente as novas reservas, a Petrobras deverá adotar soluções sustentáveis e escaláveis, diretamente relacionadas com as dimensões das Operações Integradas: pessoas, processos, tecnologia e organização. Para tal, uma iniciativa chamada de GIOp, acrônimo de Gerenciamento Integrado de Operações, foi implantada no segmento de E&P da Petrobras.

¹¹ SMS – Segurança, Meio Ambiente e Saúde.

O GIOp é uma abordagem que, através de ambientes colaborativos e multidisciplinares, busca integrar a organização e as companhias de serviço, perpassando pelas disciplinas, utilizando processos de trabalho redesenhados, disponibilizando informações e dados no tempo necessário. Desta forma, é possível obter decisões de melhor qualidade e mais rápidas, aumentando, conseqüentemente, a segurança e a eficiência dos processos. A forma de atuação do GIOp busca tratar proativamente as situações antes que se tornem críticas, identificando oportunidades de otimização destes processos de trabalho. Johnsen *et al.* (2012) detalham que o foco deve ser na identificação de risco nos estágios iniciais, tentando identificar indicadores proativos que possam permitir a reação a questões antes que se tornem um incidente.

De acordo com Lima e Gomes (2013, p. 231):

A filosofia do GIOp é baseada em três malhas distintas (rápida, média e longa). Uma malha (ou *loop*) pode ser descrita como uma sequência de tarefas, que começa com o indicativo de que o fluxo de trabalho está com baixo desempenho ou pode ser otimizado (um alarme, tendência de um parâmetro, por exemplo). Deste ponto em diante, iniciam-se as fases de diagnóstico, decisão e implementação, até o retorno ao ponto original da malha. Uma nova indicação pode ser de que as ações foram bem sucedidas ou não.

O conceito das malhas está ilustrado na Figura 13a. A malha rápida, que também é conhecida como vigilância, é composta por profissionais dedicados ao processo. Neste contexto, o diagnóstico é feito pelo próprio profissional, dispensando reuniões de análise, o que agiliza o tempo de resposta.

De acordo com Lochmann (2012):

A abordagem tradicional, usada na vigilância de petróleo e gás para analisar conceitos de produção complexos, é chamada de reducionismo, o que significa que os sistemas grandes são quebrados em seus elementos constitutivos e cada parte é estudada e modelada de forma independente. O reducionismo assume que os sistemas complexos podem ser entendidos em termos dos seus componentes. Em ambientes de produção simples, em que a interação entre os componentes é insignificante ou pode ser ignorada, a vigilância baseada em reducionismo é adequada. No entanto, para sistemas de produção complexos e interdependentes, envolvendo reservatório, poços, instalações de exportação (transporte), processamento e vendas, bem como limitações associadas a cada um dos componentes, incluindo a segurança e questões ambientais - uma abordagem reducionista não é a mais adequada.

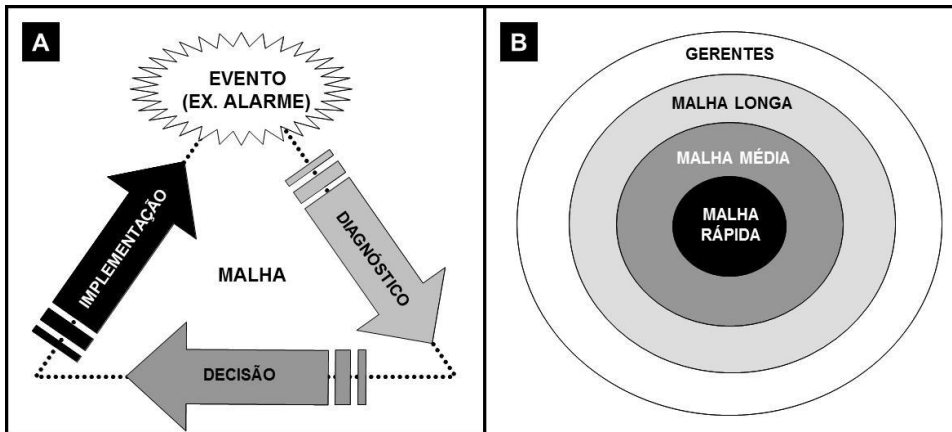


Figura 13: A filosofia do Gerenciamento Integrado de Operações da Petrobras: (A) malha de tomada de decisão e (B) camadas da cebola

Fonte: Lima e Gomes (2013, p. 232)

Para Lima e Gomes (2013, p. 232), a Figura 13b:

[...] representa a combinação das malhas em um modelo único, onde estas malhas podem ser arranjadas em camadas, conectadas entre si dinamicamente. Esta abordagem filosófica do GIOP é conhecida como cebola. Na casca da cebola, estão os gerentes envolvidos nas decisões estratégicas da malha longa.

Os gerentes influenciam significativamente em todo tipo de decisão. Desta forma, é importante que eles permaneçam na camada externa da Figura 13b, mas devem ser mantidos envolvidos nas decisões em que eles são demandados e, para tal, os dados e informações devem ser disponibilizados através das camadas da cebola.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos que foram aplicados no desenvolvimento do trabalho, descrevendo a abordagem adotada pelo pesquisador para tratar o problema da pesquisa. Após a definição dos objetivos da pesquisa, foi feita uma revisão prévia na literatura, sendo possível definir a abordagem a ser utilizada para analisar os *drilling centers* da empresa estudada à luz das Operações Integradas.

3.1 ABORDAGEM ESTRATÉGICA DA PESQUISA

Foram realizadas duas pesquisas, uma quantitativa e outra qualitativa. A Figura 14, a seguir, ilustra de forma geral a abordagem utilizada. O Quadro Referencial Teórico (QRT) foi construído com base na pesquisa bibliográfica, conforme já descrito anteriormente neste estudo. O QRT foi a base da ferramenta de pesquisa, aplicada à Força de Trabalho da empresa estudada, que atua nos *drilling centers*. A análise da pesquisa permitiu o melhor entendimento das dimensões das Operações Integradas (pessoas, processos, tecnologia e organização), bem como a análise da estratégia de utilização dos *drilling centers* por parte da empresa estudada.

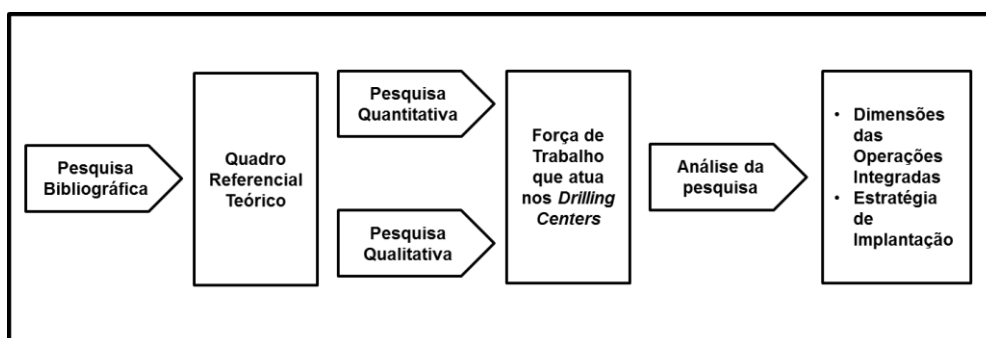


Figura 14: Estratégia da Pesquisa

Fonte: o autor

A abordagem utilizada nesta pesquisa pode ser aplicada para a avaliação das Operações Integradas em vários cenários de aplicação. Em especial, na área de

construção de poços, esta pesquisa pretende contribuir para a indústria de petróleo, proporcionando a avaliação de *drilling centers* de qualquer operadora ou companhia de serviço, de forma a estabelecer critérios de comparação e futuras análises de desempenho.

3.2 A PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A pesquisa bibliográfica se deu em quatro bases científicas (motores de busca): Engineering Village, OnePetro, ScienceDirect e Scopus. Foi utilizado o seguinte algoritmo de busca, com as palavras-chave:

("integrated operation" OR "smart field" OR "smartfield" OR "digital Oilfield" OR "digital Oil Field" OR "intelligent Field" OR "intelligent energy" OR "drilling Center" OR "drilling Centers") OR ("collaborative environment" AND "Petroleum")

Conforme o Quadro 6 e a Figura 15, foi encontrado um total de 13.511 referências, onde podem ter ocorrido muitas repetições pelo fato de os resultados serem provenientes de vários motores de busca.

A pesquisa foi então refinada para cada uma das operadoras, conforme:

("integrated operation" OR "smart field" OR "smartfield" OR "digital Oilfield" OR "digital Oil Field" OR "intelligent Field" OR "intelligent energy" OR "drilling Center" OR "drilling Centers") OR ("collaborative environment" AND "Petroleum") AND "EMPRESA"

Onde: "EMPRESA": nome da Operadora

3.2.1 Resultados da Pesquisa Bibliográfica

Foram então obtidos os resultados detalhados no Quadro 6, onde os resultados por operadora expressam o número de referências onde consta o nome da referida empresa, o que não necessariamente representa que estas referências tratem do modelo de implantação da operadora (pode ser simplesmente uma citação ou referência).

Pelos resultados, pode-se observar que as empresas que mais publicaram foram a Shell (com 1111 referências), seguida pela BP (com 1034 resultados). Saudi Aramco (com 631 referências) e Statoil (com 436 resultados) com um número

intermediário de publicações, seguidas pela Petrobras (com 242 referências), o que pode ser explicado pelo fato de que o programa de implantação da operadora brasileira se iniciou posteriormente aos das demais.

PESQUISA INICIAL	PESQUISA POR OPERADORA				
	Petrobras	Saudi Aramco	Statoil	BP	Shell
Engineering Village					
4453 Resultados	26 Resultados	203 Resultados	47 Resultados	316 Resultados	213 Resultados
OnePetro					
3089 Resultados	175 Resultados	364 Resultados	327 Resultados	508 Resultados	635 Resultados
Science Direct					
2653 Resultados	26 Resultados	60 Resultados	33 Resultados	159 Resultados	74 Resultados
Scopus					
3316 Resultados	15 Resultados	4 Resultados	29 Resultados	51 Resultados	189 Resultados
TOTAL					
13511 Resultados	242 Resultados	631 Resultados	436 Resultados	1034 Resultados	1111 Resultados

Quadro 6: Pesquisa Bibliográfica por operadora

Fonte: o autor

Outra análise realizada foi com o local de publicação das referências, conforme se destaca na Figura 15, a seguir, onde foram plotadas as referências onde havia local de publicação identificado (5.257 referências). Podem ser observados os grandes polos de produção bibliográfica da área de Operações Integradas no mundo. A Europa e os Estados Unidos despontam em volume de publicação, seguidos da Arábia e outros pontos mais dispersos pelo mundo.

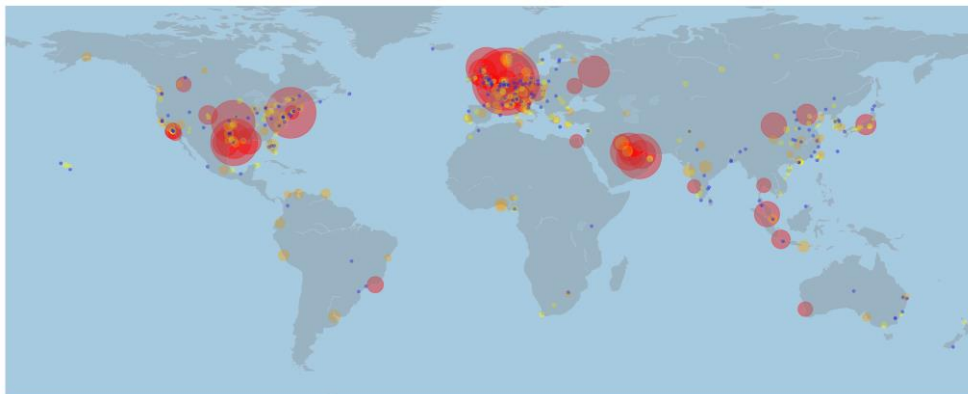


Figura 15: Pesquisa Bibliográfica local de publicação

Fonte: o autor

A estratégia da pesquisa bibliográfica pode ser resumida na Figura 16. Foram obtidos 13511 resultados de interesse. A seguir, foi realizada mineração de texto com cada um dos elementos do PPTO e o conjunto de referências ficou em 3937. Foi, então, conduzida uma análise criteriosa, refinando e obtendo-se um acervo de 19 artigos e 71 artigos de conferência. Para cobrir outros temas, como interdisciplinaridade, estatística, pesquisas qualitativas e quantitativas, originalidade e etc., foram acrescentados à bibliografia: 9 referências de livros, 9 links da internet, 10 capítulos de livros, 5 artigos de revista, 4 artigos de conferência e 8 teses e monografias, totalizando 135 trabalhos de interesse. Este material foi estudado, sendo utilizadas as referências que constam do último capítulo desta tese.

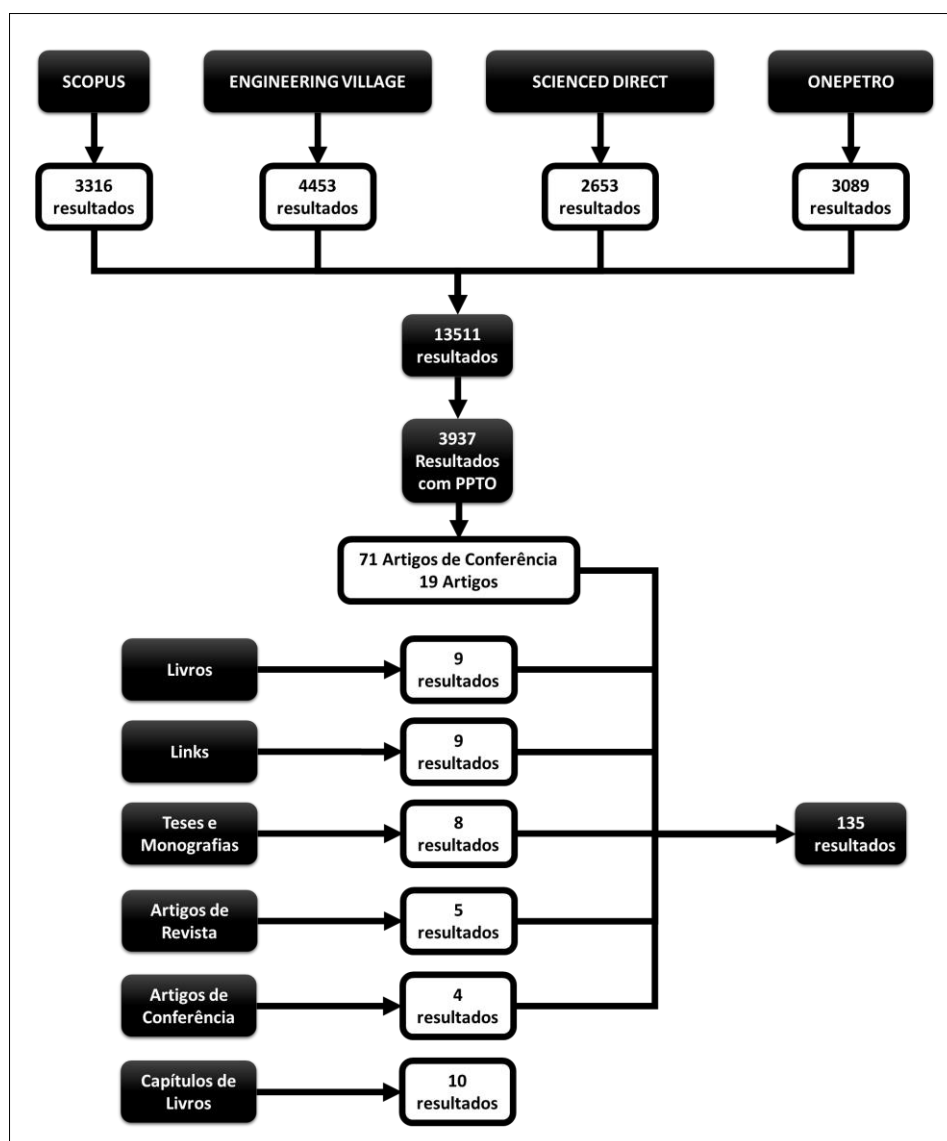


Figura 16: Pesquisa em periódicos, livros e outras fontes

Fonte: o próprio autor

A Figura 17, a seguir, representa os quantitativos da pesquisa bibliográfica.

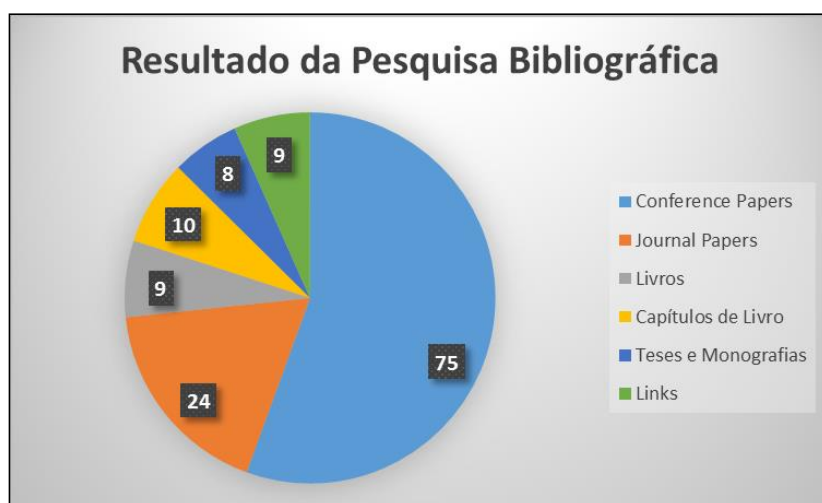


Figura 17: Resultado da Pesquisa Bibliográfica

Fonte: o próprio autor

3.2.2 Discussão dos Resultados da Pesquisa Bibliográfica

Para a construção da Figura 18, todas as referências que continham abstracts nas bases (2950) foram submetidas a uma mineração de texto. Quatro das cinco barras do histograma referem-se aos elementos do PPTO, sendo que a quinta barra é o conjunto dos elementos. Assim, pode-se constatar que o perfil de produção é o mesmo para todas as empresas, com maior volume para Processos e Tecnologia. Esta filtragem, detalhada na Figura 18, serviu de suporte para a seleção bibliográfica desta pesquisa.

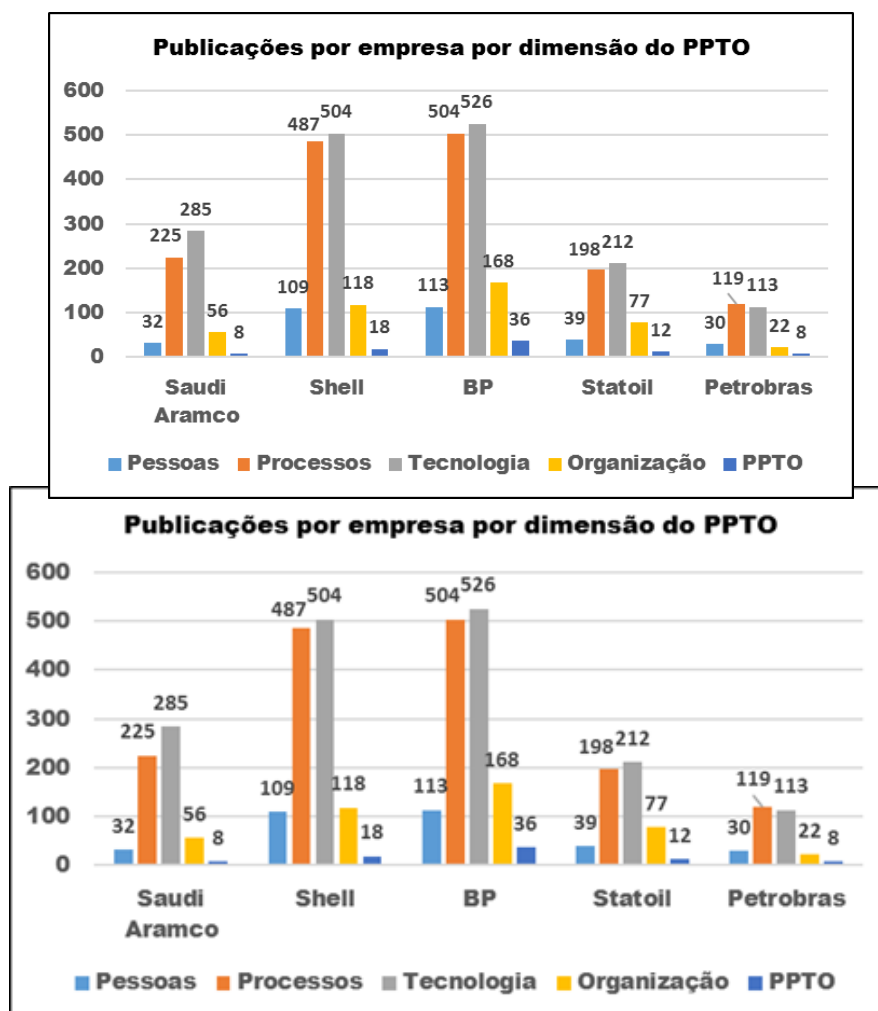


Figura 18: Volume de publicação por empresa, considerando os elementos do PPTO

Fonte: o próprio autor

Também foi realizada uma análise mais profunda nos abstracts disponíveis, através de mineração de texto utilizando nuvens de palavras geradas. Foi empregado um algoritmo em Python para identificar a ocorrência de palavras, para cada uma das operadoras analisadas nesta tese. Primeiramente, carregaram-se os dados contendo os abstracts disponíveis. Na sequência, foi realizado um pré-processamento com o intuito de separar os textos por palavras, remover pontuações, números, espaços e vocábulos que não agregam valor, como

preposições, artigos e conjunções. Com este resultado, gerou-se um contador de frequências de palavras, associando cada ocorrência a um valor observado (criou-se um dicionário: palavra-frequência). Por fim, utilizou-se o recurso disponível na biblioteca “*Wordcloud*” do Python para plotar a imagem da nuvem de palavras a partir das respectivas frequências.

Nos itens a seguir, será feita a discussão das nuvens de palavras.

3.2.2.1 Nuvem de Palavras dos abstracts da BP

A Figura 19a representa a nuvem de palavras de todos os abstracts disponíveis que foram associados à Bristish Petroleum. As palavras mais frequentes são “oil”, “production”, “well”, “data” e “field”. Isto denota a visão da BP de utilização dos dados de campo de poços para a produção de óleo. A Figura 19b representa a nuvem de palavras para os abstracts da BP que possuem as palavras referentes aos elementos do PPTO. Os termos mais frequentes são “tecnologia”, “novo” (palavras novas em relação à Figura 19a), “data” e “field” (palavras que constam da Figura 19a), o que demonstra a importância de novas tecnologias no contexto desta discussão.

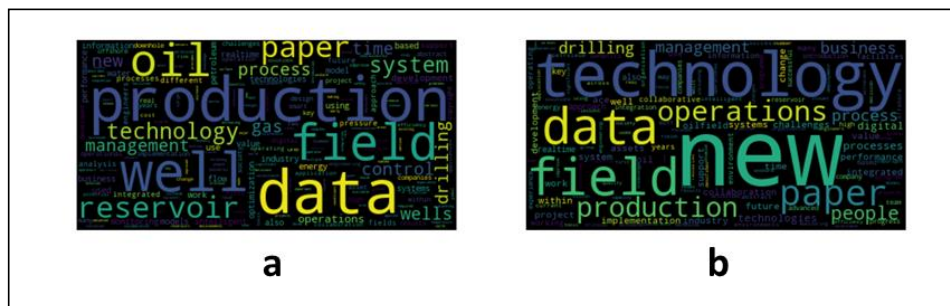


Figura 19: Nuvem de palavras da BP (a) de todos os abstracts disponíveis e (b) dos abstracts que tem PPTO

Fonte: o próprio autor

3.2.2.2 Nuvem de Palavras dos abstracts da Saudi Aramco

Na análise de agrupamento das palavras de maior frequência dos abstracts disponíveis para a Saudi Aramco, representadas na Figura 20a, observam-se com maior destaque para “data” e “well”, denotando a importância que esta operadora dá

à infraestrutura de dados de poços. Na Figura 20b, onde estão as palavras de maior relevância nos abstracts que tem PPTO, observam-se com maior frequência: “field”, “change” e “management”, o que retrata o valor da gestão da mudança para o site de trabalho.



Figura 20: Nuvem de palavras da Saudi Aramco (a) de todos os abstracts disponíveis e (b) dos abstracts que tem PPTO

Fonte: o próprio autor

3.2.2.3 Nuvem de Palavras dos abstracts da Shell

As palavras que se destacam na Figura 21a, relativas aos abstracts disponíveis para a Shell são: “data”, “production”, “well” e “field”, retratando o valor dos dados para poços e para a produção. Na Figura 21b, os vocábulos que se sobressaem muito são “new” e “work”, resumindo o sentido das Operações Integradas, que são o fundamento desta pesquisa: uma nova forma de trabalho.

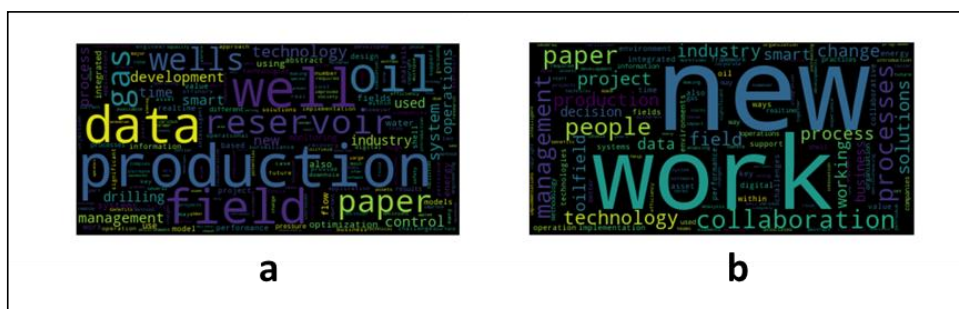


Figura 21: nuvem de palavras da Shell (a) de todos os abstracts disponíveis e (b) dos abstracts que tem PPTO

Fonte: o próprio autor

3.2.2.4 Nuvem de Palavras dos abstracts da Statoil

Na nuvem de palavras da Figura 22a, referente aos abstracts disponíveis da Statoil, destacam-se os vocábulo “data” e “well”, situação análoga à da Saudi Aramco, suscitando a mesma importância dada à infraestrutura de dados de poços. Já na Figura 22b, os destaques ficam com “new” e “technology”, denotando a importância que esta operadora dispensa à dimensão tecnologia, buscando novas soluções.

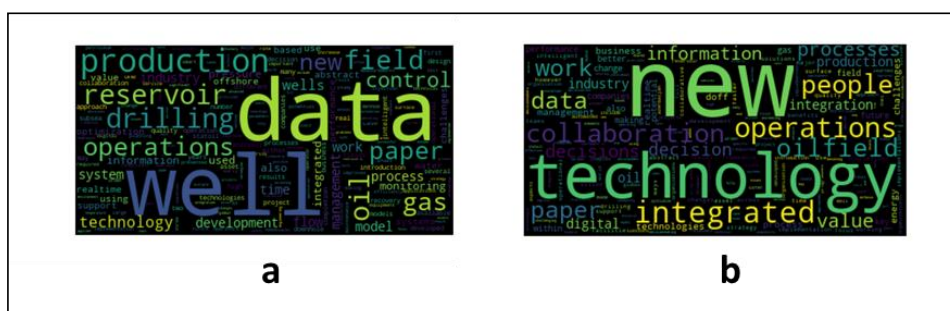


Figura 22: Nuvem de palavras da Statoil (a) de todos os abstracts disponíveis e (b) dos abstracts que tem PPTO

Fonte: o próprio autor

3.2.2.5 Nuvem de Palavras dos abstracts da Petrobras

A Figura 23a traz a nuvem de palavras para os abstracts disponíveis para a Petrobras. O grande destaque é “production”, que retrata o empenho dedicado nos últimos anos por esta operadora à produção. Por outro lado, na Figura 23b, os vocábulo “new”, “processes” e “technology” são os destaques. Isto mostra a importância da mudança, com a palavra “novo” e a grande preocupação da Petrobras com as dimensões do PPTO: processos e tecnologia. Este achado é totalmente coerente com a discussão do Item 4.1 (Pesquisa Quantitativa), onde as dimensões processos e tecnologia foram as menos avaliadas, conforme a Figura 25.

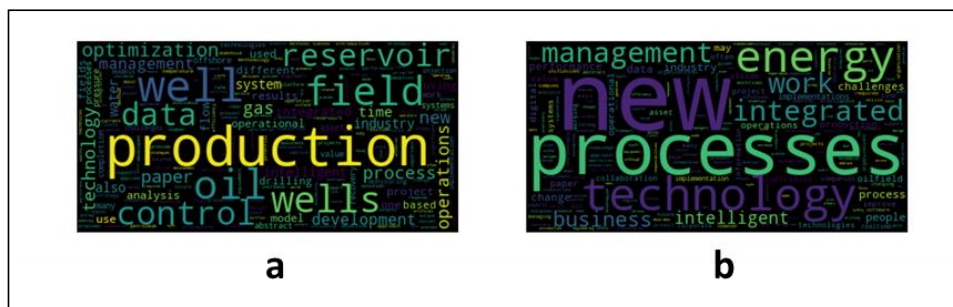


Figura 23: Nuvem de palavras da Petrobras (a) de todos os abstracts disponíveis e (b) dos abstracts que tem PPTO

Fonte: o próprio autor

3.3 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Conforme Flick (2009), de modo diferente da pesquisa quantitativa, os métodos qualitativos consideram a comunicação do pesquisador em campo como parte explícita da produção de conhecimento, em vez de simplesmente encará-la como uma variável a interferir no processo. Embora nas duas abordagens – quantitativa e qualitativa - a pesquisa se caracterize como um esforço cuidadoso para a descoberta de novas informações ou relações e para a verificação e ampliação do conhecimento existente, o caminho seguido nesta busca pode possuir contornos diferentes (GODOY, 1995). Assim, de acordo com GÜNTHER (2006), o pesquisador não deveria escolher entre um método ou outro, mas utilizar as várias abordagens, qualitativas e quantitativas que se adequam à sua questão de pesquisa.

De acordo com Godoy (1995), num estudo quantitativo o pesquisador conduz seu trabalho a partir de um plano estabelecido *a priori*, com hipóteses claramente especificadas e variáveis operacionalmente definidas. Preocupa-se com a medição objetiva e a quantificação dos resultados. De maneira diversa, a pesquisa qualitativa não procura enumerar ou medir os eventos estudados, nem emprega instrumental estatístico na análise dos dados. Não se trata apenas de uma decisão pela pesquisa qualitativa ou quantitativa. A questão tem implicações de natureza prática, empírica e técnica. Considerando os recursos materiais, temporais e pessoais disponíveis

para lidar com uma determinada pergunta científica, coloca-se para o pesquisador a tarefa de encontrar e usar a abordagem teórico-metodológica que permita, num mínimo de tempo, chegar a um resultado que melhor contribua para a compreensão do fenômeno e para o avanço do bem-estar social (GÜNTHER, 2006).

Esta pesquisa utilizou abordagens qualitativa e quantitativa, descritas em detalhes nos itens seguintes.

3.3.1 Pesquisa Quantitativa

Neste item, será detalhada a ferramenta da pesquisa, apresentada a forma de coleta e análise dos dados, bem como descritas as hipóteses testadas.

3.3.1.1 Avaliação dos Elementos de Operações Integradas

A abordagem metodológica utilizada na avaliação dos elementos fundamentais das Operações Integradas foi baseada em pesquisa bibliográfica para encontrar estratégias, conceitos e casos de iniciativas Operações Integradas e *drilling centers* nas operadoras de petróleo.

De acordo com Kuhn (2013), atualmente existe uma clara oportunidade de se repensar os ambientes colaborativos para se alcançar as melhores práticas de trabalho da próxima geração. Um *survey* interno foi feito na companhia estudada, cobrindo as dimensões de Pessoas, Processos, Tecnologia e Organização (PPTO). O quadro referencial teórico, apresentado anteriormente, fundamentado na pesquisa bibliográfica apresentada por Lima *et al.* (2015), foi a base para a concepção do instrumento de pesquisa. Na concepção deste QRT, foram consideradas as referências bibliográficas dos principais autores das operadoras de petróleo pesquisadas no Item 2.2.1 deste trabalho.

A ferramenta de pesquisa utilizou Escala Likert (Norman, 2010), variando de 1 a 5: discordo totalmente, discordo em grande parte, indiferente, concordo em grande parte e concordo totalmente. O conceito do questionário é baseado em grupos (*clusters*) de questões e é apresentado no Quadro 7.

Formatado: Fonte: (Padrão) Calibri

QUESTÕES	
Pessoas	O <i>drilling center</i> permite colaboração entre times, com outros centros, sondas e pessoal administrativo, de forma que as pessoas podem discutir ideias e trocar ideias e melhores práticas. (Barghouthy <i>et al.</i> , 2010)
	As decisões dos <i>drilling centers</i> operacionais envolvem os especialistas necessários, mesmo que eles estejam atuando remota ou virtualmente. (Lilleng e Sagatun, 2010)
	O trabalho no <i>drilling center</i> envolve equipes treinadas com a devida competência. (Vinturini <i>et al.</i> , 2008)
	As decisões dos <i>drilling centers</i> são tomadas de forma correta e consistente e no tempo adequado comparando com a realidade operacional, devido ao fato de as pessoas terem autonomia para a tomada de decisão. (Reddick <i>et al.</i> , 2008)
	O <i>drilling center</i> trabalha de forma cooperativa e integrada, permitindo uma cultura organizacional baseada na análise de cenário e no suporte à tomada de decisão. (Vinturini <i>et al.</i> , 2008)
Processos	Os processos de trabalho do <i>drilling center</i> são automatizados corretamente, ou seja, incluem todas as tarefas que podem ser automatizadas. (Al-Dhubaib, 2011)
	Os processos estão otimizados, desenhados e padronizados de forma correta, pela incorporação de melhores práticas, alinhados com os objetivos da companhia e gerando valor para o negócio. (Lilleng e Sagatun, 2010)
	As interfaces entre processos do <i>drilling center</i> e outros centros de tomada de decisão e sondas estão bem definidos e claros. (Ringstad e Andersen, 2007)
	Os processos do <i>drilling center</i> estão devidamente suportados por dados e informações, que estão disponíveis no tempo correto. (Potters e Kapteijn, 2005)
	Todas as tarefas possíveis de serem realizadas em terra foram transferidas para os <i>drilling centers</i> e as tarefas que são executadas nas sondas são somente aquelas que não podem ser realizadas em terra. (Stenhouse, 2008) e (Moisés <i>et al.</i> , 2008)
Tecnologia	A conectividade (banda e latência) é compatível (confiável, redundante e eficiente) com as atividades do <i>drilling center</i> (Lilleng e Sagatun, 2010)
	O <i>drilling center</i> tem o ambiente físico adequado aos processos (automação do ambiente, sistemas de visualização, iluminação, mobília, ar condicionado, sonorização). (Vinturini <i>et al.</i> , 2008)
	Os softwares disponíveis no <i>drilling center</i> (simuladores, sistemas e ferramentas de engenharia) são suficientes e acessíveis. (Perrons, 2010)
	Os dados e informações dos processos do <i>drilling center</i> estão disponíveis, de forma que possam ser corretamente interpretados e entendidos. (Barghouthy <i>et al.</i> , 2010)
	Hardware (computadores, <i>i-boards</i> , video-conferência, telepresença) estão disponíveis, suficientes, acessíveis e são fáceis de usar. (Ringstad e Andersen, 2007)
Organização	O trabalho do <i>drilling center</i> é importante para a organização. (Dickens <i>et al.</i> , 2010)
	O relacionamento do <i>drilling center</i> com outras gerências está propriamente estabelecido. (Lilleng e Sagatun, 2010)
	Os objetivos do <i>drilling center</i> estão alinhados com as metas organizacionais. (Perrons, 2010)
	O <i>drilling center</i> é importante na criação de valor para os clientes do processo e para a organização. (Siqueira <i>et al.</i> , 2012)
	A estrutura organizacional é compatível com os <i>drilling centers</i> . (Siqueira <i>et al.</i> , 2012)

Formatado: Fonte: (Padrão) Calibri

Formatado: Normal, À esquerda

Formatado: Fonte: 3 pt

Formatado: Espaço Antes: 6 pt

Quadro 7: A ferramenta da pesquisa

Fonte: o próprio autor

3.3.1.2 Coleta e Análise de Dados

Para a pesquisa, uma ferramenta desenvolvida na plataforma Lotus Notes foi utilizada, desenhada pelo Lotus Software Group. A solução é um sistema integrado cliente-servidor com a solução de e-mail da companhia estudada. Este sistema gerencia qualquer tipo de *survey*, desde a sua criação, consistindo de três formas básicas: formulário de pesquisa, formulário de perguntas e formulário enviado aos participantes. Assim, o *survey* foi automaticamente aplicado a todos os entrevistados, cobrindo todos os profissionais trabalhando nos *drilling centers* da empresa estudada, constituindo, portanto, uma amostra completa de todos os empregados que trabalham nestes ambientes colaborativos. Kaplowitz *et al.* (2004) enfatizam que um *survey* enviado pela internet pode alcançar um número significativo de pessoas, quando comparado com questionários impressos, se precedido por um e-mail de notificação. A pesquisa envolveu os empregados que trabalham em turno. Finalmente, o teste de Kruskal-Wallis (Daniel, 2000) foi usado para analisar a existência de diferenças entre os *clusters* e entre especialistas e grupos operacionais.

3.3.1.3 Hipóteses testadas

Conforme visto na Seção 1.1, a empresa estudada possui sete *drilling centers*, sendo dois deles especialistas (chamados também de grupos de especialistas), ou seja, dedicam-se a processos especializados de serviços de poços ou serviços de sonda. Os demais são *drilling centers* operacionais (chamados de grupos operacionais), cuja função é garantir que a construção dos poços seja a mais segura e otimizada possível.

Com os dados da pesquisa, as seguintes hipóteses do Quadro 8 foram testadas estatisticamente.

HIPÓTESE	DESCRIÇÃO
1	Não existem diferenças nas avaliações com relação às diferentes dimensões PPTO analisadas
2	Não existem diferenças nas avaliações dos grupos operacionais e de especialistas em relação às dimensões PPTO

Formatado: Fonte: (Padrão) Calibri

Formatado: Normal, À esquerda,
Não manter com o próximo

Quadro 8: Hipóteses a serem testadas na pesquisa

Fonte: o próprio autor

3.3.2 Pesquisa Qualitativa

A diversidade do que se chama pesquisa qualitativa, devido à sua relevância para diferentes disciplinas e profissões, desafia qualquer um a chegar a uma definição sucinta (YIN, 2010). Um estabelecimento genérico de conceito, dado por Denzin (1994), trata que os pesquisadores qualitativistas estudam as coisas em seu estado natural, tentando dar sentido ou interpretar fenômenos nos termos das significações que as pessoas trazem para estes. Um dos grandes desafios do estudo qualitativo é encontrar um meio termo entre métodos de entrevista que deem voz aos participantes e que, ao mesmo tempo, permitam que o entrevistador busque respostas aos seus questionamentos (MENDES, 2009). Godoy (1995) preleciona que a pesquisa qualitativa é descritiva. A palavra escrita ocupa lugar de destaque nessa abordagem, desempenhando um papel fundamental tanto no processo de obtenção dos dados, quanto na disseminação dos resultados. O autor ainda completa que os pesquisadores qualitativos partem de questões ou focos de interesse amplos, que vão se tornando mais diretos e específicos no transcorrer da investigação. As abstrações são construídas a partir dos dados, num processo de baixo para cima.

Conforme Flick (2009), muitos dos métodos qualitativos existentes vêm sendo transferidos e adaptados às pesquisas que utilizam a internet como ferramenta, fonte ou questão de pesquisa. Âmbitos novos como as entrevistas por e-mail, grupos focais online e etnografia virtual levantam questões de pesquisa e problemas práticos. Mendes (2009) completa que o meio eletrônico oferece propriedades específicas para a pesquisa qualitativa. Assim, a pesquisa *online*, como possibilidade metodológica da pesquisa qualitativa, tem uma potencialidade muito grande. Na utilização de tecnologia nas pesquisas qualitativas, pesa a favor do pesquisador também a facilidade com que tudo isto é feito e a favor do respondente a liberdade de participar quando lhe for mais conveniente (FREITAS *et al.*, 2014).

De acordo com Flick (2009), em um estudo de entrevistas, a pesquisa qualitativa está associada à decisão sobre quais pessoas entrevistar e de quais grupos essas pessoas devam ser originárias. Sendo a coleta num ambiente digital,

abre-se toda uma gama de supervisão e acompanhamento antes muito restrita e penosa (FREITAS *et al.*, 2014).

Assim, no sentido de completar a análise quantitativa da pesquisa desta tese, descrita anteriormente, foi realizada complementarmente uma pesquisa qualitativa, que foi encaminhada a todos os empregados da empresa estudada que trabalham nos *drilling centers*. Foi utilizada a mesma ferramenta de coleta de dados da pesquisa quantitativa, desenvolvida na plataforma Lotus Notes e desenhada pelo Lotus Software Group.

A pesquisa qualitativa foi constituída de nove perguntas conforme o Quadro 9. O acrônimo CSD significa Centro de Suporte à Decisão, que é a forma como a empresa estudada chama seus *drilling centers*.

IDENTIFICADOR	PERGUNTA
P1	Qual o CSD que você atua?
P2	Qual é a sua área de atuação?
P3	Qual o perfil do seu cargo na empresa?
P4	Qual o seu grau de formação?
P5	Qual a sua experiência na indústria de petróleo?
P6	O que poderia ser feito para melhorar a atuação das pessoas no CSD? Comentário: Esta pergunta refere-se a um elemento importante do trabalho no CSD, que é a dimensão pessoas, que considera as habilidades, competências, comportamentos, colaboração, treinamento, autonomia para decisão e grau e nível de especialização necessários.
P7	Como os processos atuais de trabalho no CSD podem ser mais bem estruturados, automatizados, otimizados e padronizados? Comentário: Aqui trata-se de outro elemento importante, que é a dimensão processos, compreendendo a sequência das tarefas que agregam valor para o nosso negócio da empresa.
P8	Como você acredita que a tecnologia e a infraestrutura poderiam melhorar o trabalho do CSD? Comentário: A tecnologia e a infraestrutura também são elementos importantes para o CSD, considerando mobília, iluminação, ar condicionado, sonorização, conectividade (telefone, videoconferência, rede), softwares e hardwares, etc.
P9	O que deveria ser feito pela nossa organização, para potencializar os resultados dos CSDs, no que diz respeito ao atendimento das metas da empresa? Comentário: A organização é um elemento fundamental para o CSD, compreendendo estrutura organizacional, cargos/salários e escala de trabalho.

Quadro 9: Perguntas da Pesquisa Qualitativa

Fonte: o próprio autor

As perguntas de P1 a P5 qualificam os respondentes. As perguntas seguintes (de P6 a P9) foram elaboradas com base nos quatro elementos estruturantes do PPTO das Operações Integradas.

As respostas desta pesquisa qualitativa foram analisadas com nuvens de palavras. De acordo com Lee *et al.* (2010), as nuvens de palavras são uma

representação visual baseada em texto, geralmente usadas para exibir a frequência ou a importância relativa da palavra pelo tamanho da fonte. Eles também podem servir como um resumo visual do conteúdo do documento. Ainda de acordo com o autor, existem vários programas disponíveis para a criação de nuvens a partir de diferentes tipos de fontes de texto.

Na pesquisa desta tese, as nuvens de palavras foram geradas, utilizando um algoritmo em Python, onde, primeiramente, carregaram-se os dados contendo as respostas das perguntas da Pesquisa Qualitativa. Foi utilizado o mesmo procedimento do Item 3.2.2 desta tese (Discussão dos Resultados da Pesquisa Bibliográfica).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão apresentados os resultados da pesquisa quantitativa e da pesquisa qualitativa.

4.1 PESQUISA QUANTITATIVA

Durante as operações de perfuração, completção ou *workover*, os *drilling centers* da empresa estudada dão suporte técnico para a tomada de decisões operacionais nas sondas. Este suporte é dado por equipes multidisciplinares, que trabalham em regime de 24/7 (sete dias por semana, vinte e quatro horas por dia), usando diferentes tecnologias, equipamentos e processos. Desta forma, para entender melhor o funcionamento desses ambientes, localizados geograficamente em diferentes regiões, o *survey* descrito no Capítulo 3 foi enviado a todos os empregados destes *drilling centers*.

A Figura 24 mostra que quase todos são especialistas e engenheiros (94%), com pós-graduação e senioridade (apenas 16% estavam no início de sua carreira). A população estava bem dividida entre os dois *drilling centers* de especialistas e os cinco operacionais (destacados com números na Figura 24). A maioria dos entrevistados (73%) é dedicada à construção de poços.

Análise estatística foi aplicada aos resultados para apoiar a utilização desta metodologia a outros cenários da indústria do petróleo e para compreender a escalabilidade deste estudo para outras empresas.

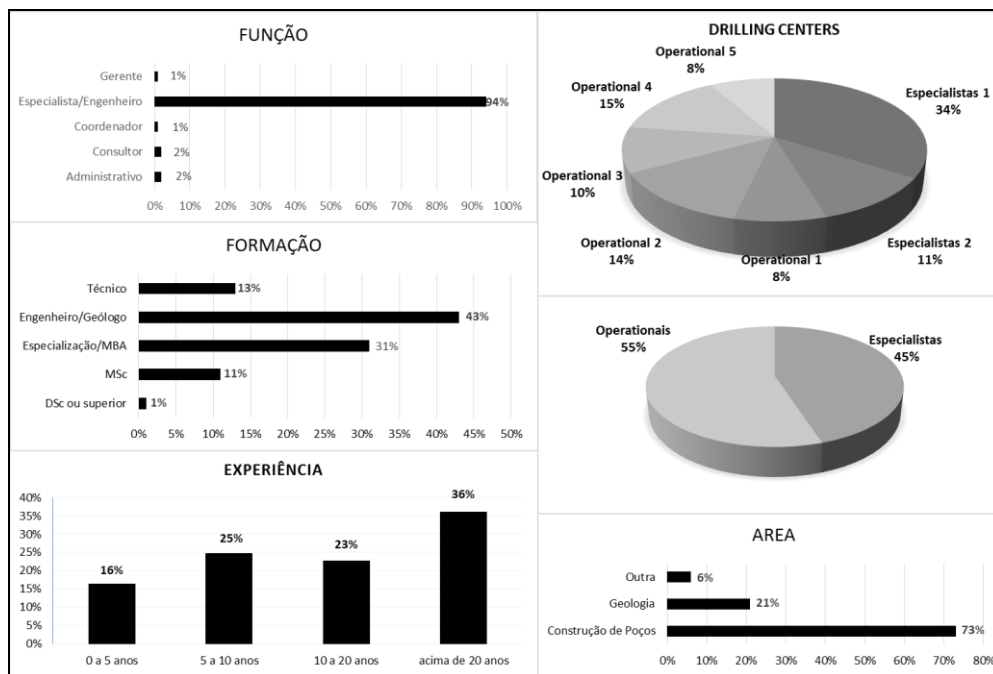


Figura 24: Perfil dos entrevistados no *survey*

Fonte: o autor

A Tabela 1 apresenta a estatística descritiva das avaliações do *survey*. A análise foi organizada baseada em quatro grupos de questões (pessoas, processos, tecnologia e organização). O mínimo é a menor avaliação e o máximo a maior avaliação recebida no referido cluster.. A pesquisa foi baseada em uma Escala Likert de 1 a 5.

Cluster	Média	Desvio-Padrão	Mínimo	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	Máximo
Pessoas	4,48	0,39	3,60	4,20	4,60	4,80	5,00
Processos	3,79	0,64	2,20	3,40	3,80	4,20	5,00
Tecnologia	3,90	0,70	2,00	3,40	4,00	4,40	5,00
Organização	4,61	0,37	3,20	4,40	4,60	5,00	5,00

Tabela 1: Estatística descritiva

Fonte: o autor

Considerando a média e a mediana das avaliações, conclui-se que a percepção dos entrevistados é que os grupos de pessoas e organizações se

desempenham melhor do que os outros dois, processos e tecnologia. A distribuição geral das avaliações para os grupos está descrita na Figura 25, com as medianas e o asterisco correspondendo a um *outlier*.

Formatado: Fonte: Itálico

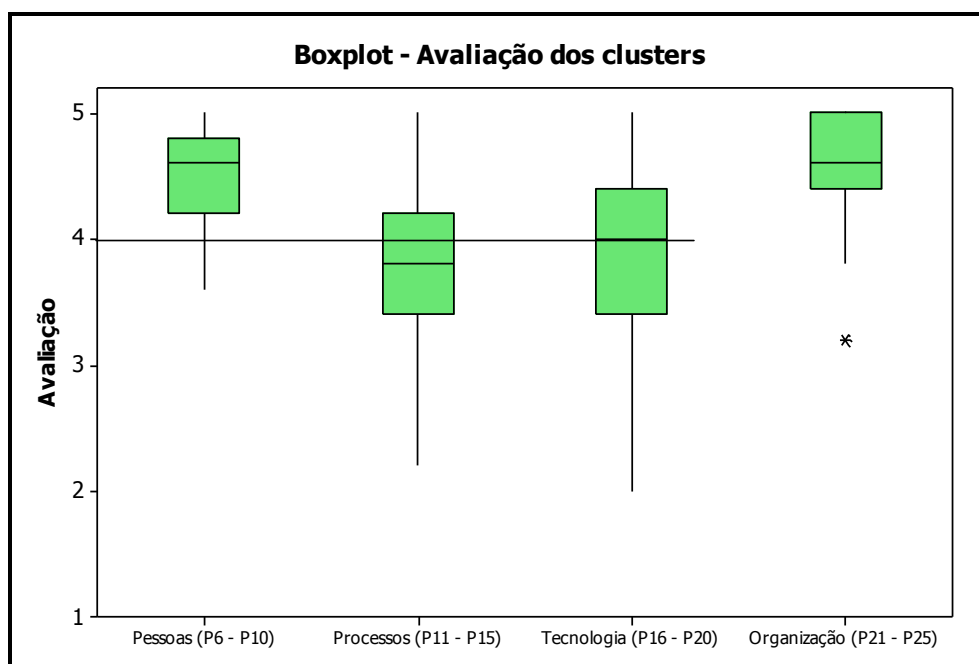


Figura 25: Diagrama de Bloco (*Boxplot*) para avaliação dos grupos

Fonte: o autor

Formatado: Fonte: Itálico

Este resultado do desempenho de tecnologia detalhado na Figura 25 é compatível com a literatura. As tecnologias digitais não são novas para a indústria de petróleo e gás, que começou a adotar essas tecnologias no ambiente de reservatórios e produção, melhorando a segurança e a saúde e aumentando a eficiência nos anos 80 e com uma variedade de iniciativas nos anos 90 e 2000. No entanto, esta indústria está atrasada em comparação a outras, como a aviação e automotiva (HAARSETH e NORMAN, 2018). Bailie e Chinn (2018) completa, dizendo que alguns dos principais obstáculos que as operadoras de soluções digitais enfrentam para aplicação de tecnologia digital incluem a ameaça de ataques cibernéticos sofisticados, a complexidade inerente à implantação de novas tecnologias em um ambiente de O&G, confiança no valor reivindicado pelos

fornecedores, falta de talentos e habilidades técnicas, gerenciamento de mudanças e necessidade fundamental de transformação digital interna. O autor acrescenta que a indústria está apenas no início da era digital e que a curva de maturidade para a superação desses desafios será fundamental para que o setor de O&G realize todo o potencial da Indústria 4.0.

Ainda considerando os resultados da estatística descritiva apresentada anteriormente, a percepção dos entrevistados revela, na Figura 25, um pior desempenho para processos. Isto denota a grande potencialidade no redesenho dos processos de trabalho na área de construção de poços, bem como a importância das inúmeras interfaces que precisam ser melhor entendidas e mapeadas. O bom desempenho das dimensões pessoas e organização reflete os esforços da empresa estudada na mudança de modelo gerencial, abraçando o conceito das Operações Integradas, buscando adaptar a organização para a colaboração e integração de dados e pessoas, bem como primando pela capacitação e qualificação dos profissionais dedicados aos *drilling centers*.

Outra abordagem estatística foi o teste das hipóteses descritas no Quadro 8. Foram utilizados os testes de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney. O teste de Kruskal-Wallis permite comparar três ou mais populações. É usado para testar a hipótese nula de que todas as populações possuem funções de distribuição iguais contra a hipótese alternativa de que ao menos duas das populações possuem funções de distribuição diferentes (Daniel, 2000). Este teste não paramétrico foi usado para verificar diferenças estatisticamente significativas entre os grupos. O valor p deste teste encontrado foi inferior a 0,001, indicando que a hipótese 1 de igualdade no Quadro 8 (Capítulo 3) para a avaliação dos grupos deve ser rejeitada. Os resultados deste teste também mostram que os grupos organização e pessoas têm avaliações estatisticamente mais elevadas do que as dos grupos de processo e tecnologia. A Tabela 2 consolida os resultados.

Grupo	Kruskal-Wallis (Mediana)	Teste de Mann-Whitney (p-Value)	Alfa de Cronbach
	p-value Value < 0.001	Operacional × Especialista	
Pessoas	4.6	0.60	0.6119
Processo	3.8	0.71	0.7624
Tecnologia	4.0	0.10	0.7744
Organização	4.6	0.47	0.6918
	Resultados do Teste de Kruskal-Wallis para as análises dos grupos	Resultados do Teste de Mann-Whitney para os <i>drilling centers</i> operacionais e especialistas	Coefficiente do Alfa de Cronbach's para os grupos PPTO

Tabela formatada

Tabela 2: Testes estatísticos
Fonte: o autor

Conforme já explicado, os *drilling centers* da empresa estudada foram classificados conforme o tipo de atividade como operacionais (ou seja, *drilling center* dedicado ao monitoramento, acompanhamento e controle de operações de construção de poços) ou especialistas (*drilling center* que atua com especialistas em várias disciplinas para todas as sondas da frota). Conforme Daniel (2000), o teste de Mann-Whitney é utilizado quando se quer saber se uma população tende a ter valores maiores do que a outra, ou se elas têm a mesma mediana. Este teste não paramétrico foi usado para comparar as percepções dos diferentes grupos (pessoas, processos, tecnologia e organização). A Tabela 2 resume o resultado do teste estatístico e indica que não há diferença estatisticamente significativa entre os grupos operacionais e de especialistas em qualquer um dos grupos analisados.

Diagramas de bloco foram utilizados para realizar uma análise mais detalhada dos resultados de cada grupo. O *drilling center* de especialistas 01 e o *drilling center* operacional 03 têm a pior avaliação para o grupo de tecnologia. Para o grupo de processo, o *drilling center* operacional 01, *drilling center* de especialistas 01 e o *drilling center* operacional 03 têm os piores resultados. Os outros grupos (pessoas e organização) têm mais avaliações mais homogêneas e elevadas, como ilustrado na Figura 26.

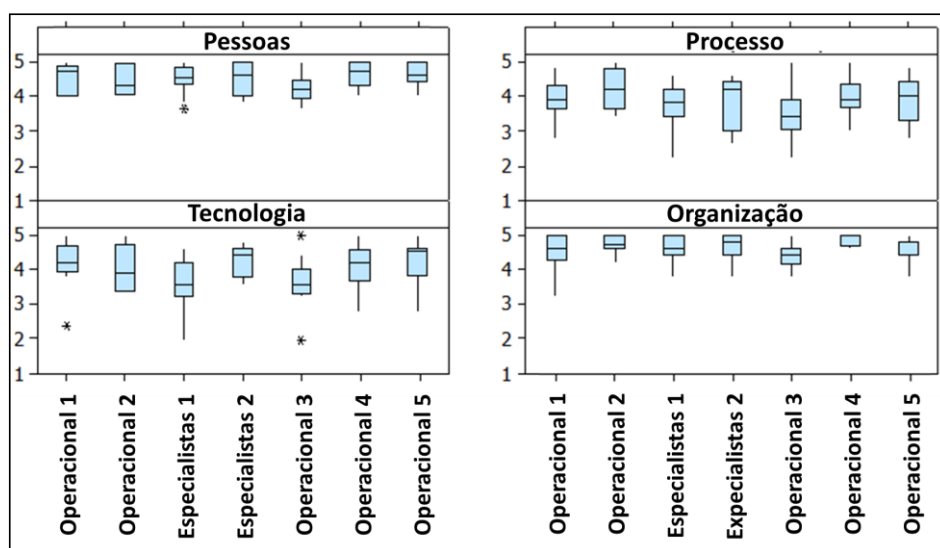


Figura 26: Boxplot dos *drilling centers*

Fonte: o autor

Formatado: Português (Brasil)

Código de campo alterado

Formatado: Português (Brasil)

De acordo com Bonett e Wrigh (2015), o Alfa de Cronbach é uma das medidas de confiabilidade mais utilizadas nas áreas social e de ciências organizacionais, que permite quantificar, utilizando uma escala de zero a um, a confiabilidade de um questionário. Quanto mais perto de um, maior a confiabilidade entre os indicadores. O coeficiente Alfa de Cronbach foi aplicado aos grupos desta pesquisa para avaliar a consistência interna do questionário utilizado, como mostrado na Tabela 2. O valor razoável do coeficiente expressou uma boa confiabilidade do instrumento de pesquisa. Assim, o coeficiente Alfa de Cronbach reflete boa consistência e inter-relação entre as questões.

Os testes estatísticos foram importantes para verificar as hipóteses no Quadro 8 (Capítulo 3). A rejeição da hipótese de igualdade na avaliação dos diferentes grupos valida os projetos para pessoas e tecnologia que a empresa estudada está pretendendo implementar em seus *drilling centers*, como discutido posteriormente. A segunda hipótese testada, que mostrou que não há diferença estatisticamente significativa entre os grupos operacional e de especialistas, indica que as iniciativas da empresa testada devem ser aplicadas a todos os *drilling centers*. Os resultados dos testes estatísticos estão resumidos no Quadro 10.

HIPÓTESE	RESULTADO	DESCRIÇÃO
1	Rejeitada	p-value < 0.001. A hipótese de igualdade para a avaliação de diferentes grupos deve ser rejeitada.
2	Não rejeitada	p-value > 0.001. Não há diferença estatisticamente significativa entre os <i>drilling centers</i> operacional e de especialistas para nenhum dos grupos analisados.

Quadro 10: Resultados dos testes estatísticos para as hipóteses

Fonte: o autor

Dos elementos-chave de Operações Integradas estudados nesta pesquisa, o processo e a tecnologia foram classificados como menores. Baseado nos testes de hipótese e para melhorar o desempenho das sondas e otimizar processos operacionais e de serviços, é recomendado que a empresa estudada integre os *drilling centers* especializados em um único ambiente de Hub colaborativo, conforme foi descrito na Seção 1.1, para potencializar a melhoria contínua com aumento da eficiência operacional, reduzindo os tempos e aumentando a segurança. Os processos de ambas as áreas especializadas, sonda e serviços de construção de poços, devem ser detalhadamente analisados para identificar áreas para melhor integração, o que, por sua vez, deve gerar maiores benefícios para a empresa.

4.2 PESQUISA QUALITATIVA

A pesquisa qualitativa foi realizada pelo envio das perguntas do Quadro 9 para todos os empregados da empresa estudada que trabalham nos seus *drilling centers*. Foram realizadas quatro chamadas por e-mail para a resposta às perguntas da ferramenta de pesquisa. Foram obtidas respostas de 27 participantes, cujos resultados são apresentados e discutidos a seguir.

4.2.1 Qualificação dos Entrevistados

O Figura 27 mostra o perfil dos respondentes à pesquisa qualitativa.

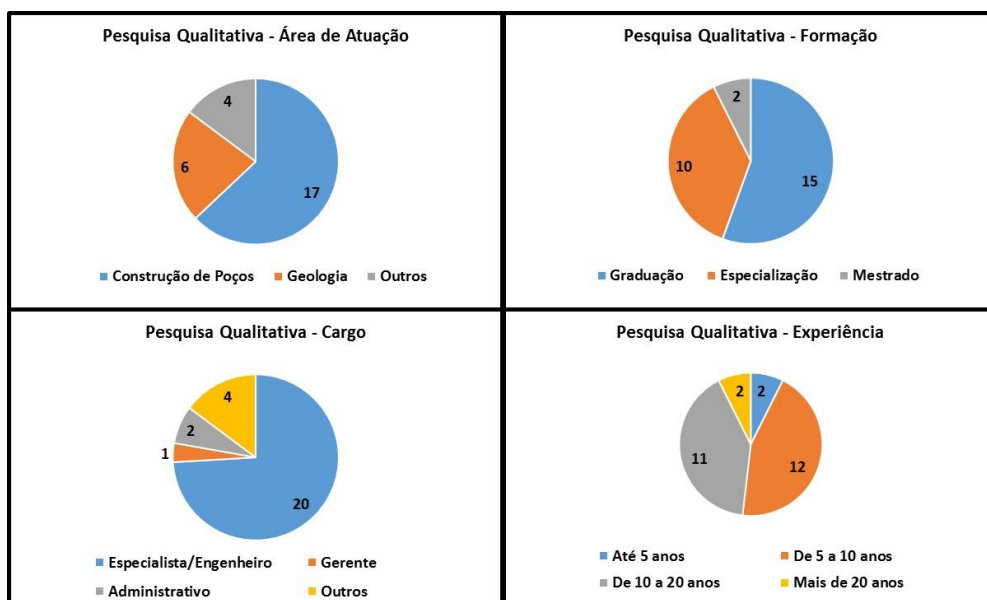


Figura 27: perfil dos respondentes à pesquisa qualitativa

Fonte: o autor

Observa-se que a maioria dos respondentes se dedica especificamente à Área de Construção de Poços. Todos têm nível superior, sendo que existe uma considerável parcela de empregados com especialização. Na sua grande maioria, os respondentes são engenheiros ou profissionais especializados em um ramo da engenharia. Como era de se esperar desta amostra de profissionais que trabalham em *drilling centers*, a ampla maioria é experiente, tendo trabalhado na atividade de 5 a 20 anos.

4.2.2 Análise Qualitativa

A seguir, serão analisadas as nuvens de palavras das perguntas referentes às dimensões PPTO dos *drilling centers* da empresa estudada.

4.2.2.1 Nuvem de palavras da pergunta P6: O que poderia ser feito para melhorar a atuação das pessoas no CSD?

A Figura 28 representa a nuvem de palavras da P6.



Figura 28: Nuvem de palavras que representa os vocábulos de maior frequência nas respostas da pergunta P6 da Pesquisa Qualitativa

Fonte: o autor

Na análise de agrupamento das palavras de maior frequência nas respostas da P6, as palavras com mais evidência são “treinamentos”, “tempo” e “CSD” (que é o acrônimo da *drilling center* em português – Centro de Suporte à Decisão). Isto retrata muito bem a importância do local de trabalho (CSD) e duas componentes que impactam substancialmente a dimensão Pessoas: “tempo” e “treinamentos”. O “tempo” se relaciona à experiência profissional (que também é uma palavra de destaque, porém menor), mas também ao tempo de realização das tarefas, que é um foco muito importante dos empregados destes ambientes colaborativos, já que eles trabalham em atividades em tempo real, tomando decisões na medida em que as situações operacionais aparecem. Quanto aos “treinamentos”, eles são a fundamentação da competência e *expertise* de todos envolvidos na operação de um *drilling center*, sendo, portanto, um elemento central, totalmente coerente com a nuvem de palavras.

4.2.2.2 Nuvem de palavras da pergunta P7: Como os processos atuais de trabalho no CSD podem ser mais bem estruturados, automatizados, otimizados e padronizados?

A Figura 29, a seguir, representa a nuvem de palavras da P7.

Figura 30: Nuvem de palavras que representa os vocábulos de maior frequência nas respostas da pergunta P8 da Pesquisa Qualitativa

Fonte: o autor

Esta nuvem de palavras destaca os vocábulos “dados”, “tempo”, “real”, “sistema” e “CSD” como os de maior frequência nas respostas da P8. As três primeiras palavras apontam para o principal insumo dos *drilling centers* que são os dados em tempo real, cuja importância é fundamental na tomada de decisões no tempo correto e estão diretamente correlacionados com a tecnologia e infraestrutura de comunicação destes ambientes colaborativos. A palavra “sistema” descreve os principais instrumentos dos *drilling centers*, que são os conjuntos de dispositivos eletrônicos capazes de processar informações de acordo com um programa (sistemas computacionais). Mais uma vez o vocábulo “CSD” destaca a importância do local de trabalho no elemento tecnologia e infraestrutura.

4.2.2.4 Nuvem de palavras da pergunta P9: O que deveria ser feito pela nossa organização, para potencializar os resultados dos CSDs, no que diz respeito ao atendimento das metas da empresa?

A Figura 31, a seguir, representa a nuvem de palavras da P9.



Figura 31: Nuvem de palavras que representa os vocábulos de maior frequência nas respostas da pergunta P9 da Pesquisa Qualitativa

Fonte: o autor

Despontam como principais palavras desta nuvem os vocábulos “CSD”, “trabalho”, “escala” e “dias”. Estas palavras apontam para a principal preocupação dos profissionais que se dedicam à atividade nos *drilling centers*, que é a escala de

trabalho. Como se trata de um trabalho contínuo, já que as operações das sondas não param, as equipes têm que ser organizadas para a execução do trabalho em 24/7, para evitar que haja algum comprometimento operacional.

4.3 RESULTADOS DAS PESQUISAS

A Pesquisa Quantitativa avaliou as dimensões PPTO dos *drilling centers* da empresa estudada, estabelecendo uma comparação entre as dimensões e entre os ambientes colaborativos. A Pesquisa Qualitativa investigou o significado dos elementos fundamentais da PPTO para os *drilling centers* da empresa estudada. Para cada uma das perguntas, predominou a percepção dos principais temas de Pessoas, Processos, Tecnologia e Organização. Este estudo mostrou-se bastante útil na definição de ações que possam potencializar estas dimensões.

A abordagem de utilizar ambas as pesquisas (quantitativa e qualitativa) é importante, já que ambas são complementares. Enquanto a Pesquisa Quantitativa permite a avaliação de determinado *drilling center* em certa dimensão, a Pesquisa Qualitativa possibilita o delineamento de ações e estratégias para aumentar o valor da referida dimensão.

5 AVALIAÇÃO DOS ELEMENTOS ESTRUTURANTES DAS OPERAÇÕES INTEGRADAS NA CONSTRUÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO OFFSHORE NO AMBIENTE 4.0

A presente tese buscou definir um *framework* para avaliação dos elementos estruturantes das Operações Integradas, baseado no PPTO (Pessoas, Processos, Tecnologia e Organização). Este capítulo busca ampliar os horizontes, contextualizando o tema na jornada rumo à Indústria 4.0.

5.1 AS OPERAÇÕES INTEGRADAS

A Figura 32, a seguir, resume o conceito das Operações Integradas, onde no centro está o seu grande objetivo: produzir decisões mais acertadas e no tempo correto. Isto se dá através de quatro pilares, que necessitam ser trabalhados individualmente e no contexto do ambiente colaborativo de decisão.

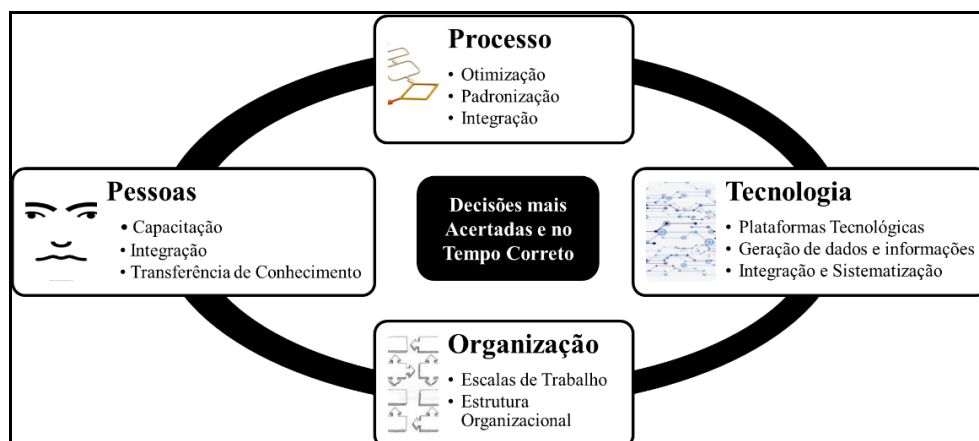


Figura 32: As Operações Integradas

Fonte: o autor

As Pessoas são um elemento chave no conceito de Operações Integradas. Todos os envolvidos devem estar devidamente treinados e capacitados para a realização das suas tarefas. Novas competências deverão ser desenvolvidas na força de trabalho, considerando que o ambiente passa a ser desafiador. A habilidade para lidar com as novas tecnologias tem que ser desenvolvida em todos os envolvidos. Os empregados precisam estar habituados a trabalhar em integração

com outros times, compartilhando informações, experiências e somando nas decisões colegiadas. A transferência de conhecimento passa a ser fundamental nos ambientes colaborativos, que são *online* e têm alta rotatividade. A Gestão de Mudança passa a ser um fator crítico de sucesso, na medida em que reduz o grau de resistência dos envolvidos nas várias mudanças deste contexto dinâmico.

Os Processos têm que ser repensados e otimizados para a nova realidade. Os silos criados pelas gerências organizacionais devem ser quebrados, de forma a que os processos sejam tratados na sua essência até o produto final. A visão holística deve ser cada vez mais adotada para entender como os processos se relacionam, de forma a se obter o melhor resultado global de produtividade e segurança. A padronização e integração dos processos continua sendo uma peça chave, mantendo a qualidade das decisões em toda a organização. Uma condição para a interdisciplinaridade é que os participantes sejam especialistas e que, ao mesmo tempo, tenham conhecimento de todo o processo.

A Tecnologia é o pilar mais dinâmico dos quatro elementos das Operações Integradas, experimentando o desenvolvimento exponencial observado em toda a indústria. Um bom planejamento é essencial, escolhendo as melhores arquiteturas e plataformas tecnológicas. Especial atenção deve ser dispensada aos dados, que são a matéria prima da informação, cuidando da sua existência (através da instalação de sensores, por exemplo) e qualidade. Os dados devem ser sistematizados e integrados, de forma a tornar os processos mais ágeis e a rotina de trabalho mais eficiente, evitando erros.

A Organização é o grande motor das Operações Integradas, na medida em que deve patrocinar ativamente todas as iniciativas nos elementos do PPTO. A estrutura organizacional deve ser bem planejada, de forma a permitir o trabalho integrado, interdisciplinar, colaborativo e minimizando os silos gerenciais. Os componentes organizacionais devem ser pensados de forma a permitir as escalas de trabalho adequadas e o trabalho ininterrupto (escala 24/7), sempre que for necessário.

5.2 A EVOLUÇÃO DA CONSTRUÇÃO DE POÇOS

A implantação dos *drilling centers* e as subsequentes iniciativas de Operações Integradas se constituíram em um marco muito importante na indústria do petróleo.

A visão PPTO trouxe uma abordagem que permite a evolução destes elementos estruturantes, de forma a tornar o trabalho colaborativo cada vez mais eficiente, com maior integração de pessoas, dados e sistemas, redundando em valor gerado por decisões corretas no tempo requerido. A Figura 33, a seguir, mostra um panorama da trajetória evolutiva do que está por vir, depois das Operações Integradas.

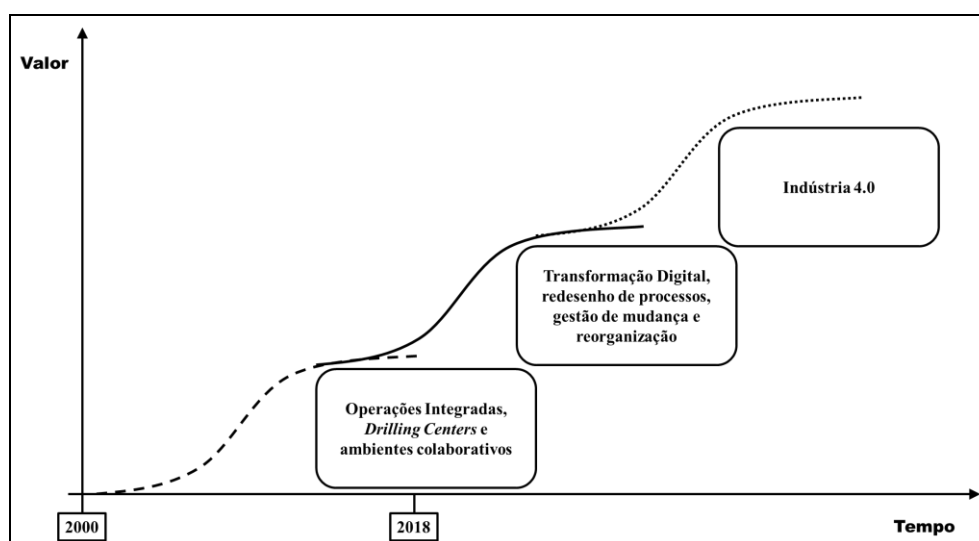


Figura 33: Trajetória das Operações Integradas à Indústria 4.0

Fonte: o autor

Após a assimilação da cultura de trabalho colaborativo proporcionado pelas Operações Integradas, está cada vez mais evidente a transformação digital, que é a fase atual vivida na indústria do petróleo e, em particular, na construção de poços. Com a incrível redução de custos, muitas soluções tecnológicas têm sido disponibilizadas, possibilitando capacidade de processamento, volume de armazenamento e qualidade de conectividade, nunca antes imaginados. Mas, nesta fase de transição existem outras transformações que não são digitais. Aliada ao desenvolvimento tecnológico e completando esta fase rumo à Indústria 4.0, existe toda a cultura de redesenho de processos, que foi amplamente praticada nas Operações Integradas, o que permitirá às operadoras e prestadoras de serviços adequarem seus processos ao dinamismo desta transformação. E as organizações têm que se preparar para estarem mais adequadas ao conceito de fábrica

inteligente, com as tecnologias corretas, com o projeto integrado à produção, com as máquinas, dispositivos e equipamentos conversando entre si e alertando para tomadas de ação, com toda a informação sendo processada e distribuída em tempo real e a gestão da produção feita por centros de trabalho.

5.3 OS ELEMENTOS DO PPTO NO AMBIENTE DA INDÚSTRIA 4.0

A Indústria 4.0 se caracteriza por ter uma rede vertical de CPS (sistemas ciberfísicos), que permite que as plantas consigam reagir a falhas e a mudanças de demanda ou nível de estoque, dentro do conceito de fábrica inteligente. Assim a produção pode ser individualizada e customizada ao cliente. Os recursos e produtos são ligados em rede. Esta realidade demanda grande integração de dados e sensores inteligentes. Existe especial ênfase à gestão de recursos. Outra característica da Indústria 4.0 é a sua integração horizontal de clientes e parceiros, através de redes locais e globais. Isto permite o controle da logística desde a entrada de insumos até o armazenamento de produtos, bem como o gerenciamento da produção, vendas e serviços, com transparência e flexibilidade em todas as cadeias do processo, desde a compra, passando pela produção até as vendas. Adaptações específicas a clientes podem ser feitas em qualquer fase do processo produtivo e em todas as etapas da cadeia de valor, tratando dinamicamente e em tempo real fatores como sustentabilidade ambiental, preço, risco, tempo e qualidade.

Na Indústria 4.0, a engenharia é interdisciplinar em todo o ciclo de vida de produtos e clientes. A fabricação de novos produtos, que demandam novos sistemas de produção é integrada aos ciclos de vida do produto. Os dados e informações estão disponíveis em todos os estágios do ciclo de vida dos produtos, permitindo que novos processos sejam mais flexíveis e possam ser definidos a partir de dados até o produto final. Outra característica marcante da Indústria 4.0 é o impacto das tecnologias como catalisador de soluções cognitivas e autônomas, proporcionando economia e flexibilidade nos processos, com o uso de inteligência artificial, sensores inteligentes, big data e IoT.

De acordo com a literatura, os princípios básicos para a aplicação da Indústria 4.0 são:

- Interoperabilidade: fundamenta-se na comunicação entre produtos e sistemas de produção, independentemente do elemento, utilizando padrões e protocolos e padrões globais.
- Virtualização: é o monitoramento e gestão de processos, nos quais uma versão digital é criada, de forma a representar a realidade física através de modelagem matemática com dados obtidos de sensores.
- Descentralização: devido à complexidade na produção, a tomada de decisão deve ser descentralizada.
- Resposta em Tempo Real: os sistemas devem adquirir e analisar os dados em tempo real, proporcionando capacidade de decisão e reação a problemas operacionais, de forma a otimizar as fabricas inteligentes.
- Orientação ao Serviço: são funcionalidades e sistemas inteligentes disponibilizados em plataformas no que se chama nuvem. Assim, as empresas podem se concentrar em seus negócios principais, em vez de gastar recursos com infraestrutura e manutenção de computadores e sistemas. A computação em nuvem também é conhecida como IoS (*Internet of Services*).
- Modularidade: utilizando sistemas modulares, as empresas passam a poder se adaptar às mudanças de demanda ou às customizações de produtos.

O Figura 34, a seguir, apresenta uma visão geral dos impactos que os princípios básicos da Indústria 4.0 terão sobre os elementos formadores do PPTO:

	PESSOAS	PROCESSOS	TECNOLOGIA	ORGANIZAÇÃO
INTEROPERABILIDADE				
VIRTUALIZAÇÃO				
DESCENTRALIZAÇÃO				
RESPOSTA EM TEMPO REAL				
ORIENTAÇÃO AO SERVIÇO				
MODULARIDADE				




	Alto impacto
	Médio impacto
	Baixo impacto

Figura 34: Princípios Básicos da Indústria 4.0 x PPTO

Fonte: o autor

A interoperabilidade irá demandar bastante tecnologia, impactará nos processos, modificando a forma como as tarefas são feitas e como as pessoas trabalham. A virtualização demandará considerável tecnologia para as cópias virtuais e modificará profundamente os processos, na medida em que muitas decisões serão tomadas em simulações virtuais, com as pessoas treinadas para este novo *modus operandi*. A descentralização afetará bastante a organização. Já a resposta em tempo real, que é extremamente impactante na atividade de construção de poços, afetará todos os quatro elementos estruturantes das Operações Integradas de forma significativa. A orientação para o serviço demandará tecnologia para disponibilizar as facilidades e soluções pela nuvem, com impactos nos processos de trabalho. Finalmente, a modularidade afetará a organização, na medida em que sistemas modulares poderão ser incorporados facilmente às instalações já existentes, otimizando também processos e demandando treinamento de pessoal.

A indústria do petróleo, especificamente a Área de Construção de Poços está prestes a concluir a fase de implantação das Operações Integradas. A presente tese tem o valor de disponibilizar uma abordagem que permite avaliar, para a construção de poços, os elementos estruturantes das Operações Integradas, de forma a possibilitar que as operadoras atuem de forma direcionada para o PPTO. A disponibilização do presente estudo é extremamente compatível com o momento atual, onde já se inicia a onda da transformação digital, que aponta ser a preparação para o futuro da Indústria 4.0, onde vislumbra-se, na construção de poços, um futuro onde todos os dados e informações sejam coletados e disponibilizados no ciclo de construção dos poços, utilizando soluções cognitivas para o melhor desempenho dos processos, trazendo valor e segurança. Neste contexto futuro, deverá haver integração vertical na Área de Construção de Poços, onde os *drilling centers* atuais evoluirão para centros de controle, que irão reagir não somente a problemas operacionais, como ocorre hoje, mas também a demandas de insumos, variações do nível de estoque e suprimentos. Também haverá integração horizontal com fornecedores e companhias de serviço, de forma a que a logística seja completamente integrada, com customizações de produtos para cenários específicos de utilização, com a quebra dos silos das gerências, integrando o planejamento das sondas e das entregas de poços.

Formatado: Fonte: Não Negrito, Português (Brasil)

Formatado: Título 1, Recuo: Primeira linha: 1 cm

Formatado: Fonte: Não Negrito, Não Itálico, Português (Brasil)

Formatado: Fonte: Não Negrito, Português (Brasil)

6 CONCLUSÕES E PESQUISAS FUTURAS

Este estudo possibilitou identificar os principais modelos de Operações Integradas utilizados pelas operadoras de petróleo e construir um *framework* que permite a uma operadora de petróleo compreender os seus *drilling centers*, através do PPTO. As abordagens adotadas nesta pesquisa mostraram-se eficientes no diagnóstico de ações estruturantes para estes ambientes colaborativos. A empresa estudada, com base nos resultados alcançados no presente estudo, já está revendo seu posicionamento estratégico quanto a este tema e promovendo mudanças estruturais nos seus *drilling centers*.

Os resultados deste estudo revestem-se de grande importância para a construção de poços, na medida em que a pesquisa quantitativa permite que se

Formatado: Fonte: (Padrão) Arial, 12 pt

Formatado: Normal, Recuo: Primeira linha: 1 cm, Espaçamento entre linhas: 1,5 linhas

Formatado: Normal

Formatado: Fonte: Negrito

Formatado: Normal, Espaçamento entre linhas: 1,5 linhas

defina o “onde” a empresa estudada deve agir. Já a pesquisa qualitativa possibilita, através de *insights* das palavras com maior frequência, que se possam desenhar ações impactantes nos elementos do PPTO, traduzindo o “como” agir. Estas ações devem estar alinhadas com as fases de implantação da Indústria 4.0, conforme a Figura 34, para garantir que os programas de melhoria e planos de ação da empresa estudada sejam efetivos e focados.

6.1 ALCANCE DOS OBJETIVOS

Revisitando os objetivos específicos desta pesquisa, que foram apresentados no item 1.4, observa-se que todos foram plenamente atingidos. Com a pesquisa bibliográfica, as iniciativas tecnológicas de implantação de Operações Integradas foram investigadas nas organizações de classe mundial. Os aspectos de Pessoas, Processos, Tecnologia e Organização foram levantados na literatura e o Quadro Referencial Teórico foi construído. Isto permitiu uma análise criteriosa dos *drilling centers* de uma operadora de petróleo no Brasil, conduzindo a um diagnóstico que está influenciando na redefinição do modelo de processo estratégico dos *drilling centers* da referida empresa.

6.2 A INDÚSTRIA 4.0 NO O&G

A conjuntura atual aponta para um futuro da indústria do petróleo com tecnologias de nuvem e plataformas digitais, envolvendo comunicação multilateral e grande volume de dados em tempo real. Sistemas Ciberfísicos, IIoT, *Big Data* e Inteligência Artificial serão cada vez mais presentes na rotina operacional, dando grande vantagem competitiva às empresas. As Operações Integradas estão sendo o grande embasamento para esta realidade, através do redesenho de processos, integrando pessoas e sistemas. Desta forma, a compreensão dos quatro elementos do PPTO é fundamental para a nova realidade. A pesquisa desta tese é uma grande contribuição para a viabilização da Indústria 4.0 no O&G, que criará um ciclo infinito de interação entre fabricante, produto e cliente na construção de poços.

6.3 PESQUISAS FUTURAS

O presente trabalho suscita pesquisas futuras, conforme destacado na Figura 2. Algumas sugestões:

- a) O *framework* que foi desenvolvido para a análise dos elementos do PPTO dos *drilling centers* da empresa estudada pode ser utilizado em outras oportunidades, na mesma empresa para evidenciar as consequências de ações que impactem em pessoas (treinamentos, gestão de mudança, etc.), processos (redesenhos, otimizações, etc.), tecnologia (mudança de plataformas tecnológicas, implantação de novas tecnologias, etc.) e organização (reestruturações, etc.) nestes centros colaborativos. Assim, pode-se considerar o presente estudo como uma *baseline* inicial, a ser comparada com resultados da aplicação do *framework* em oportunidades futuras.
- b) Aplicação da *baseline* proposta neste estudo em outros cenários: este pode ser um importante progresso no sentido de unificar as abordagens das várias operadoras. Assim, será possível a comparação de resultados e compartilhamento sistemático de lições aprendidas. Interessante pesquisa pode ser realizada com operadoras orientais, especialmente chinesas, no sentido de perceber a importância da diferença cultural extrema com a empresa estudada nesta pesquisa. Outro aspecto importante nestas futuras pesquisas em outras operadoras é associar o resultado da aplicação da abordagem ao modelo de Operações Integradas utilizado.
- c) Comparação, através da aplicação da abordagem desta pesquisa aos gerentes relacionados aos ambientes colaborativos estudados para comparar a percepção destes dois grupos.
- d) Outro aspecto que se pode entender em outras pesquisas futuras é a importância da variação das perguntas (pesquisas qualitativa e quantitativa), no resultado final do trabalho. Para tal, os formulários propostos podem ser reformulados com outras perguntas e aplicados na mesma amostra para perceber o impacto nas dimensões do PPTO.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI, Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial. 2018. Agenda brasileira para a Indústria 4.0. Disponível em: <http://www.industria40.gov.br>. Acesso em: em 12/10/2018 às 12:11h.

ABDULKARIM, A. *et al.* **Overview of Saudi Aramco's Intelligent Field Program.** Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition. Utrecht, The Netherlands. SPE 129706-MS, 2010. doi: <https://doi.org/10.2118/103621-MS>

ADEFULU, Y. **Enhancing Asset Performance: How Can the Benefits of Collaborative Work Environments be Effectively Measured?** Artigo apresentado na PE Intelligent Energy Conference and Exhibition. Utrecht, The Netherlands: Society of Petroleum Engineers. v. 2, p. 1044-1063, 2010.

AL-DHUBAIB, T.A. 2011. **Intelligent Fields: Industry's Frontier & Opportunities.** Artigo apresentado na SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference held in Manama, Bahrain, 25–28 September. SPE 141874, 2011. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/141874-MS>

AL-JASMI, A.; QIU, F.; ALI, Z. **Digital Oil Field Experience: An Overview and a Case Study.** Artigo apresentado na SPE Digital Energy Conference and Exhibition. The Woodlands, TX, USA: Society of Petroleum Engineers, 2013.

AL QAHTANI, A.M.; AL QAHTANI, M. **Adding More Value in the Downturn Time from Digital Oil Field; what is more to leverage?** Artigo apresentado na SPE Kingdom of Saudi Arabia Annual Technical Symposium and Exhibition em Dammam, Arabia Saudita. SPE-192294-MS, 2018. doi: <https://doi.org/10.2118/192294-MS>

ALVARADO, M.; BAÑARES-ALCÁNTARA, R.; TRUJILLO, A. Improving the organisational memory by recording decision making, rationale and team configuration. **Journal of Petroleum Science and Engineering**, v. 47, n. 1-2, p. 71-88. 2005.

ALVES, M.M. **O papel dos proprietários de processos em centros de serviços compartilhados.** 2009. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil.

AL MULLA, B. **Value of Quality Management in E&P Business Improvement and Integration.** Artigo apresentado na Abu Dhabi International Conference and Exhibition. Abu Dhabi, United Arab Emirates: Society of Petroleum Engineers, 2004.

ANDRADE, R.A.M. **Padronização e inovação: a influência dos modelos de organização do trabalho fundamentados em padrões no processo criativo.** 2005. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil.

AZAMAN, D. *et al.* **Samarang Integrated Operations (IO) – Tri-Node Collaborative Working Environment (CWE) Integrating People, Technology and Process.** SPE Digital Energy Conference and Exhibition, The Woodlands, Texas, USA. SPE-173579, 2015. doi: <https://doi.org/10.2118/173578-MS>

BAILIE, B.; CHINN, M. **Effectively Harnessing Data to Navigate the New Normal: Overcoming the Barriers of Digital Adoption**. Artigo apresentado na Offshore Technology Conference em Houston, Texas, EUA, OTC-28699-MS, 2018. doi <https://doi.org/10.4043/28699-MS>

BARGHOUTY, M. F. *et al.* **Intelligent Field Centers (IFCs): Integrating People, Processes and Technologies to Optimally Manage Giant Fields**. Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition held in Utrecht, The Netherlands, SPE-128469-MS, 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/128469-MS>

BERGE, J. **Digital Transformation and IIoT for Oil and Gas Production**. Offshore Technology Conference em Houston, Texas, EUA, OTC-28643-MS, 2018. doi <https://doi.org/10.4043/28643-MS>

BESHRI, A. *et al.* **Saudi Aramco Intelligent Field Data Exchange Experience Using PRODML: Case Study**. Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy International. Utrecht, The Netherlands: Society of Petroleum Engineers, 2012. doi: <https://doi.org/10.2118/149619-MS>

BICAS, H.E.A. Ineditismo, Originalidade, Importância, Publicidade, Interesse e Impacto de Artigos Científicos. **Arq. Bras. Oftalmol.** v. 71, n. 4, p.473-474. 2008.

BOGAERT, P.M. *et al.* **Improving Oil Production Using Smart Fields Technology in the SF30 Satellite Oil Development Offshore Malaysia**. Artigo apresentado na Offshore Technology Conference em Houston, Texas, U.S.A., 3–6 May. OTC 16162, 2004. doi: <http://dx.doi.org/10.4043/16162-MS>

BONETT, D.G.; WRIGHT, T.A. Cronbach's alpha reliability: Interval estimation, hypothesis testing, and sample size planning. **Journal of Organizational Behavior**. v. 36, p. 3-15. 2015. doi: 10.1002/job.1960

BOOTH, J.E., Real-Time Drilling Operations Centers: A History of Functionality and Organizational Purpose - The Second Generation. **SPE Drilling & Completion**. v. 26, n.02, p. 295-302. 2011. SPE-126017-PA. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/126017-PA>

BRULÉ, M.R. *et al.* **Bridging the Gap Between Real Time Optimization and Information Based Technologies**. Artigo apresentado na SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Denver, Colorado, USA, SPE 116758. 2008. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/116758-MS>

CHAI, C.F.; Van Den BERG F.G.; ENGBERS, P. **Smart Fields - A Decade of Practice in Building Intelligent Fields and Collaboration**. Artigo apresentado na International Petroleum Technology Conference em Kuala Lumpur, Malaysia, IPTC-17988-MS. 2014. doi: <https://doi.org/10.2523/IPTC-17988-MS>

CLYDE, R. *et al.* **Mobile Support Center Provides Cost-Effective Alternative to Dedicated Facility**. Artigo apresentado na SPE Annual Technical Conference and Exhibition held in Anaheim, California, U.S.A, SPE 108706, 2007. doi: <https://doi.org/10.2118/108706-MS>

CRAMER, R. *et al.* **A Measure of the Digital Oil Field Status - Is It the End of the Beginning?** Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy International held in Utrecht, The Netherlands, 27–29 March. SPE 149957, 2012. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/149957-MS>

CRAWFORD, M.L.; HOEFNER, M.L.; OAKES, J. E. **A Standard Solution for Upstream Oil and Gas Surveillance.** Artigo apresentado na Intelligent Energy Conference and Exhibition. Amsterdam, The Netherlands: Society of Petroleum Engineers. SPE 112152. 2008. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/112152-MS>

CROMPTON, J. **How Can We Turn Intelligent Energy into Profitable Operations?** Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy International Conference and Exhibition em Aberdeen, Reino Unido, SPE-181078-MS. 2016. doi: <https://doi.org/10.2118/181078-MS>

CSIS, Center for Strategic & International Studies (2018). Disponível em: <https://www.csis.org/analysis/made-china-2025>. Acesso em: 12/10/2018 às 20:58h.

DANIEL, W.W. **Applied Nonparametric Statistics.** Cengage Learning, 2nd ed, Boston, 2000.

DE BEST, L.; VAN DEN BERG, F. **Shell's Smart Fields - Sustaining and accelerating benefits from Intelligent Fields.** Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy International, Utrecht, The Netherlands Utrecht, 2012. doi: <https://doi.org/10.2118/150407-MS>

DELOITTE, 2015. Industry 4.0 - Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>. Acesso em: 06/11/2018 às 11:48h.

DEKKER, M.; THAKKAR, A. **Digitalisation – The Next Frontier for the Offshore Industry.** Artigo apresentado na Offshore Technology Conference em Houston, Texas, EUA, OTC-28815-MS, 2018. doi: <https://doi.org/10.4043/28815-MS>

DENZIN, N.K., Lincoln, Y.S. **Handbook of qualitative research.** Thousand Oaks, Sage, 1994

DESKUS, A. Guest Editorial: Digitizing E&P: Accelerating the Pace of Change. **Journal of Petroleum Technology**, v. 2, n. 66, p. 20-23. 2014. SPE-0214-0020-JPT. doi: <https://doi.org/10.2118/0214-0020-JPT>

DICKENS, J. *et al.* **The BP Field of the Future Programme: The Continuing Mission To Deliver Value.** Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition held in Utrecht, The Netherlands, SPE 128672, 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/128672-MS>

DIGILINA O.B.; TESLENKO I.B.; ABDULLAEV N.V. **Industry 4.0: Contents, Problems and Perspectives.** In: POPKOVA E., OSTROVSKAYA V. (eds) Perspectives on the Use of New Information and Communication Technology (ICT) in the Modern Economy. ISC 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 726. Springer. 2019. doi https://doi.org/10.1007/978-3-319-90835-9_4

DRØIVOLDSMO, A.; LUNDE-HANSEN, L.; HEIMDAL, J. **IO MTO Handbook.** IO Center, Trondheim, Noruega, 2012.

EDWARDS, A.R. **Integrated Operations (IO) in Mining and Oil and Gas, What can we learn from each other?** Artigo apresentado na SPE Middle East Intelligent Oil and Gas Conference and Exhibition, 15-16 September, Abu Dhabi, UAE. SPE-176814-MS, 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/176814-MS>

EDWARDS, A.R.; GORDON, B. **Using Unmanned Principles and Integrated Operations to Enable Operational Efficiency and Reduce Capex and Opex Costs.** Artigo apresentado na SPE Middle East Intelligent Oil & Gas Conference & Exhibition em Abu Dhabi, UAE, SPE-176813, 2015. doi: <https://doi.org/10.2118/176813-MS>

EDWARDS, T.; MYDLAND, O.; HENRIQUEZ, A. **The Art of Intelligent Energy (iE) - Insights and Lessons Learned From the Application of iE.** Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition, Utrecht, The Netherlands, SPE 128669, 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/128669-MS>

EUROPEAN COMMISSION (2018a) Digital Transformation Monitor, Germany: Industry 4.0. Disponível em: https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_Industrie%204.0.pdf. Acesso em: 2/10/2018, às 20:26h.

EUROPEAN COMMISSION (2018b) Factories of the Future PPP: towards competitive EU manufacturing. Disponível em: http://ec.europa.eu/research/press/2013/pdf/ppp/fof_factsheet.pdf. Acesso em: às 12/10/2018, 20:43.

FEINEMAN, D.R. **Digital Oilfield Implementation: Learning From the Ghostbusters.** Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition em Utrecht, The Netherlands, 2014. doi: <https://doi.org/10.2118/167831-MS>

FLICHY, P.; BAUDOIN, C. **The Industrial IoT in Oil & Gas: Use Cases.** Artigo apresentado na SPE Annual Technical Conference and Exhibition em Dallas, Texas, EUA, SPE-191756-MS, 2018. doi: <https://doi.org/10.2118/191756-MS>

FLICK, U. **Introdução à Pesquisa Qualitativa**, 3ª Edição, Artmed Ed., São Paulo, Brasil, 2009.

FREITAS, H. *et al.* Pesquisa via internet: características, processo e interface. **Revista Eletrônica GIANTI**, 11p. 1-11, 2014.

FUKS, H. *et al.* **Towards the Use of Collaborative Virtual Environments to Crew Unmanned Oil Platforms.** Artigo apresentado na 13th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, p.462-467. 2009.

GAROTTI, L. V. 2017. **O estudo do trabalho do integrador logístico: uma abordagem ergonômica da integração operacional na logística da indústria petrolífera.** Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

GERRARD, C.A.; McCABE, H.; BECK, A.D. **Installation and Implementation of “Smart Fields Foundation” on a Brown Field Asset, Adding Value Without Major Capital Investment.** Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition em Utrecht, The Netherlands, SPE 127849. 2010. doi: <https://doi.org/10.2118/127849-MS>

GÖBEL, D.; BRIERS, J.; CHIN, Y.M. **Architecture and Implementation of an Optimization Decision Support System.** Artigo apresentado na International Petroleum Technology Conference, Beijing, China, IPTC-17009-MS, 2013. doi: <https://doi.org/10.2523/IPTC-17009-MS>

GODOY, A.S. Introdução à Pesquisa Qualitativa e suas Possibilidades. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995.

GOMES, D.S Inteligência Artificial: Conceitos e Aplicações, **Revista Olhar Científico – Faculdades Associadas de Ariquemes**. v. 1, n. 2, p. 234-246. 2010.

GÜNTHER, H. Pesquisa Qualitativa Versus Pesquisa Quantitativa: Esta é a Questão? **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, V. 22, n. 2, pp. 201-210, 2006.

HALLAND, T. *et al.* **Implementing Intelligent Energy - Change Management Experiences and Recommendations**. Artigo apresentado na SPE Middle East Intelligent Energy Conference and Exhibition, Manama, Bahrain. SPE 167451. 2013. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/167451-MS>

HARLAMOVA M.; KIRIKOVA M. **Towards the Trust Model for Industry 4.0**. In: Lupeikiene A., Vasilecas O., Dzemyda G. (eds) Databases and Information Systems. DB&IS 2018. Communications in Computer and Information Science, vol 838. Springer. 2018. doi https://doi.org/10.1007/978-3-319-97571-9_6

HEPSØ, I. L.; RINDAL, A.; WALDAL, K. **The Introduction of a Hand-Held Platform in an Engineering and Fabrication Company**, Capítulo 15, In: Rosendal, T. and Hepsø, V. Integrated Operations in the Oil and Gas Industry: Sustainability and Capability Development. IGI Global. USA. 2013.

HENDERSON, J.; HEPSØ, V.; MYDLAND, Ø. **What is a Capability Platform Approach to Integrated Operations? An Introduction to Key Concepts**. In: Rosendal, T. and Hepsø, V. Integrated Operations in the Oil and Gas Industry: Sustainability and Capability Development. IGI Global. USA. pp. 1-19. 2013. doi: 10.4018/978-1-4666-2002-5.ch001

HERBERT, M.; PEDERSEN, J.; PEDERSEN T. **A step change in collaborative decision making - Onshore drilling center as the new work space**. Artigo apresentado na SPE Annual Conference and Exhibition, Denver, Colorado, U.S.A. SPE-84167-MS, 2003. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/84167-MS>

HERKENHOFF, D.A. **Estudo de diretrizes para avaliação de maturidade de processos: o caso de uma empresa de energia**. 2011. Dissertação (Mestrado em Sisemas de Gestão), Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil.

HITE, J.R. *et al.* **Barriers to Implementation of Real-Time Operations Technology**. Artigo apresentado na SPE Annual Technical Conference and Exhibition. Anaheim, California, 2007.

HAARSETH, C.A.; NORMAN, D.A. **The Promise of a Holistic Digital Strategy for Corrosion and Integrity Management**. Artigo apresentado na NACE CORROSION Conference em Phoenix, Arizona, EUA, NACE-2018-10831, (2018).

HOLDAWAY, K.R. **Harness oil and gas big data with analytics: optimize exploration and production with data driven models**. 1st. ed., Wiley Publishing, 2014.

IFE (Institute for Energy Technology), Disponível em: https://www.ife.no/en/ife/main_subjects_new/petroleum_research/io. Acessado em: 22/03/2017, às 16:06h.

ISKANDAR, F.F. *et al.* **Integrated Real-Time Operation Centre: A Complete Solution towards Effective & Efficient Drilling Operation.** Artigo apresentado na Offshore Technology Conference em Kuala Lumpur, Malaysia, OTC-28598-MS, 2018. doi <https://doi.org/10.4043/28598-MS>

JOHNSEN, S.O. *et al.* Proactive Indicators To Control Risks in Operations of Oil and Gas Fields. **SPE Economics & Management**, v. 4, n. 2, p. 90-105. 2012. doi: <https://doi.org/10.2118/126560-PA>

JOSE, S.; DAULTON, D. **Real-Time Process Assurance of Offshore Cementing Operations.** Artigo apresentado na SPE Digital Energy Conference and Exhibition, The Woodlands, Texas, EUA, SPE-173453, 2015. doi: <https://doi.org/10.2118/173453-MS>

KALAND, T.; NORDTVEDT, J.E.; SEIM, O. **How Can Integrated Operation Contribute to Improve the Efficiency on the Norwegian Continental Shelf?** Artigo apresentado no SPE Bergen One Day Seminar em Bergen, Norway. SPE-180014, 2016. doi: <https://doi.org/10.2118/180014-MS>

KAPLOWITZ, M.D.; HADLOCK, T.D.; LEVINE, E.R. A Comparison of Web and Mail Survey Response Rates. **Public Opinion Quarterly**, v. 68, n.1, p.98-101. 2004. doi: 10.1093/poq/nfh006

KAPTEIJN, P.K.A. **Smart Fields: How to Generate More Value from Hydrocarbon Resources.** Artigo apresentado na 17th World Petroleum Congress, Rio de Janeiro, Brazil: World Petroleum Congress. WPC 32149, 2002.

KASUMOV, R. *et al.* **Collaborative Drilling Technical Team, Secures Project Performance.** Artigo apresentado na SPE Arctic and Extreme Environments Technical Conference and Exhibition, Moscow, Russia. SPE 166855, 2013. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/166855-MS>

KOLBIKOV, S.; KOLBIKOVA E.; SHOLUDKO, A. **Risk Evaluation of Investment Decision During Low Oil Prices.** Artigo apresentado na SPE Russian Oil and Gas Exploration and Production Technical Conference and Exhibition, Moscow, Russia. SPE-171158-MS, 2014. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/171158-MS>

KUHN, M. **Maturing Collaboration in Intelligent Energy: Challenging the Conventional Wisdom of Collaboration Environments.** Artigo apresentado na SPE Middle East Intelligent Energy Conference and Exhibition, Manama, Bahrain. SPE 167381, 2013. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/167381-MS>

LACERDA, F.; LIMA-MARQUES, M. Da necessidade de princípios de arquitetura da Informação para a Internet das Coisas. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v.20, n.2, p.158-171. 2015.

LAKHANPAL, V.; SAMUEL, R. **Implementing Blockchain Technology in Oil and Gas Industry: A Review.** Artigo apresentado na SPE Annual Technical Conference and Exhibition em Dallas, Texas, EUA, SPE-191750-MS. 2018. doi: <https://doi.org/10.2118/191750-MS>

LANDGREN, K. *et al.* **Progress in Integrated Operations Centers.** Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition, Amsterdam, The Netherlands. SPE 111994. 2008. doi: <https://doi.org/10.2118/111994-MS>

LARSEN, S. **Managing Team Leadership Challenges in Integrated Operations**, Capítulo 7, In: Rosendal, T. and Hepsø, V. *Integrated Operations in the Oil and Gas Industry: Sustainability and Capability Development*. IGI Global. USA. 2013.

LARSEN, S. *et al.* **A Stack Model and Capabilities Approach to Investigate Integrated Operations Across Different Industrial Sectors - O&G Industry versus Aviation, Military and Medicine**. Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy International em Utrecht, The Netherlands. SPE 150431, 2012. doi: <https://doi.org/10.2118/150431-MS>

LAURENS, M.; KALES, M. **Moving Beyond Real-Time Operations Centres**. Artigo apresentado na International Petroleum Technology Conference held in Doha, Qatar, IPTC 17583, 2014. doi: <https://doi.org/10.2523/IPTC-17583-MS>

LEE, B. *et al.* **SparkClouds: Visualizing Trends in Tag Clouds**. Artigo apresentado na IEEE TVCG Infovis Conference, Salt Lake City, Utah, EUA, 2010.

LILLENG, T.; SAGATUN, S.I. **Integrated Operations Methodology and Value Proposition**. Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition, Utrecht, The Netherlands. SPE 128576. 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/128576-MS>

LILLENG, T. *et al.* **Integrated operations in statoil - from ambition to action**. Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy International. Utrecht, The Netherlands: Society of Petroleum Engineers. 2: 970-980 p. 2012.

LIMA, C.B.C. *et al.* **State-of-Art Digital Oilfield Implementation in Petrobras Campos Basin**. Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition, Utrecht, The Netherlands SPE 128766. 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/128766-MS>

LIMA, C.B.C; GOMES, J.A.T. **Integrated Operations in Petrobras: A Bridge to Pre-Salt Achievements**. In: Rosendal, T. and Hepsø, V. *Integrated Operations in the Oil and Gas Industry: Sustainability and Capability Development*. IGI Global. USA. pp. 225-245. 2013. doi: 10.4018/978-1-4666-2002-5.ch014

LIMA, C.B.C. *et al.* **Integrated Operations: Value and Approach in the Oil Industry. Brazilian Journal of Operations & Production Management**. v. 12, n. 1, p. 74-87. 2015. doi: 10.14488/BJOPM.2015.v12.n1.a8

LOCHMANN, M. The Future of Surveillance--A Survey of Proven Business Practices for Use in Oil and Gas. **SPE Economics & Management**, v. 4, n. 4, p. 235-247. 2012. doi: 10.2118/150071-PA

MALIARDI, A.; RENZO, D. **Real-Time Well Operations Centres to Enhance Performances in Drilling & Well Productivity**. Artigo apresentado na International Petroleum Technology Conference, Kuala Lumpur, Malaysia. IPTC-18017-M. 2014. doi: <http://dx.doi.org/10.2523/IPTC-18017-MS>

MacLEOD, M. October What makes interdisciplinarity difficult? Some consequences of domain specificity in interdisciplinary practice. **Synthese**. v. 195, n. 2, p. 697-720. 2018. doi: 10.1007/s11229-016-1236-4

MATHEUS, C.E.M. **Filosofia da pesquisa**. Capítulo 1. In: Perdigão, D. M., Herlinger, M. e White, O. M., *Teoria e prática da pesquisa aplicada*, Elsevier, Rio de

Janeiro, Brasil. 2012.

MENDES, C.M. A Pesquisa Online: Potencialidades da Pesquisa Qualitativa no Ambiente Virtual. **Hipertextus**, n.2, 2009.

MOISÉS, G.V.L.; ROLIM, T.A.; FORMIGLI, J.M. **GeDlg: Petrobras Corporate Program for Digital Integrated Field Management**. Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition, Amsterdam, The Netherlands. SPE 112153. 2008. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/112153-MS>

MOLTU, B.; NÆRHEIM, J. IO Design Gives High Efficiency. **SPE Economics & Management**, v. 2, n. 1, p. 32-37. 2010. ISSN 2150-1173.

MOORE-CERNOCH, K. **Advanced Collaborative Environments Stay the Course, Transform the Business**. Artigo apresentado na Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference em Abu Dhabi, UAE. SPE 138595, 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/138595-MS>

MOREIRA, M.J.B.M. **Contribuições aos modelos de maturidade em gestão por processos e de excelência na gestão utilizando o PEMM e o MEG. 2010**. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão), Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil.

MURRAY, J.; ERIKSSON, K. **Data Management and Digitalisation: Connecting Subsea Assets in the Digital Space**. Artigo apresentado na Offshore Technology Conference em Houston, Texas, EUA, OTC-28997-MS, 2018. doi: <https://doi.org/10.4043/28997-MS>

MUSTAQUIM, M.M. A reflection on interdisciplinarity research in universal design toward sustainability. **Univ Access Inf Soc**. v. 16, n. 1, p. 73-83. 2015. doi: 10.1007/s10209-015-0425-0

NATIONAL ACADEMIES COMMITTEE ON SCIENCE, Engineering, and Public Policy (COSEPUP) Committee on Facilitating Interdisciplinary Research. **Facilitating interdisciplinary research**. Washington, DC: National Academies Press. 2005.

NGUYEN, N. **The development of Integrated Operation Centers**. 2013. Dissertação de Mestrado, Universidade de Stavanger, Noruega.

NNMI, The National Network for Manufacturing Innovation. Disponível em: <https://www.energy.gov/eere/amo/national-network-manufacturing-innovation>. Acesso em: 12/10/2018, às 2-17h.

MAIA, N.C. **O projeto de ambientes colaborativos: a dimensão coletiva do trabalho na integração operacional na indústria do petróleo**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

NORMAN, G. Likert scales, levels of measurement and the “laws” of statistics. **Advances in Health Science Education**, v. 15, p. 625-632. 2010. doi:10.1007/s10459-010-9222-y

NORWEGIAN OIL AND GAS ASSOCIATION. Disponível em: <https://www.norskoljeoggass.no/PageFiles/14295/070919%20IO%20and%20Ontology%20-%20Brosjyre.pdf?epslanguage=no>. Acesso em: 22/013/2017, às 15:45h.

OPEC. Disponível em: http://www.opec.org/opec_web/en/. Acesso em: 18/03/2016,

07:44h

OTTO, G.; FOREMAN, R.; VERRA, G. **Field Of The Future - Field Digital Infrastructure**. Artigo apresentado na Intelligent Energy Conference and Exhibition. Amsterdam, The Netherlands: Society of Petroleum Engineers, 2008.

PANDE, A. **Digital Oilfield Workflows for increased automation**. Artigo apresentado na SPE Oil and Gas India Conference and Exhibition. Mumbai, India: Society of Petroleum Engineers, 2010.

PEREIRA, B.A.D.; LOBLER, M.L.; SIMONETTO, E.D.O. Análise dos Modelos de Tomada de Decisão sob o Enfoque Cognitivo. **Revista de Administração da UFSM - Brazilian Journal of Management**. v. 3, n. 2, p. 260-268, 2010.

PEREIRA L.L. *et al.* **Integrated Operations Management in Santos Basin - Methodology Applied to a New Philosophy of Operations**. Artigo apresentado na Rio Oil & Gas Expo and Conference, Rio de Janeiro, Brazil. IBP 1296. 2012.

PERRONS, R.K. **Perdido: The First Smart Field in the Western Hemisphere**. Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition em Utrecht, The Netherlands. SPE 127858. 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/127858-MS>

PHILLIPS, E.M.; PUGH, D.S. **How to get a PhD**, 4th Edition, Open University Press, Buckingham, 2005.

PICKERING, J.G. *et al.* **Design, Implementation and Operation of an Advanced Collaborative Environment for Enhanced Performance in Tangguh Drilling and Completions**. Artigo apresentado na SPE Annual Technical Conference and Exhibition em Denver, Colorado, EUA, SPE 115511. 2008. doi: <https://doi.org/10.2118/115511-MS>

POTTERS, H.; KAPTEIJN, P.K. **Reservoir Surveillance and Smart Fields**. Artigo apresentado na International Petroleum Technology Conference held in Doha, Qatar, 2005. IPTC 11039. doi: <http://dx.doi.org/10.2523/IPTC-11039-MS>

REDDICK, C. *et al.* **BP's Field of the Future Program: Delivering Success**. Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition em Amsterdam, The Netherlands. SPE 112194, 2008. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/112194-MS>

RINGSTAD, A.J.; ANDERSEN, K. **Integrated Operations and HSE - Major issues and strategies**. Artigo apresentado na SPE International Conference on Health, Safety, and Environment in Oil and Gas Exploration and Production, Abu Dhabi, U.A.E. 2006.

RINGSTAD, A.J.; ANDERSEN, K. **Integrated Operations and the Need for a Balanced Development of People, Technology and Organisation**. Artigo apresentado na International Petroleum Technology Conference em Dubai, U.A.E. IPTC 11668. 2007. doi: <http://dx.doi.org/10.2523/IPTC-11668-MS>

RODRIGUEZ, J.M. Disciplinarity and interdisciplinarity in citation and reference dimensions: knowledge importation and exportation taxonomy of journals. **Scientometrics**. v. 110, n. 2, p. 617-642. 2016. doi: 10.1007/s11192-016-2190-0

ROSENDAL, T.; EGIR, A.; ROLLAND, E. **How to Implement Multidisciplinary Work Processes in the Oil Industry: A Statoil Case**. In: Rosendal, T. and Hepsø, V. **Integrated Operations in the Oil and Gas Industry: Sustainability and Capability**

Development. IGI Global. USA. pp. 225-245. 2013.

RUSSELL, S.J.; NORVIG, P. **Artificial intelligence: a modern approach**, 3a Edição, Elsevier. 2009.

SAWARYN, S.J. et al. The Implementation of a Drilling-and-Completions Advanced Collaborative Environment—Taking Advantage of Change. **SPE Economics & Management**, v. 3, n. 2, p. 93-101. 2011. doi: <https://doi.org/10.2118/123801-PA>

SILVA, S.L. Gestão do conhecimento: uma revisão crítica orientada pela abordagem da criação do conhecimento. **Ci. Inf.**, v. 33, n. 2, p. 143-151, 2004.

SAPUTELLI L.A. et al. **Practices and Lessons Learned after 10 Years of Digital Oilfield (DOF) Implementations**. Artigo apresentado na SPE Kuwait Oil and Gas Show and Conference em Mishref, Kuwait, SPE-167269. 2013. <https://doi.org/10.2118/167269-MS>

SIQUEIRA, C.A.M. *et al.* **Challenges in Managing People to Implement an Integrated Operations System: A Petrobras Case Study in An Operational Unit of Exploration and Production**. Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy International, Utrecht, The Netherlands. SPE 150233. 2012. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/150233-MS>

SKARHOLT, K; HANSSON, L.; LAMVIK, G.M. **How Integrated Operations has Influenced Offshore Leadership Practice**, Capítulo 2, In: In: Rosendal, T. and Hepsø, V. *Integrated Operations in the Oil and Gas Industry: Sustainability and Capability Development*. IGI Global. USA. 2013.

SOUZA, A.B.S. **Modelo de Avaliação das Atividades da Gestão do Conhecimento no Sistema De Gestão Ambiental**. 2010. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina.

STENHOUSE, B.J. **Modelling and Optimisation in BP Exploration and Production; Case Studies and Learnings**. Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition em Amsterdam, The Netherlands. SPE 112148, 2008. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/112148-MS>

STRASUNSKAS, D.; TOMASGARD, A. **A method to access value of Integrated Operations**. AMCIS Proceedings, 2010.

STRASUNSKAS, D.; TOMASGARD, A.; NYSTAD, A. N. **A framework to assess value of intelligent petroleum fields and integrated operations**. Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy International. Utrecht, The Netherlands: Society of Petroleum Engineers. v. 2, p. 825-835. 2012.

TARRANT, S.P.; THIELE, L. P. Enhancing and promoting interdisciplinarity in higher education. **J Environ Stud Sci**. v. 7, n. 2, p. 355-360. 2017. doi: 10.1007/s13412-016-0402-9

TEMER E.; PEHL, H.J. **Moving Toward Smart Monitoring and Predictive Maintenance of Downhole Tools Using the Industrial Internet of Things IIoT**. Artigo apresentado na Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference held in Abu Dhabi, Emirados Árabes Unidos, SPE-188382-MS, 2017. doi <https://doi.org/10.2118/188382-MS>

THORSENM, A.K.; ERLAND, S.; DAGESTAD, J.O. **Remote Operations Center – An Efficient and Highly Competent Environment to Optimize Operational Performance and Reduce Risk.** Artigo apresentado na SPE/IADC Drilling Conference, Amsterdam, The Netherlands. SPE 163431, 2013. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/163431-MS>

UDOFIA, E. *et al.* **Smart Fields Management: in Deepwater Field: Experience & Perspectives.** Artigo apresentado na Offshore Technology Conference, Houston, Texas, USA, OTC 24078-MS. 2013. doi: <https://doi.org/10.4043/24078-MS>

UDOFIA, E.; OBONG, B. **Digital Oilfield Implementation Challenges Management in Offshore Environment.** Artigo apresentado na Offshore Technology Conference em Houston, EUA, OTC-28843-MS, 2018. doi <https://doi.org/10.4043/28843-MS>

van den BERG, F.G.; McCALLUM, G.A.R.; GRAVES, M. **Collaboration and Smart Fields - Experience from Global Scale-up.** Artigo apresentado na International Petroleum Technology Conference em Doha, Qatar, IPTC-17613. 2014. doi: <https://doi.org/10.2523/IPTC-17613-MS>

VELARDE, S.A.R. **Change Management Enablers for Successful Workflow Conceptualization, Development and Implementation: Digital Oil Field Cases from Saudi Arabia.** Artigo apresentado na SPE Digital Energy Conference and Exhibition em The Woodlands, Texas, USA, SPE-173424-MS. 2015. doi: <https://doi.org/10.2118/173424-MS>

VINTURINI, W.L. *et al.* **The Fazenda Alegre Journey into Intelligent Energy - Lessons Learned from a Successful Holistic Approach of People, Process, and Technology Aligned to Business Strategy and Results.** Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition em Amsterdam, The Netherlands. SPE 112160, 2008. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/112160-MS>

WANG, X. *et al.* 2017. Measuring interdisciplinarity of a research system: detecting distinction between publication categories and citation categories. **Scientometrics.** v. 111, n. 3, p. 2023–2039. 2017. doi: [10.1007/s11192-017-2348-4](https://doi.org/10.1007/s11192-017-2348-4)

WEN, T. *et al.* **An Integrated Platform for IIoT in E&P: Closing the Gap between Data Science and Operations.** Artigo apresentado na SPE Annual Technical Conference and Exhibition em Dallas, Texas, EUA, SPE-191489-MS, 2018. doi: <https://doi.org/10.2118/191489-MS>

YANG J.; HUANG G.; HANG Q. **The Platform of Intelligent Manufacturing System Based on Industry 4.0.** In: Moon I., Lee G., Park J., Kiritsis D., von Cieminski G. (eds) *Advances in Production Management Systems. Production Management for Data-Driven, Intelligent, Collaborative, and Sustainable Manufacturing.* APMS 2018. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 535. 2018. Springer. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-99704-9_43

YIN, R.K. **Pesquisa Qualitativa do Início ao Fim.** Penso Ed., Porto Alegre, Brasil, 2010.

6 CONCLUSÕES E PESQUISAS FUTURAS

Este estudo possibilitou identificar os principais modelos de Operações Integradas utilizados pelas operadoras de petróleo e construir um *framework* que permite a uma operadora de petróleo compreender os seus *drilling centers*, através do PPTO. As abordagens adotadas nesta pesquisa mostraram-se eficientes no diagnóstico de ações estruturantes para estes ambientes colaborativos. A empresa estudada, com base nos resultados alcançados no presente estudo, já está revendo seu posicionamento estratégico quanto a este tema e promovendo mudanças estruturais nos seus *drilling centers*.

Formatado: Título 1, Espaçamento entre linhas: simples

6.1 ALCANCE DOS OBJETIVOS

Revisitando os objetivos específicos desta pesquisa, que foram apresentados no item 1.4, observa-se que todos foram plenamente atingidos. Com a pesquisa bibliográfica, as iniciativas tecnológicas de implantação de Operações Integradas foram investigadas nas organizações de classe mundial. Os aspectos de Pessoas, Processos, Tecnologia e Organização foram levantados na literatura e o Quadro Referencial Teórico foi construído. Isto permitiu uma análise criteriosa dos *drilling centers* de uma operadora de petróleo no Brasil, conduzindo a um diagnóstico que está influenciando na redefinição do modelo de processo estratégico dos *drilling centers* da referida empresa.

6.2 A INDÚSTRIA 4.0 NO O&G

A conjuntura atual aponta para um futuro da indústria do petróleo com tecnologias de nuvem e plataformas digitais, envolvendo comunicação multilateral e grande volume de dados em tempo real. Sistemas Ciberfísicos, IIoT, *Big Data* e Inteligência Artificial serão cada vez mais presentes na rotina operacional, dando grande vantagem competitiva às empresas. As Operações Integradas estão sendo o grande embasamento para esta realidade, através do redesenho de processos, integrando pessoas e sistemas. Desta forma, a compreensão dos quatro elementos do PPTO é fundamental para a nova realidade. A pesquisa desta tese é uma grande

contribuição para a viabilização da Indústria 4.0 no O&G, que criará um ciclo infinito de interação entre fabricante, produto e cliente na construção de poços.

6.3 PESQUISAS FUTURAS

O presente trabalho suscita pesquisas futuras, conforme destacado na Figura 2. Algumas sugestões:

- a) O *framework* que foi desenvolvido para a análise dos elementos do PPTO dos *drilling centers* da empresa estudada pode ser utilizado em outras oportunidades, na mesma empresa para evidenciar as consequências de ações que impactem em pessoas (treinamentos, gestão de mudança, etc.), processos (redesenhos, otimizações, etc.), tecnologia (mudança de plataformas tecnológicas, implantação de novas tecnologias, etc.) e organização (reestruturações, etc.) nestes centros colaborativos. Assim, pode-se considerar o presente estudo como uma *baseline* inicial, a ser comparada com resultados da aplicação do *framework* em oportunidades futuras.
- b) Aplicação da *baseline* proposta neste estudo em outros cenários: este pode ser um importante progresso no sentido de unificar as abordagens das várias operadoras. Assim, será possível a comparação de resultados e compartilhamento sistemático de lições aprendidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI, Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial. 2018. Agenda brasileira para a Indústria 4.0. Disponível em: <http://www.industria40.gov.br>. Acesso em: em 12/10/2018 às 12:11h.

ABDULKARIM, A. *et al.* **Overview of Saudi Aramco's Intelligent Field Program.** Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition. Utrecht, The Netherlands. SPE 129706-MS, 2010. doi: <https://doi.org/10.2118/103621-MS>

ADEFULU, Y. **Enhancing Asset Performance: How Can the Benefits of Collaborative Work Environments be Effectively Measured?** Artigo apresentado na PE Intelligent Energy Conference and Exhibition. Utrecht, The Netherlands: Society of Petroleum Engineers. v. 2, p. 1044-1063, 2010.

AL-DHUBAIB, T.A. 2011. **Intelligent Fields: Industry's Frontier & Opportunities.** Artigo apresentado na SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference held in Manama, Bahrain, 25–28 September. SPE 141874, 2011. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/141874-MS>

AL-JASMI, A.; QIU, F.; ALI, Z. **Digital Oil Field Experience: An Overview and a Case Study.** Artigo apresentado na SPE Digital Energy Conference and Exhibition. The Woodlands, TX, USA: Society of Petroleum Engineers, 2013.

AL QAHTANI, A.M.; AL QAHTANI, M. **Adding More Value in the Downturn Time from Digital Oil Field; what is more to leverage?** Artigo apresentado na SPE Kingdom of Saudi Arabia Annual Technical Symposium and Exhibition em Dammam, Arabia Saudita. SPE-192294-MS, 2018. doi: <https://doi.org/10.2118/192294-MS>

ALVARADO, M.; BAÑARES-ALCÁNTARA, R.; TRUJILLO, A. Improving the organisational memory by recording decision making, rationale and team configuration. **Journal of Petroleum Science and Engineering**, v. 47, n. 1-2, p. 71-88. 2005.

ALVES, M.M. **O papel dos proprietários de processos em centros de serviços compartilhados.** 2009. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil.

AL MULLA, B. **Value of Quality Management in E&P Business Improvement and Integration.** Artigo apresentado na Abu Dhabi International Conference and Exhibition. Abu Dhabi, United Arab Emirates: Society of Petroleum Engineers, 2004.

ANDRADE, R.A.M. **Padronização e inovação: a influência dos modelos de organização do trabalho fundamentados em padrões no processo criativo.** 2005. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil.

AZAMAN, D. *et al.* **Samarang Integrated Operations (IO) – Tri-Node Collaborative Working Environment (CWE) Integrating People, Technology and Process.** SPE Digital Energy Conference and Exhibition, The Woodlands, Texas, USA. SPE-173579, 2015. doi: <https://doi.org/10.2118/173578-MS>

BAILIE, B.; CHINN, M. **Effectively Harnessing Data to Navigate the New Normal: Overcoming the Barriers of Digital Adoption**. Artigo apresentado na Offshore Technology Conference em Houston, Texas, EUA, OTC-28699-MS, 2018. doi <https://doi.org/10.4043/28699-MS>

BARGHOUTY, M. F. *et al.* **Intelligent Field Centers (IFCs): Integrating People, Processes and Technologies to Optimally Manage Giant Fields**. Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition held in Utrecht, The Netherlands, SPE-128469-MS, 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/128469-MS>

BERGE, J. **Digital Transformation and IIoT for Oil and Gas Production**. Offshore Technology Conference em Houston, Texas, EUA, OTC-28643-MS, 2018. doi <https://doi.org/10.4043/28643-MS>

BESHRI, A. *et al.* **Saudi Aramco Intelligent Field Data Exchange Experience Using PRODML: Case Study**. Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy International. Utrecht, The Netherlands: Society of Petroleum Engineers, 2012. doi: <https://doi.org/10.2118/149619-MS>

BICAS, H.E.A. Ineditismo, Originalidade, Importância, Publicidade, Interesse e Impacto de Artigos Científicos. **Arq. Bras. Oftalmol.** v. 71, n. 4, p.473-474. 2008.

BOGAERT, P.M. *et al.* **Improving Oil Production Using Smart Fields Technology in the SF30 Satellite Oil Development Offshore Malaysia**. Artigo apresentado na Offshore Technology Conference em Houston, Texas, U.S.A., 3–6 May. OTC 16162, 2004. doi: <http://dx.doi.org/10.4043/16162-MS>

BONETT, D.G.; WRIGHT, T.A. Cronbach's alpha reliability: Interval estimation, hypothesis testing, and sample size planning. **Journal of Organizational Behavior**. v. 36, p. 3-15. 2015. doi: 10.1002/job.1960

BOOTH, J.E., Real-Time Drilling Operations Centers: A History of Functionality and Organizational Purpose - The Second Generation. **SPE Drilling & Completion**. v. 26, n.02, p. 295-302. 2011. SPE-126017-PA. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/126017-PA>

BRULÉ, M.R. *et al.* **Bridging the Gap Between Real Time Optimization and Information Based Technologies**. Artigo apresentado na SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Denver, Colorado, USA, SPE 116758. 2008. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/116758-MS>

CHAI, C.F.; Van Den BERG F.G.; ENGBERS, P. **Smart Fields - A Decade of Practice in Building Intelligent Fields and Collaboration**. Artigo apresentado na International Petroleum Technology Conference em Kuala Lumpur, Malaysia, IPTC-17988-MS. 2014. doi: <https://doi.org/10.2523/IPTC-17988-MS>

CLYDE, R. *et al.* **Mobile Support Center Provides Cost-Effective Alternative to Dedicated Facility**. Artigo apresentado na SPE Annual Technical Conference and Exhibition held in Anaheim, California, U.S.A, SPE 108706, 2007. doi: <https://doi.org/10.2118/108706-MS>

CRAMER, R. *et al.* **A Measure of the Digital Oil Field Status - Is It the End of the Beginning?** Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy International held in Utrecht, The Netherlands, 27–29 March. SPE 149957, 2012. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/149957-MS>

CRAWFORD, M.L.; HOEFNER, M.L.; OAKES, J. E. **A Standard Solution for Upstream Oil and Gas Surveillance.** Artigo apresentado na Intelligent Energy Conference and Exhibition. Amsterdam, The Netherlands: Society of Petroleum Engineers. SPE 112152. 2008. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/112152-MS>

CROMPTON, J. **How Can We Turn Intelligent Energy into Profitable Operations?** Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy International Conference and Exhibition em Aberdeen, Reino Unido, SPE-181078-MS. 2016. doi: <https://doi.org/10.2118/181078-MS>

CSIS, Center for Strategic & International Studies (2018). Disponível em: <https://www.csis.org/analysis/made-china-2025>. Acesso em: 12/10/2018 às 20:58h.

DANIEL, W.W. **Applied Nonparametric Statistics.** Cengage Learning, 2nd ed, Boston, 2000.

DE BEST, L.; VAN DEN BERG, F. **Shell's Smart Fields - Sustaining and accelerating benefits from Intelligent Fields.** Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy International, Utrecht, The Netherlands Utrecht, 2012. doi: <https://doi.org/10.2118/150407-MS>

DELOITTE, 2015. Industry 4.0 - Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>. Acesso em: 06/11/2018 às 11:48h.

DEKKER, M.; THAKKAR, A. **Digitalisation – The Next Frontier for the Offshore Industry.** Artigo apresentado na Offshore Technology Conference em Houston, Texas, EUA, OTC-28815-MS, 2018. doi: <https://doi.org/10.4043/28815-MS>

DENZIN, N.K., Lincoln, Y.S. **Handbook of qualitative research.** Thousand Oaks, Sage, 1994

DESKUS, A. Guest Editorial: Digitizing E&P: Accelerating the Pace of Change. **Journal of Petroleum Technology**, v. 2, n. 66, p. 20-23. 2014. SPE-0214-0020-JPT. doi: <https://doi.org/10.2118/0214-0020-JPT>

DICKENS, J. *et al.* **The BP Field of the Future Programme: The Continuing Mission To Deliver Value.** Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition held in Utrecht, The Netherlands, SPE 128672, 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/128672-MS>

DIGILINA O.B.; TESLENKO I.B.; ABDULLAEV N.V. **Industry 4.0: Contents, Problems and Perspectives.** In: POPKOVA E., OSTROVSKAYA V. (eds) Perspectives on the Use of New Information and Communication Technology (ICT) in the Modern Economy. ISC 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 726. Springer. 2019. doi https://doi.org/10.1007/978-3-319-90835-9_4

DRØIVOLDSMO, A.; LUNDE-HANSEN, L.; HEIMDAL, J. **IO MTO Handbook.** IO Center, Trondheim, Noruega, 2012.

EDWARDS, A.R. **Integrated Operations (IO) in Mining and Oil and Gas, What can we learn from each other?** Artigo apresentado na SPE Middle East Intelligent Oil and Gas Conference and Exhibition, 15-16 September, Abu Dhabi, UAE. SPE-176814-MS, 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/176814-MS>

EDWARDS, A.R.; GORDON, B. **Using Unmanned Principles and Integrated Operations to Enable Operational Efficiency and Reduce Capex and Opex Costs.** Artigo apresentado na SPE Middle East Intelligent Oil & Gas Conference & Exhibition em Abu Dhabi, UAE, SPE-176813, 2015. doi: <https://doi.org/10.2118/176813-MS>

EDWARDS, T.; MYDLAND, O.; HENRIQUEZ, A. **The Art of Intelligent Energy (iE) - Insights and Lessons Learned From the Application of iE.** Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition, Utrecht, The Netherlands, SPE 128669, 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/128669-MS>

EUROPEAN COMMISSION (2018a) Digital Transformation Monitor, Germany: Industry 4.0. Disponível em: https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_Industrie%204.0.pdf. Acesso em: 2/10/2018, às 20:26h.

EUROPEAN COMMISSION (2018b) Factories of the Future PPP: towards competitive EU manufacturing. Disponível em: http://ec.europa.eu/research/press/2013/pdf/ppp/fof_factsheet.pdf. Acesso em: às 12/10/2018, 20:43.

FEINEMAN, D.R. **Digital Oilfield Implementation: Learning From the Ghostbusters.** Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition em Utrecht, The Netherlands, 2014. doi: <https://doi.org/10.2118/167831-MS>

FLICHY, P.; BAUDOIN, C. **The Industrial IoT in Oil & Gas: Use Cases.** Artigo apresentado na SPE Annual Technical Conference and Exhibition em Dallas, Texas, EUA, SPE-191756-MS, 2018. doi: <https://doi.org/10.2118/191756-MS>

FLICK, U. **Introdução à Pesquisa Qualitativa**, 3ª Edição, Artmed Ed., São Paulo, Brasil, 2009.

FREITAS, H. *et al.* Pesquisa via internet: características, processo e interface. **Revista Eletrônica GIANTI**, 11p. 1-11, 2014.

FUKS, H. *et al.* **Towards the Use of Collaborative Virtual Environments to Crew Unmanned Oil Platforms.** Artigo apresentado na 13th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, p.462-467. 2009.

GAROTTI, L. V. 2017. **O estudo do trabalho do integrador logístico: uma abordagem ergonômica da integração operacional na logística da indústria petrolífera.** Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

GERRARD, C.A.; McCABE, H.; BECK, A.D. **Installation and Implementation of “Smart Fields Foundation” on a Brown Field Asset, Adding Value Without Major Capital Investment.** Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition em Utrecht, The Netherlands, SPE 127849. 2010. doi: <https://doi.org/10.2118/127849-MS>

GÖBEL, D.; BRIERS, J.; CHIN, Y.M. **Architecture and Implementation of an Optimization Decision Support System.** Artigo apresentado na International Petroleum Technology Conference, Beijing, China, IPTC-17009-MS, 2013. doi: <https://doi.org/10.2523/IPTC-17009-MS>

GODOY, A.S. Introdução à Pesquisa Qualitativa e suas Possibilidades. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995.

GOMES, D.S Inteligência Artificial: Conceitos e Aplicações, **Revista Olhar Científico – Faculdades Associadas de Ariquemes**. v. 1, n. 2, p. 234-246. 2010.

GÜNTHER, H. Pesquisa Qualitativa Versus Pesquisa Quantitativa: Esta é a Questão? **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, V. 22, n. 2, pp. 201-210, 2006.

HALLAND, T. *et al.* **Implementing Intelligent Energy - Change Management Experiences and Recommendations**. Artigo apresentado na SPE Middle East Intelligent Energy Conference and Exhibition, Manama, Bahrain. SPE 167451. 2013. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/167451-MS>

HARLAMOVA M.; KIRIKOVA M. **Towards the Trust Model for Industry 4.0**. In: Lupeikiene A., Vasilecas O., Dzemyda G. (eds) Databases and Information Systems. DB&IS 2018. Communications in Computer and Information Science, vol 838. Springer. 2018. doi https://doi.org/10.1007/978-3-319-97571-9_6

HEPSØ, I. L.; RINDAL, A.; WALDAL, K. **The Introduction of a Hand-Held Platform in an Engineering and Fabrication Company**, Capítulo 15, In: Rosendal, T. and Hepsø, V. Integrated Operations in the Oil and Gas Industry: Sustainability and Capability Development. IGI Global. USA. 2013.

HENDERSON, J.; HEPSØ, V.; MYDLAND, Ø. **What is a Capability Platform Approach to Integrated Operations? An Introduction to Key Concepts**. In: Rosendal, T. and Hepsø, V. Integrated Operations in the Oil and Gas Industry: Sustainability and Capability Development. IGI Global. USA. pp. 1-19. 2013. doi: 10.4018/978-1-4666-2002-5.ch001

HERBERT, M.; PEDERSEN, J.; PEDERSEN T. **A step change in collaborative decision making - Onshore drilling center as the new work space**. Artigo apresentado na SPE Annual Conference and Exhibition, Denver, Colorado, U.S.A. SPE-84167-MS, 2003. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/84167-MS>

HERKENHOFF, D.A. **Estudo de diretrizes para avaliação de maturidade de processos: o caso de uma empresa de energia**. 2011. Dissertação (Mestrado em Sisemas de Gestão), Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil.

HITE, J.R. *et al.* **Barriers to Implementation of Real-Time Operations Technology**. Artigo apresentado na SPE Annual Technical Conference and Exhibition. Anaheim, California, 2007.

HAARSETH, C.A.; NORMAN, D.A. **The Promise of a Holistic Digital Strategy for Corrosion and Integrity Management**. Artigo apresentado na NACE CORROSION Conference em Phoenix, Arizona, EUA, NACE-2018-10831, (2018).

HOLDAWAY, K.R. **Harness oil and gas big data with analytics: optimize exploration and production with data driven models**. 1st. ed., Wiley Publishing, 2014.

IFE (Institute for Energy Technology), Disponível em: https://www.ife.no/en/ife/main_subjects_new/petroleum_research/io. Acessado em: 22/03/2017, às 16:06h.

ISKANDAR, F.F. *et al.* **Integrated Real-Time Operation Centre: A Complete Solution towards Effective & Efficient Drilling Operation.** Artigo apresentado na Offshore Technology Conference em Kuala Lumpur, Malaysia, OTC-28598-MS, 2018. doi <https://doi.org/10.4043/28598-MS>

JOHNSEN, S.O. *et al.* Proactive Indicators To Control Risks in Operations of Oil and Gas Fields. **SPE Economics & Management**, v. 4, n. 2, p. 90-105. 2012. doi: <https://doi.org/10.2118/126560-PA>

JOSE, S.; DAULTON, D. **Real-Time Process Assurance of Offshore Cementing Operations.** Artigo apresentado na SPE Digital Energy Conference and Exhibition, The Woodlands, Texas, EUA, SPE-173453, 2015. doi: <https://doi.org/10.2118/173453-MS>

KALAND, T.; NORDTVEDT, J.E.; SEIM, O. **How Can Integrated Operation Contribute to Improve the Efficiency on the Norwegian Continental Shelf?** Artigo apresentado no SPE Bergen One Day Seminar em Bergen, Norway. SPE-180014, 2016. doi: <https://doi.org/10.2118/180014-MS>

KAPLOWITZ, M.D.; HADLOCK, T.D.; LEVINE, E.R. A Comparison of Web and Mail Survey Response Rates. **Public Opinion Quarterly**, v. 68, n.1, p.98-101. 2004. doi: 10.1093/poq/nfh006

KAPTEIJN, P.K.A. **Smart Fields: How to Generate More Value from Hydrocarbon Resources.** Artigo apresentado na 17th World Petroleum Congress, Rio de Janeiro, Brazil: World Petroleum Congress. WPC 32149, 2002.

KASUMOV, R. *et al.* **Collaborative Drilling Technical Team, Secures Project Performance.** Artigo apresentado na SPE Arctic and Extreme Environments Technical Conference and Exhibition, Moscow, Russia. SPE 166855, 2013. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/166855-MS>

KOLBIKOV, S.; KOLBIKOVA E.; SHOLUDKO, A. **Risk Evaluation of Investment Decision During Low Oil Prices.** Artigo apresentado na SPE Russian Oil and Gas Exploration and Production Technical Conference and Exhibition, Moscow, Russia. SPE-171158-MS, 2014. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/171158-MS>

KUHN, M. **Maturing Collaboration in Intelligent Energy: Challenging the Conventional Wisdom of Collaboration Environments.** Artigo apresentado na SPE Middle East Intelligent Energy Conference and Exhibition, Manama, Bahrain. SPE 167381, 2013. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/167381-MS>

LACERDA, F.; LIMA-MARQUES, M. Da necessidade de princípios de arquitetura da Informação para a Internet das Coisas. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v.20, n.2, p.158-171. 2015.

LAKHANPAL, V.; SAMUEL, R. **Implementing Blockchain Technology in Oil and Gas Industry: A Review.** Artigo apresentado na SPE Annual Technical Conference and Exhibition em Dallas, Texas, EUA, SPE-191750-MS. 2018. doi: <https://doi.org/10.2118/191750-MS>

LANDGREN, K. *et al.* **Progress in Integrated Operations Centers.** Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition, Amsterdam, The Netherlands. SPE 111994. 2008. doi: <https://doi.org/10.2118/111994-MS>

LARSEN, S. **Managing Team Leadership Challenges in Integrated Operations**, Capítulo 7, In: Rosendal, T. and Hepsø, V. *Integrated Operations in the Oil and Gas Industry: Sustainability and Capability Development*. IGI Global. USA. 2013.

LARSEN, S. *et al.* **A Stack Model and Capabilities Approach to Investigate Integrated Operations Across Different Industrial Sectors - O&G Industry versus Aviation, Military and Medicine**. Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy International em Utrecht, The Netherlands. SPE 150431, 2012. doi: <https://doi.org/10.2118/150431-MS>

LAURENS, M.; KALES, M. **Moving Beyond Real-Time Operations Centres**. Artigo apresentado na International Petroleum Technology Conference held in Doha, Qatar, IPTC 17583, 2014. doi: <https://doi.org/10.2523/IPTC-17583-MS>

LEE, B. *et al.* **SparkClouds: Visualizing Trends in Tag Clouds**. Artigo apresentado na IEEE TVCG Infovis Conference, Salt Lake City, Utah, EUA, 2010.

LILLENG, T.; SAGATUN, S.I. **Integrated Operations Methodology and Value Proposition**. Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition, Utrecht, The Netherlands. SPE 128576. 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/128576-MS>

LILLENG, T. *et al.* **Integrated operations in statoil - from ambition to action**. Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy International. Utrecht, The Netherlands: Society of Petroleum Engineers. 2: 970-980 p. 2012.

LIMA, C.B.C. *et al.* **State-of-Art Digital Oilfield Implementation in Petrobras Campos Basin**. Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition, Utrecht, The Netherlands SPE 128766. 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/128766-MS>

LIMA, C.B.C; GOMES, J.A.T. **Integrated Operations in Petrobras: A Bridge to Pre-Salt Achievements**. In: Rosendal, T. and Hepsø, V. *Integrated Operations in the Oil and Gas Industry: Sustainability and Capability Development*. IGI Global. USA. pp. 225-245. 2013. doi: 10.4018/978-1-4666-2002-5.ch014

LIMA, C.B.C. *et al.* **Integrated Operations: Value and Approach in the Oil Industry. Brazilian Journal of Operations & Production Management**. v. 12, n. 1, p. 74-87. 2015. doi: 10.14488/BJOPM.2015.v12.n1.a8

LOCHMANN, M. The Future of Surveillance--A Survey of Proven Business Practices for Use in Oil and Gas. **SPE Economics & Management**, v. 4, n. 4, p. 235-247. 2012. doi: 10.2118/150071-PA

MALIARDI, A.; RENZO, D. **Real-Time Well Operations Centres to Enhance Performances in Drilling & Well Productivity**. Artigo apresentado na International Petroleum Technology Conference, Kuala Lumpur, Malaysia. IPTC-18017-M. 2014. doi: <http://dx.doi.org/10.2523/IPTC-18017-MS>

MacLEOD, M. October What makes interdisciplinarity difficult? Some consequences of domain specificity in interdisciplinary practice. **Synthese**. v. 195, n. 2, p. 697-720. 2018. doi: 10.1007/s11229-016-1236-4

MATHEUS, C.E.M. **Filosofia da pesquisa**. Capítulo 1. In: Perdigão, D. M., Herlinger, M. e White, O. M., *Teoria e prática da pesquisa aplicada*, Elsevier, Rio de

Janeiro, Brasil. 2012.

MENDES, C.M. A Pesquisa Online: Potencialidades da Pesquisa Qualitativa no Ambiente Virtual. **Hipertextus**, n.2, 2009.

MOISÉS, G.V.L.; ROLIM, T.A.; FORMIGLI, J.M. **GeDlg: Petrobras Corporate Program for Digital Integrated Field Management**. Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition, Amsterdam, The Netherlands. SPE 112153. 2008. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/112153-MS>

MOLTU, B.; NÆRHEIM, J. IO Design Gives High Efficiency. **SPE Economics & Management**, v. 2, n. 1, p. 32-37. 2010. ISSN 2150-1173.

MOORE-CERNOCH, K. **Advanced Collaborative Environments Stay the Course, Transform the Business**. Artigo apresentado na Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference em Abu Dhabi, UAE. SPE 138595, 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/138595-MS>

MOREIRA, M.J.B.M. **Contribuições aos modelos de maturidade em gestão por processos e de excelência na gestão utilizando o PEMM e o MEG. 2010**. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão), Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil.

MURRAY, J.; ERIKSSON, K. **Data Management and Digitalisation: Connecting Subsea Assets in the Digital Space**. Artigo apresentado na Offshore Technology Conference em Houston, Texas, EUA, OTC-28997-MS, 2018. doi: <https://doi.org/10.4043/28997-MS>

MUSTAQUIM, M.M. A reflection on interdisciplinarity research in universal design toward sustainability. **Univ Access Inf Soc**. v. 16, n. 1, p. 73-83. 2015. doi: 10.1007/s10209-015-0425-0

NATIONAL ACADEMIES COMMITTEE ON SCIENCE, Engineering, and Public Policy (COSEPUP) Committee on Facilitating Interdisciplinary Research. **Facilitating interdisciplinary research**. Washington, DC: National Academies Press. 2005.

NGUYEN, N. **The development of Integrated Operation Centers**. 2013. Dissertação de Mestrado, Universidade de Stavanger, Noruega.

NNMI, The National Network for Manufacturing Innovation. Disponível em: <https://www.energy.gov/eere/amo/national-network-manufacturing-innovation>. Acesso em: 12/10/2018, às 2-17h.

MAIA, N.C. **O projeto de ambientes colaborativos: a dimensão coletiva do trabalho na integração operacional na indústria do petróleo**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

NORMAN, G. Likert scales, levels of measurement and the "laws" of statistics. **Advances in Health Science Education**, v. 15, p. 625-632. 2010. doi:10.1007/s10459-010-9222-y

NORWEGIAN OIL AND GAS ASSOCIATION. Disponível em: <https://www.norskoljeoggass.no/PageFiles/14295/070919%20IO%20and%20Ontology%20-%20Brosjyre.pdf?epslanguage=no>. Acesso em: 22/013/2017, às 15:45h.

OPEC. Disponível em: http://www.opec.org/opec_web/en/. Acesso em: 18/03/2016,

07:44h

OTTO, G.; FOREMAN, R.; VERRA, G. **Field Of The Future - Field Digital Infrastructure**. Artigo apresentado na Intelligent Energy Conference and Exhibition. Amsterdam, The Netherlands: Society of Petroleum Engineers, 2008.

PANDE, A. **Digital Oilfield Workflows for increased automation**. Artigo apresentado na SPE Oil and Gas India Conference and Exhibition. Mumbai, India: Society of Petroleum Engineers, 2010.

PEREIRA, B.A.D.; LOBLER, M.L.; SIMONETTO, E.D.O. Análise dos Modelos de Tomada de Decisão sob o Enfoque Cognitivo. **Revista de Administração da UFSM - Brazilian Journal of Management**. v. 3, n. 2, p. 260-268, 2010.

PEREIRA L.L. *et al.* **Integrated Operations Management in Santos Basin - Methodology Applied to a New Philosophy of Operations**. Artigo apresentado na Rio Oil & Gas Expo and Conference, Rio de Janeiro, Brazil. IBP 1296. 2012.

PERRONS, R.K. **Perdido: The First Smart Field in the Western Hemisphere**. Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition em Utrecht, The Netherlands. SPE 127858. 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/127858-MS>

PHILLIPS, E.M.; PUGH, D.S. **How to get a PhD**, 4th Edition, Open University Press, Buckingham, 2005.

PICKERING, J.G. *et al.* **Design, Implementation and Operation of an Advanced Collaborative Environment for Enhanced Performance in Tangguh Drilling and Completions**. Artigo apresentado na SPE Annual Technical Conference and Exhibition em Denver, Colorado, EUA, SPE 115511. 2008. doi: <https://doi.org/10.2118/115511-MS>

POTTERS, H.; KAPTEIJN, P.K. **Reservoir Surveillance and Smart Fields**. Artigo apresentado na International Petroleum Technology Conference held in Doha, Qatar, 2005. IPTC 11039. doi: <http://dx.doi.org/10.2523/IPTC-11039-MS>

REDDICK, C. *et al.* **BP's Field of the Future Program: Delivering Success**. Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition em Amsterdam, The Netherlands. SPE 112194, 2008. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/112194-MS>

RINGSTAD, A.J.; ANDERSEN, K. **Integrated Operations and HSE - Major issues and strategies**. Artigo apresentado na SPE International Conference on Health, Safety, and Environment in Oil and Gas Exploration and Production, Abu Dhabi, U.A.E. 2006.

RINGSTAD, A.J.; ANDERSEN, K. **Integrated Operations and the Need for a Balanced Development of People, Technology and Organisation**. Artigo apresentado na International Petroleum Technology Conference em Dubai, U.A.E. IPTC 11668. 2007. doi: <http://dx.doi.org/10.2523/IPTC-11668-MS>

RODRIGUEZ, J.M. Disciplinarity and interdisciplinarity in citation and reference dimensions: knowledge importation and exportation taxonomy of journals. **Scientometrics**. v. 110, n. 2, p. 617-642. 2016. doi: 10.1007/s11192-016-2190-0

ROSENDAL, T.; EGIR, A.; ROLLAND, E. **How to Implement Multidisciplinary Work Processes in the Oil Industry: A Statoil Case**. In: Rosendal, T. and Hepsø, V. **Integrated Operations in the Oil and Gas Industry: Sustainability and Capability**

Development. IGI Global. USA. pp. 225-245. 2013.

RUSSELL, S.J.; NORVIG, P. **Artificial intelligence: a modern approach**, 3a Edição, Elsevier. 2009.

SAWARYN, S.J. et al. The Implementation of a Drilling-and-Completions Advanced Collaborative Environment—Taking Advantage of Change. **SPE Economics & Management**, v. 3, n. 2, p. 93-101. 2011. doi: <https://doi.org/10.2118/123801-PA>

SILVA, S.L. Gestão do conhecimento: uma revisão crítica orientada pela abordagem da criação do conhecimento. **Ci. Inf.**, v. 33, n. 2, p. 143-151, 2004.

SAPUTELLI L.A. et al. **Practices and Lessons Learned after 10 Years of Digital Oilfield (DOF) Implementations**. Artigo apresentado na SPE Kuwait Oil and Gas Show and Conference em Mishref, Kuwait, SPE-167269. 2013. <https://doi.org/10.2118/167269-MS>

SIQUEIRA, C.A.M. *et al.* **Challenges in Managing People to Implement an Integrated Operations System: A Petrobras Case Study in An Operational Unit of Exploration and Production**. Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy International, Utrecht, The Netherlands. SPE 150233. 2012. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/150233-MS>

SKARHOLT, K; HANSSON, L.; LAMVIK, G.M. **How Integrated Operations has Influenced Offshore Leadership Practice**, Capítulo 2, In: In: Rosendal, T. and Hepsø, V. Integrated Operations in the Oil and Gas Industry: Sustainability and Capability Development. IGI Global. USA. 2013.

SOUZA, A.B.S. **Modelo de Avaliação das Atividades da Gestão do Conhecimento no Sistema De Gestão Ambiental**. 2010. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina.

STENHOUSE, B.J. **Modelling and Optimisation in BP Exploration and Production; Case Studies and Learnings**. Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition em Amsterdam, The Netherlands. SPE 112148, 2008. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/112148-MS>

STRASUNSKAS, D.; TOMASGARD, A. **A method to access value of Integrated Operations**. AMCIS Proceedings, 2010.

STRASUNSKAS, D.; TOMASGARD, A.; NYSTAD, A. N. **A framework to assess value of intelligent petroleum fields and integrated operations**. Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy International. Utrecht, The Netherlands: Society of Petroleum Engineers. v. 2, p. 825-835. 2012.

TARRANT, S.P.; THIELE, L. P. Enhancing and promoting interdisciplinarity in higher education. **J Environ Stud Sci**. v. 7, n. 2, p. 355-360. 2017. doi: 10.1007/s13412-016-0402-9

TEMER E.; PEHL, H.J. **Moving Toward Smart Monitoring and Predictive Maintenance of Downhole Tools Using the Industrial Internet of Things IIoT**. Artigo apresentado na Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference held in Abu Dhabi, Emirados Árabes Unidos, SPE-188382-MS, 2017. doi <https://doi.org/10.2118/188382-MS>

THORSENM, A.K.; ERLAND, S.; DAGESTAD, J.O. **Remote Operations Center – An Efficient and Highly Competent Environment to Optimize Operational Performance and Reduce Risk.** Artigo apresentado na SPE/IADC Drilling Conference, Amsterdam, The Netherlands. SPE 163431, 2013. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/163431-MS>

UDOFIA, E. *et al.* **Smart Fields Management: in Deepwater Field: Experience & Perspectives.** Artigo apresentado na Offshore Technology Conference, Houston, Texas, USA, OTC 24078-MS. 2013. doi: <https://doi.org/10.4043/24078-MS>

UDOFIA, E.; OBONG, B. **Digital Oilfield Implementation Challenges Management in Offshore Environment.** Artigo apresentado na Offshore Technology Conference em Houston, EUA, OTC-28843-MS, 2018. doi <https://doi.org/10.4043/28843-MS>

van den BERG, F.G.; McCALLUM, G.A.R.; GRAVES, M. **Collaboration and Smart Fields - Experience from Global Scale-up.** Artigo apresentado na International Petroleum Technology Conference em Doha, Qatar, IPTC-17613. 2014. doi: <https://doi.org/10.2523/IPTC-17613-MS>

VELARDE, S.A.R. **Change Management Enablers for Successful Workflow Conceptualization, Development and Implementation: Digital Oil Field Cases from Saudi Arabia.** Artigo apresentado na SPE Digital Energy Conference and Exhibition em The Woodlands, Texas, USA, SPE-173424-MS. 2015. doi: <https://doi.org/10.2118/173424-MS>

VINTURINI, W.L. *et al.* **The Fazenda Alegre Journey into Intelligent Energy - Lessons Learned from a Successful Holistic Approach of People, Process, and Technology Aligned to Business Strategy and Results.** Artigo apresentado na SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition em Amsterdam, The Netherlands. SPE 112160, 2008. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/112160-MS>

WANG, X. *et al.* 2017. Measuring interdisciplinarity of a research system: detecting distinction between publication categories and citation categories. **Scientometrics.** v. 111, n. 3, p. 2023–2039. 2017. doi: 10.1007/s11192-017-2348-4

WEN, T. *et al.* **An Integrated Platform for IIoT in E&P: Closing the Gap between Data Science and Operations.** Artigo apresentado na SPE Annual Technical Conference and Exhibition em Dallas, Texas, EUA, SPE-191489-MS, 2018. doi: <https://doi.org/10.2118/191489-MS>

YANG J.; HUANG G.; HANG Q. **The Platform of Intelligent Manufacturing System Based on Industry 4.0.** In: Moon I., Lee G., Park J., Kiritsis D., von Cieminski G. (eds) *Advances in Production Management Systems. Production Management for Data-Driven, Intelligent, Collaborative, and Sustainable Manufacturing.* APMS 2018. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 535. 2018. Springer. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-99704-9_43

YIN, R.K. **Pesquisa Qualitativa do Início ao Fim.** Penso Ed., Porto Alegre, Brasil, 2010.