

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

**PERSPECTIVAS INTERDISCIPLINARES DE APOIO À DECISÃO EM
OPERAÇÕES REMOTAS NA INDÚSTRIA DE ÓLEO E GÁS A PARTIR DOS
VETORES PESSOAS, PROCESSOS, TECNOLOGIA E ORGANIZAÇÃO**

Niterói
2020

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

PERSPECTIVAS INTERDISCIPLINARES DE APOIO À DECISÃO EM OPERAÇÕES REMOTAS NA
INDÚSTRIA DE ÓLEO E GÁS A PARTIR DOS VETORES PESSOAS, PROCESSOS, TECNOLOGIA E
ORGANIZAÇÃO

RODRIGO NUNES FERREIRA

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação,
Stricto Sensu, em Sistemas de Gestão
Sustentáveis da Universidade Federal
Fluminense, como requisito para o processo
de Doutorado em Sistemas de Gestão
Sustentáveis. Área de Concentração: Apoio à
Decisão.

Orientadores:

Prof. Dr. Gilson Brito Alves Lima

Prof. Dr. Luís Perez Zotes

Niterói
2020

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

F383p Ferreira, Rodrigo Nunes Ferreira
PERSPECTIVAS INTERDISCIPLINARES DE APOIO À DECISÃO EM
OPERAÇÕES REMOTAS NA INDÚSTRIA DE ÓLEO e GÁS A PARTIR DOS
VETORES PESSOAS, PROCESSOS, TECNOLOGIA E ORGANIZAÇÃO / Rodrigo
Nunes Ferreira Ferreira ; Gilson Brito Alves Lima, orientador
; Luis Perez Zotes, coorientador. Niterói, 2020.
159 f.

Tese (doutorado)-Universidade Federal Fluminense, Niterói,
2020.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22409/PPSIG.2020.d.25679152819>

1. SCADA. 2. Satélite. 3. Petróleo. 4. Tempo de reação.
5. Produção intelectual. I. Lima, Gilson Brito Alves,
orientador. II. Zotes, Luis Perez, coorientador. III.
Universidade Federal Fluminense. Escola de Engenharia. IV.
Título.

CDD -

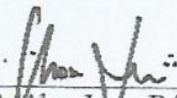
RODRIGO NUNES FERREIRA

**PERSPECTIVAS INTERDISCIPLINARES DE APOIO À DECISÃO EM
OPERAÇÕES REMOTAS NA INDÚSTRIA DE ÓLEO E GÁS A PARTIR DOS
VETORES: PESSOAS, PROCESSOS, TECNOLOGIA E ORGANIZAÇÃO**

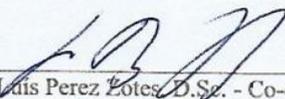
Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Sistemas de
Gestão Sustentáveis da Universidade Federal Fluminense
como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor em
Sistemas de Gestão Sustentáveis. Área de Concentração:
Sistemas de Gestão da Sustentabilidade. Linha de Pesquisa:
Apoio a Decisão em Organizações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

Aprovada em 25 de maio de 2020.

BANCA EXAMINADORA:



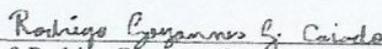
Prof. Gilson Brito Alves Lima, D.Sc. - Orientador
Universidade Federal Fluminense - UFF



Prof. Luis Perez Zotes, D.Sc. - Co-orientador
Universidade Federal Fluminense - UFF



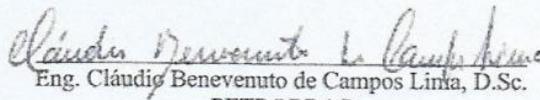
Prof. Anibal Parracho Sant'Anna, PhD.
Universidade Federal Fluminense - UFF



Prof. Rodrigo Goyannes Gusmão Caiado, D.Sc.
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC Rio



Prof. Luis Octávio Gavião, D.Sc.
Escola Superior de Guerra - ESG



Eng. Cláudio Benevenuto de Campos Lima, D.Sc.
PETROBRAS

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha esposa Priscila que me incentivou desde o começo desta jornada, e com seu apoio e compreensão este desafio foi superado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por mais este milagre na minha vida, por me sustentar em todos os momentos e me guiar por toda esta minha trajetória. Toda honra e glória seja dado a ti senhor.

Gostaria de agradecer aos colegas desta jornada, sem o qual esta pesquisa não seria possível: Claudio Benevenuto de Campos Lima, Danilo Garbazza Vieira, Gustavo Marchisotti e Thiago Lopes da Rosa.

Agradeço a todos os colegas de trabalho da unidade de operações da bacia de Santos que participaram do experimento e da pesquisa.

Por fim, agradeço especialmente aos meus orientadores, Prof. Gilson Lima e Prof. Perez, que me ajudaram a vencer as barreiras para chegarmos até aqui.

Porque dele e por ele, e para ele, são todas as coisas; glória, pois, a ele eternamente. Amém.

Romanos 11:36

RESUMO

Com a descoberta do pré-sal, torna-se necessária uma reformulação dos processos de trabalho para aumentar a eficiência e segurança da indústria petrolífera e, conseqüentemente, atender à demanda da produção dos novos campos de petróleo. O crescente número de atividades operacionais realizadas em terra é resultado, principalmente, da operação remota das plataformas de produção, na qual o tempo de resposta nas transmissões de dados entre plataformas e centros de operação em terra é requisito fundamental para a viabilidade deste modelo de operação. Entretanto, enquanto a malha óptica submarina não está implementada, a atual infraestrutura de rede de telecomunicações tem como obstáculo a utilização de um sistema de transmissão satélite de alta latência, que possui com característica de funcionamento, o atraso no tempo de resposta. As operadoras de petróleo têm optado por implementar as operações remotas em seus ativos de produção, com o intuito de tornar os processos de tomada de decisão mais rápidos e efetivos, reduzir os custos e incrementar o nível de segurança das operações, sendo isso decorrente da otimização dos recursos a bordo das unidades de produção. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo de apoio à decisão, a partir de critérios interdisciplinares de Inteligência, informação e conhecimento como vetores de apoio à decisão na aplicação da tecnologia de Informação em Operações Remotas. Como aspecto metodológico, foi desenvolvida uma pesquisa exploratória, mista, com suporte de *survey* e experimento junto aos operadores das unidades de produção para avaliar a percepção da variação de latência das mensagens trocadas pelo sistema *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA), entre o ambiente remoto localizado no continente e o ambiente localizado em mar nas transmissões via satélite, por meio de três cenários reais de operação. Para modelagem dos dados, foi realizado um tratamento estatístico para comparar as dimensões utilizadas na indústria - Pessoas, Processos, Tecnologia e Organização (PPTO), de modo a obter um maior conhecimento no processo de decisão e permitir a análise da robustez das Operações Remotas. Como resultado, obteve-se uma metodologia para apoio à decisão que é aplicável em outras disciplinas, como sondas de perfuração e barcos de estimulação de operadoras e de prestadoras de serviço, estabelecendo os requisitos necessários para operação nestas condições.

Palavra-chaves: Desempenho de redes; Transmissão satélite; SCADA; Variação da Latência (Jitter); Operações remotas.

ABSTRACT

With the discovery of the pre-salt, it is necessary to reformulate the work processes to increase the efficiency and safety of the oil industry and, consequently, to meet the production demand of the new oil fields. The growing number of operational activities carried out onshore is mainly a result of the remote operation of the production platforms in which the response time in the data transmissions between platforms and onshore operation centers is a fundamental requirement for the viability of this operation model. However, while the underwater optical network is not implemented, the current telecommunication network infrastructure using a high-latency satellite transmission system has an obstacle. The oil & gas operators have opted to implement the remote operations in their production assets, in order to make the decision-making process faster, more effective, reduce costs and increase the level of security of the operations, due to the optimization of the resources on board production units. In this sense, the objective of this work is to develop a decision support model, based on interdisciplinary criteria of Intelligence, information and knowledge as vectors of decision support in the application of Information Technology in Remote Operations. As a methodological aspect, an exploratory, mixed research was developed, with support of survey and experiment with the operators of the production units to assess the perception of the latency variation of the messages exchanged by the Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) system, between the environment remote located on the continent and the environment located at sea in satellite transmissions, through three real operating scenarios. For data modeling, a statistical treatment was performed to compare the dimensions used in the industry - People, Processes, Technology and Organization (PPTO), in order to obtain greater knowledge in the decision process and allow the analysis of the robustness of Remote Operations. As a result, a decision support methodology was obtained that is applicable in other disciplines, such as drilling rigs and stimulation boats for operators and service providers, establishing the necessary requirements for operation under these conditions.

Keywords: Network Performance; Satellite transmission; SCADA; Latency Variation (jitter); Remote operations.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Os níveis hierárquicos da informação do Processo decisório	12
Figura 2: Framework das Operações Remotas com a gestão do conhecimento	14
Figura 3: Visão da abordagem adotada	23
Figura 4: Interação das áreas	31
Figura 5: Mapa da Literatura.....	33
Figura 6: Comunicação baseada em sistema de controle de trem (CBTC).....	36
Figura 7: Estrutura do Proficy iFix utilizando Terminal.....	40
Figura 8: Tipos de comunicação remotas	41
Figura 9: Tipos de satélites em relação a distância da superfície terrestre	43
Figura 10: Enlace típico de satélite	44
Figura 11: Efeito da latência	46
Figura 12: Estratégia da Pesquisa	58
Figura 13: Pesquisa Bibliográfica por operadora	60
Figura 14: Pesquisa em periódicos, livros e outras	61
Figura 15: nuvem de palavras da Shell (a) de todos os abstracts disponíveis e (b) dos abstracts que possuem PPTO.....	62
Figura 16: nuvem de palavras da Saudi Aramco (a) de todos os abstracts disponíveis e (b) dos abstracts que possuem PPTO	63
Figura 17: nuvem de palavras Petrobras (a) de todos os abstracts disponíveis e (b) dos abstracts que possuem PPTO.....	63
Figura 18: nuvem de palavras BP (a) de todos os abstracts disponíveis e (b) dos abstracts que possuem PPTO.....	64
Figura 19: Experimento de testes	71
Figura 20: Diagrama de interligação do gasoduto Pré-sal e Pós-sal.....	75
Figura 21: Organograma funcional da plataforma P-1	78
Figura 22 : Estrutura do iFIX utilizando-se <i>Terminal Server</i>	79
Figura 23 : Tela de interface do SCU	80
Figura 24 : Configuração do programa de inicialização dos usuários	83
Figura 25 : Posto de facilidades da sala de controle remoto P-1.....	85
Figura 26 : Posto de produção da sala de controle remoto P-1.....	86
Figura 27 : Condições meteo-oceanográficos – SISMO.....	89
Figura 28 : Software para realização de videoconferência.....	90
Figura 29 : Sala de controle remoto em terra da plataforma P-1.....	91

Figura 30 : Sistema Spectrum de monitoramento do consumo de banda do <i>link</i>	92
Figura 31 : Consumo de rede do protocolo RDP	94
Figura 32 : Diagrama de interligação das redes	95
Figura 33 : Diagrama de interligação rede P-1 e unidade em terra	97
Figura 34 : Wireshark com o tráfego direcionado ao servidor SPMXLAS06.....	98
Figura 35 : Diagrama de funcionamento do Trafip	99
Figura 36 : Alteração na janela TCP.....	101
Figura 37 : TCP Selective Acknowledgements.....	103
Figura 38 : Consumo compartilhado do link satélite.....	106
Figura 39 : Evolução das respostas.....	108
Figura 40 - Tempo de experiência (Questão A1)	109
Figura 41 - Tempo de experiência (Questão A2).....	110
Figura 42 - Grau de utilização (Questão A3)	110
Figura 43 : Diagrama de Bloco (<i>Boxplot</i>) para avaliação dos grupos.....	112
Figura 44 - Média das respostas para as perguntas do Grupo D.....	113
Figura 45 - Grupo D - Teste estatístico não paramétrico (Kruskal-Wallis).....	115
Figura 46- Média das respostas para as perguntas do Grupo E	116
Figura 47 - Grupo E - Teste estatístico não paramétrico (Kruskal-Wallis).....	117
Figura 48 - Valores de latência em milissegundos registrados durante o experimento.....	118
Figura 49 : Modelo Conceitual	120
Figura 50: Tempo de experiência dos respondentes à pesquisa	125
Figura 51: Nuvem de palavras que representa os vocábulos de maior.....	126
Figura 52: Nuvem de palavras que representa os vocábulos	126
Figura 53: Nuvem de palavras que representa os vocábulos	127
Figura 54: Nuvem de palavras que representa os vocábulos	128

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Requerimento rede para tráfego de conteúdo de vídeo	35
Quadro 2: Comparações entre os sistemas de redes de comunicação	42
Quadro 3: Características de Aplicações.....	46
Quadro 4: Análise comparativa dos trabalhos.....	50
Quadro 5: Quadro Referencial Teórico - Pessoas.....	53
Quadro 6: Quadro Referencial Teórico - Processos	53
Quadro 7: Quadro Referencial Teórico - Tecnologia.....	54
Quadro 8: Quadro Referencial Teórico - Organização.....	54
Quadro 9: Classificação dos operadores.....	66
Quadro 10:: A ferramenta da pesquisa	68
Quadro 11: Grupos dos questionários	72
Quadro 12: Hipóteses a serem testadas na pesquisa.....	74
Quadro 13: Usuários cadastrados no Terminal Servidor	82
Quadro 14: Lista as máquinas e sua distribuição nas redes.....	95
Quadro 15: Endereços IP utilizados para controle e supervisão	96
Quadro 16: Parâmetros de tráfego para classes de serviços	100
Tabela 17: Estatística descritiva	111
Tabela 18: Testes estatísticos	118
Quadro 19: Correlação dos valores de latência e a média das respostas dos Grupos.	119
Quadro 20: Resultados dos testes estatísticos para as hipóteses	122
Quadro 21: Pergunta da Pesquisa Qualitativa	124

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BOP - Blowout Preventer

BP - British Petroleum

CAPEX - Capital Expenditure de E&P

CFTV - Circuito Fechado de TV

CSD - Centro de Suporte à Decisão

E&P - Exploration & Production

I40 - Industrie 4.0

IA - Inteligência Artificial

IEEE - Institute of Electrical and Electronic Engineers

IFE - Institute for Energy Technology

IO - Integrated Operations

IoS - Internet of Services

IoT - Internet of Things

LEO - Low Earth orbit

MEO – Medium Earth orbit

O&G - Oil and Gas

PPTO - Pessoas, Processos, Tecnologia e Organização

QoS - Quality of Service

QRT - Quadro Referencial Teórico

SMS - Segurança, Meio Ambiente e Saúde

SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition

SCTP- Stream Control Transmission Protocol

SPE - Society of the Petroleum Engineers

VoIP - Voice over IP

VSAT - Very Small Aperture Terminal

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	7
1.1	TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA	9
1.2	CONTEXTUALIZAÇÃO DAS OPERAÇÕES REMOTAS	11
1.2.1	SISTEMA DE INFORMAÇÃO E GESTÃO DO CONHECIMENTO	11
1.2.2	CENTROS COLABORATIVOS ON-SHORE	14
1.3	SITUAÇÃO-PROBLEMA DA PESQUISA	19
1.4	OBJETIVOS	22
1.5	QUESTÕES DE PESQUISA	23
1.6	DELIMITAÇÃO	23
1.7	JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	24
1.8	INEDITISMO E CONTRIBUIÇÃO CIENTÍFICA DA PESQUISA	26
1.9	ASPECTOS DA INTERDISCIPLINARIDADE DA PESQUISA	29
1.10	ESTRUTURA DA PESQUISA	32
2.	REVISÃO DA LITERATURA	33
2.1	ESTABELECIMENTO DO ESTADO DA ARTE	34
2.1.2	Operações Remotas	34
2.1.3	Sistemas SCADA	38
2.1.4	Características da rede de comunicação com a unidade de produção	43
2.1.5	Atores Envolvidos	48
2.1.6	Trabalhos Relacionados	49
2.1.7	O Desenvolvimento de operações remotas	51
2.2	ESTABELECIMENTO DO ESTADO DA TÉCNICA	55
2.2.1	Filosofias e Modelos das Principais Operadoras	55
2.2.1.1	<i>Shell</i>	55
2.2.1.2	<i>Saudi Aramco</i>	56
2.2.1.3	<i>Petrobras</i>	56
2.2.1.4	<i>British Petroleum</i>	57
3	METODOLOGIA DA PESQUISA	58
3.1	ABORDAGEM ESTRATÉGICA DA PESQUISA	58
3.2	A PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	59
3.2.1	Resultados da Pesquisa Bibliográfica	59
3.2.2	Discussão dos Resultados da Pesquisa bibliográfica	61
3.2.2.1	Nuvem de Palavras dos abstracts da Shell	62
3.2.2.2	Nuvem de Palavras dos abstracts da Saudi Aramco	62
3.2.2.3	Nuvem de Palavras dos abstracts da Petrobras	63
3.2.2.4	Nuvem de Palavras dos abstracts da BP	64
3.3	DELINEAMENTO DA PESQUISA	65
3.3.1	Pesquisa Quantitativa	66
3.3.2	Características da população e critérios de seleção	69
3.3.3	Experimento de testes	70
3.3.4	Coleta e Análise de Dados	71
3.3.5	Questionários utilizados na coleta de dados	72
3.3.6	Hipóteses testadas	73
4	DESCRIÇÃO DO AMBIENTE PARA EXPERIMENTOS	75
4.1	Cenário do experimento e testes	75
4.2	Sala de controle de remoto de uma plataforma de produção	76
4.3	Sistemas SCADA principal	79
4.4	Sistema SCADA de pacotes	83
4.5	Complementos áudio visuais da sala de controle remoto	83
4.6	Operação utilizando transmissão satélite	91
4.7	Tipos de redes (RIC, RAI e DMZ- P-1)	93
4.8	Utilização do protocolo RDP	93

4.9	Diagrama da rede de dados	94
5	PLANO DE TESTES	97
5.1	Diagrama em blocos	97
5.2	Componentes do experimento	97
5.2.1	Servidores e computadores	97
5.2.2	Analisador de Protocolos	98
5.2.3	Qualidade de serviço (QoS).....	99
5.2.4	Acelerador de aplicações.....	100
5.3	GERAÇÃO DO TRÁFEGO	105
5.4	CARACTERIZAÇÃO DO TRÁFEGO NO MEIO SATÉLITE	105
5.5	CENÁRIOS DE TESTE	107
5.5.1	Transmissão via satélite.....	107
5.5.2	Transmissão via satélite e aplicação de QoS.....	107
5.5.3	Transmissão via satélite, aplicação de QoS e acelerador de aplicações.....	107
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO DO ESTUDO DE CASO	108
6.1	PESQUISA QUANTITATIVA	108
6.2	PERFIL DOS ENTREVISTADOS DA PESQUISA.....	109
6.3	Correlação entre a latência e a média das respostas dos Grupos Pessoas e Tecnologia.....	118
6.4	RESULTADO DAS HIPÓTESES TESTADAS	120
6.5	PESQUISA QUALITATIVA.....	123
6.5.1	Resultados e discussão da Pesquisa Qualitativa	125
7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	129
7.1	ALCANCE DOS OBJETIVOS.....	131
7.2	SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	132
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	133
	APÊNDICE A – ARQUIVO HOSTS DE CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA SCADA	142
	APÊNDICE B – TESTES DE HIPÓTESES.....	143
	APÊNDICE C – VALORES DA LATÊNCIA REGISTRADOS.....	148
	APÊNDICE D – Algoritmo em Python_Wordcloud	149

1. INTRODUÇÃO

O petróleo é o principal recurso energético do planeta do qual são extraídos derivados como gasolina, parafina, gás natural, Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), asfaltenos, nafta, querosene, solventes, óleos lubrificantes, querosene de aviação (QAV) e demais insumos para indústrias petroquímicas, alimentícias, farmacêuticas, dentre outras. Segundo Economides e Nikalaou (2011), o petróleo é responsável por 35% da energia do mundo e o gás natural é responsável por 22%.

Após o esgotamento da exploração de áreas terrestres, começou-se a prospecção no mar, ainda próxima à costa. Segundo Miles (2005), a produção de petróleo no mar teve sua origem nos EUA no ano de 1896, no estado da Califórnia, no condado de Santa Bárbara, em um poço distante 15 metros da praia e com profundidade de 6 metros. Sua produção foi feita de forma rudimentar e com a utilização de cavaletes para o suporte dos equipamentos de escoamento e uma estrutura de coleta em terra, no entanto, sem utilizar uma plataforma isolada, mas sim uma estrutura de passarelas para acesso direto a terra. Tais estruturas foram sendo aumentadas de maneira rudimentar na região da Califórnia no período entre 1895 e 1902, alcançando um máximo de 15 metros de profundidade e 400 metros de distância da costa, tendo sido descontinuadas após furacões em 1902, que as destruíram parcial ou completamente (AUSTIN et al., 2004). Com o passar dos anos o advento dos motores a combustão interna aumentou drasticamente o consumo dos derivados de petróleo, alavancando a indústria e mudando a humanidade, diminuindo os tempos de deslocamento e aumentando a capacidade de transporte. Anos e anos se passaram e o aumento do preço do petróleo na década de 1970 tornou economicamente viável as grandes reservas no Mar do Norte e Golfo do México, além da Bacia de Campos utilizando plataformas fixas em águas rasas (THOMAS, 2004). Após a depleção dos reservatórios disponíveis próximos à costa e o desenvolvimento tecnológico, iniciou-se a exploração de petróleo em águas mais profundas (SKOGDAGEN; UTNE; VINNEM, 2011). Este avanço em profundidade demandou a criação de unidades flutuantes, tal qual utilizadas em larga escala nos campos de produção do Brasil.

Após as descobertas de petróleo na Bacia de Campos, que representaram um salto significativo nas reservas brasileiras, a produção nacional voltou-se para o mar utilizando as plataformas de produção a exemplo de outras regiões produtoras existentes no mundo, tais como no Mar do Norte e no Golfo do México, Iniciou-se então e ano a ano os avanços contínuos na tecnologia e utilização de plataformas em lâminas d'águas cada vez mais profundas, até se atingir o nível atual em que cerca de 90 % do petróleo brasileiro é produzido no mar (ANP, 2011) e em lâminas d'agua que ultrapassam os 2800 metros , tal qual demonstra a figura 7. No final de 2010, das reservas brasileiras provadas de petróleo 93,6% se localizavam no mar. No mesmo ano o Brasil ocupa a 15° posição no ranking mundial de países com as maiores reservas provadas de petróleo (ANP, 2011). Recentemente, foi descoberto que após passar as camadas de sal que estavam abaixo da profundidade dos reservatórios até então explotados (pós-sal), existiam outros grandes reservatórios (pré-sal) que aumentam significativamente as reservas no território nacional, permitindo um novo horizonte de expectativas no setor. Tais reservatórios estão geralmente em águas ultra-profundas e afastadas da costa, além de possuírem características específicas que demandarão novas tecnologias para a exploração destas reservas.

Segundo Neto 2015, 80% da frota de unidades de produção marítimas na costa brasileira são atendidos pelos sistemas de comunicação via satélite de orbita geoestacionária, que possuem um retardo na propagação dos dados de subida e descida, prejudicando a comunicação entre os elementos de rede. Para este retardo é atribuído o nome de Latência.

Para contextualizar e caracterizar o cenário, no qual este trabalho irá se desenvolver, as operações no Pré-sal indicam um crescente número de novas unidades de produção de Petroleo e gás remotamente controladas, que utilizam sistema de comunicação satélites geoestacionários. Os novos processos de trabalho remotos e a variação da latência, inerentes a infraestrutura, podem influenciar a reação dos operadores na tomada de decisão de modo a causar uma parada parcial ou total da planta e, por conseguinte, ocasionar perdas de produção.

1.1 TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA

As Operações Remotas, principais temáticas abordadas neste estudo, podem ser definidas, de forma genérica, como o novo padrão da indústria de petróleo e gás à medida que mais operadores estão sendo alocados nos centros de operações integradas em terra, com mais especialistas treinados em diferentes disciplinas técnicas e com maior dependência de infraestrutura de telecomunicações (SVENES, M. 2008).

De acordo com Huckeby (2017), a diminuição dos preços do petróleo no final de 2014 até 2016 renovou o interesse no conceito de Operações Remotas, que envolve um redesenho dos processos *offshore* para uma nova realidade, onde a complexidade exigirá que os processos de bordo sejam realizados de uma forma simples, segura e eficiente.

No processo de trabalho tradicional, o controle é realizado a bordo da própria unidade por profissionais dedicados exclusivamente para a operação da planta de produção, em salas de controle de supervisão no local. Por outro lado, as Operações Remotas utilizam as informações e o conhecimento obtidos com os dados em tempo real, para integrar as pessoas e as organizações, mudando os processos de trabalho e, desta maneira, provendo decisões mais ágeis e acertadas.

Segundo Maliardi & Renzo (2014) apesar de não apresentar nenhuma referencia em relação a quantificação dos benefícios relacionados a implementação dos centros colaborativos, os autores relatam que o trabalho integrado proporciona uma melhoria dos aspectos de SMS (Segurança, Meio Ambiente e Saúde), uma melhora na antecipação na detecção de potenciais problemas operacionais, aumento da eficiência a partir do melhor controle de custo, melhoria na qualidade e produtividade; melhor influência dos empregados mais experientes em todos os níveis da companhia, criação de um ambiente de trabalho multidisciplinar, para tomadas de decisão mais efetivas e a 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.

Neste sentido, essa nova configuração de operação tem despertado um grande interesse por parte das operadoras petrolíferas mundiais pela oportunidade de otimizar o número de pessoas embarcadas nas unidades marítimas (CHATAR, 2016).

Landgren (2008) aponta que:

Os dados em 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 no mundo, 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 auxiliar essas demandas.

No Brasil, esta nova abordagem tem ocorrido, mais intensamente nos últimos cinco anos, por meio de várias iniciativas, como por exemplo, a construção de poços de petróleo, exploração e ativos de produção (ROSENDAHL, 2013).

O desenvolvimento da produção desses campos de petróleo exige um número crescente de atividades operacionais realizadas em terra, incluindo a operação remota das unidades de produção e sondas marítimas.

1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DAS OPERAÇÕES REMOTAS

1.2.1 SISTEMA DE INFORMAÇÃO E GESTÃO DO CONHECIMENTO

A informação para as organizações é um dos recursos mais importantes, cuja gestão e aproveitamento está diretamente relacionada com o sucesso desejado. A informação também é considerada e utilizada em muitas organizações como um fator estruturante e um instrumento de gestão. Portanto, a gestão efetiva de uma organização requer a percepção objetiva e precisa dos valores da informação e do sistema de informação (MORESI, 2000).

Segundo Ategin (2017), as grandes operadoras mundiais de petróleo estão passando por uma transformação digital. Tradicionalmente, as informações obtidas em tempo real eram utilizadas em um centro de monitoramento apenas para a tomada de decisão rápida e redução do tempo não produtivo. No entanto, ao longo dos anos, o centro de monitoramento evoluiu para centro de operações em tempo real. Desse modo, tornou possível solucionar problemas, agregar valor à empresa como um todo e, por conseguinte, provocar uma transformação no fluxo de trabalho.

A qualidade da informação também é algo imprescindível para tomada de decisão. Atualmente, na indústria de petróleo existe uma grande quantidade de dados em tempo real disponíveis, mas problemas que limitam a usabilidade e eficácia dos dados antes, durante e depois de uma operação persistem.

Existem desafios com a movimentação, fusão, análise, qualificação e formatação de dados, bem como ter acesso a dados semelhantes em quantidade suficiente e em uma frequência confiável. A robustez da infraestrutura de comunicação é a base para os sistemas de transmissão de dados em tempo real e dos sistemas de controle de planta de produção (BEHOUNEK, 2018).

O termo informação é usado para se referir a todas as maneiras de descrições ou representações de sinais ou dados. Entretanto, é importante reconhecer que existem, de fato, quatro classes diferentes de informação: dados, informação, conhecimento e inteligência (URDANETA, 1991). A figura 01 representa os níveis hierárquicos da informação do Processo decisório.

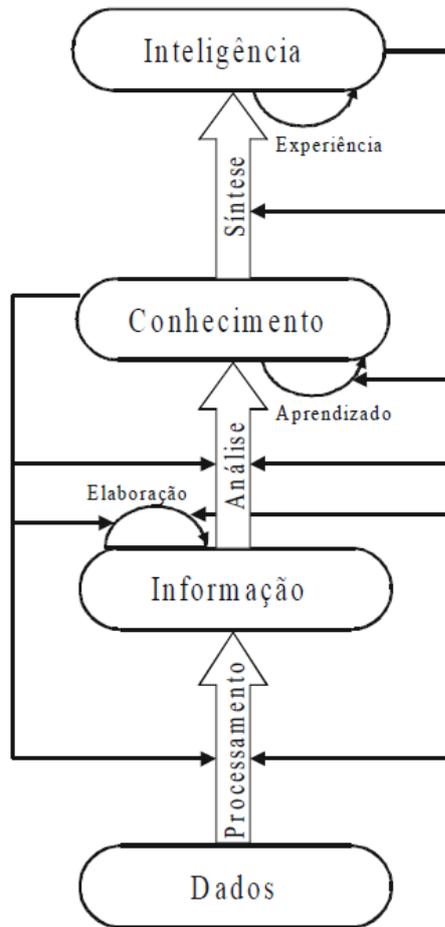


Figura 1: Os níveis hierárquicos da informação do Processo decisório
 Fonte: Urdaneta (1991)

O processo de transformação dos dados é realizado por meio de avaliação de dados e informações. Os insumos provenientes das diversas fontes são analisados e combinados na síntese de um produto, o conhecimento. O nível mais alto desta hierarquia é a inteligência, ou seja, a informação como oportunidade, o conhecimento contextualmente relevante que permite atuar com vantagem no ambiente considerado (TARAPANOFF, 2006).

Os dados em tempo real são processados por sistemas de diferentes disciplinas como segurança, eficiência e desempenho, transformando-os na informação necessária para que os especialistas localizados nos centros colaborativos analisem e gerem a inteligência para tomada de decisão (TOTH, 2008)

Segundo Moreira (2010), a convergência das tecnologias da informação e dos sistemas de informação tem afetado os processos de trabalho das organizações. O setor industrial há muito tempo tem demonstrado interesse pela redução de custos, melhoria no desempenho e por técnicas mais avançadas de manutenção em seus plantéis de máquinas.

O ambiente industrial apresenta muitos riscos físicos aos seus trabalhadores, existindo áreas onde os índices de acidentes são altos (SOUZA, 2013). O avanço tecnológico na computação e na área de telecomunicações torna possível o desenvolvimento original das redes de sensores sem fio e redes de automação segregadas para ambientes colaborativos, que permitem disponibilizar os dados da planta de produção para tomada de decisão pelos especialistas (GOMES, 2016).

Segundo Lima *et al.* (2015), a indústria petrolífera se caracteriza por ter elevado grau de complexidade nos processos decisórios associados à sua Cadeia de Valor. O segmento de Exploração e Produção, denominado por E&P, apresenta muitos dos seus processos atrelados a decisões impactantes do ponto de vista da magnitude dos valores econômicos envolvidos, frequentemente, na ordem dos milhões de dólares. Isto se deve ao expressivo volume dos investimentos, bem como à enorme importância econômica e estratégica do produto óleo e gás.

Herkenhoff (2011) aponta que a gestão por processos tem tido histórico comprovado no suporte à complexa integração das áreas funcionais nas mais diversas organizações. Neste sentido, as operadoras de petróleo têm, notadamente na última década, redesenhado os seus principais processos de trabalho da Cadeia de Valor baseada neste conhecimento, de forma a vencer inúmeros desafios decorrentes da complexidade dos cenários, da necessidade de maior integração de dados e pessoas e da crescente disponibilidade de informações.

Os desafios supracitados incluem a gestão de múltiplos parâmetros operacionais, em ambientes agressivos e desafiadores (ADEFULU, 2010). Isto é corroborado por Moreira (2010), que 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.”

A figura 02 representa o *framework* da integração das Operações Remotas com a gestão do conhecimento.

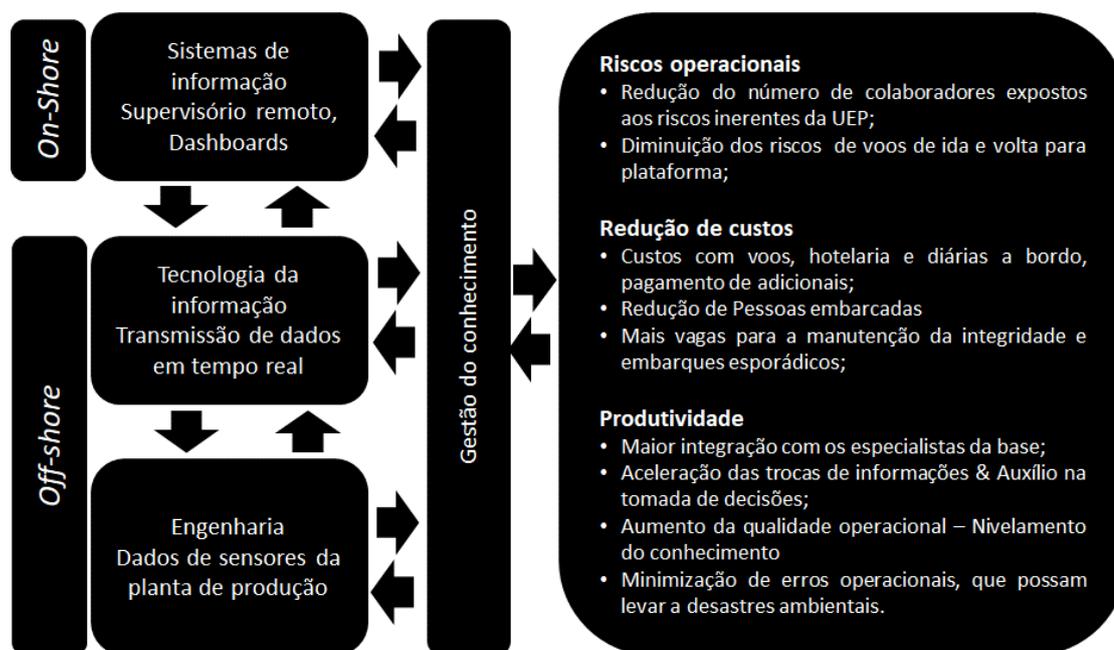


Figura 2: Framework das Operações Remotas com a gestão do conhecimento

Fonte: o autor

As Operações Remotas representam um grande potencial de aplicação na indústria do petróleo, trazendo benefícios desde a gestão de ativos até a segurança operacional (CREMONEZI, 2014). São nas unidades operacionais de produção que os resultados das Operações Remotas 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.

1.2.2 CENTROS COLABORATIVOS ON-SHORE

De acordo com a IET - *Institute for Energy Technology* (2017), as Operações Remotas, conhecida também como 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.

Os campos *offshore* podem ser remotamente operados e controlados parcialmente, a partir dos escritórios de terra, e isto abre grandes perspectivas para novas relações de colaboração dentro das companhias de petróleo e entre os fornecedores e as operadoras.

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, monitoramento de equipamentos e manutenção e planejamento como áreas de aplicação das Operações Remotas.

De acordo com Strasunskas (2010), as Operações Remotas 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. Já o trabalho de Fuks (2009) aborda interessantes tecnologias relativas à colaboração à distância com plataformas *offshore*. Tem havido um grande interesse nesse tema, pela importância de otimizar o quantitativo de pessoas embarcadas nas unidades marítimas.

Para Pande (2010):

A fim de obter os benefícios das Operações Remotas, fluxos de trabalho essenciais estão para ser desenvolvidos e implementados. Esses fluxos de trabalho devem permitir a integração entre as diferentes disciplinas, tanto *onshore* e *offshore*, como também entre os operadores e fornecedores. Isto irá resultar em mudanças nos processos de trabalho atuais, que são tradicionalmente sequenciais e baseados em disciplina, mas são essenciais para alcançar as metas globais da organização.

Para Cameron (2006), “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.” Desta forma, a reestruturação da organização, contemplando operações remotas, demanda muitas tecnologias a serem desenvolvidas ou adquiridas.

Landgren (2008) aponta que:

O tempo real e suporte remoto para as operações em campos de petróleo está 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.

Os centros colaborativos de monitoramento de parâmetros operacionais em tempo real, estão se tornando mais frequente, assumindo um papel importante no apoio as áreas de produção e perfuração da indústria de óleo e gás. Segundo Both (2011), muitas operadoras estão engajadas na extração máxima dos benefícios das operações remotas neste contexto.

As operações remotas estão estruturadas em quatro pilares Processos, Pessoas, Tecnologia e Organização, conhecidos como abordagem PPTO (EDWARDS, 2010). Estes quatro elementos proporcionam uma visão integrada, agregando valor na tomada de decisão, tornando-se mais rápidas, otimizando o tempo, reduzindo o custo e aumentando a segurança das operações. Segundo Henderson (2013), os principais processos de trabalho devem ser identificados e selecionados para prover a entrega de novos valores, no aspecto pessoas, deve-se considerar uma eventual gestão de mudança, treinamento para que todas as competências e habilidades possam ser potencializadas neste modelo. A tecnologia deve possuir alta disponibilidade, como ferramenta de compartilhamento de informações e por fim as estruturas organizacionais bem definidas de modo a proporcionar o suporte integral, gerando valor para companhia.

Os centros de operações remotas devem possuir soluções tecnológicas de hardware e software adequadas para suportar os processos de trabalhos realizados pelas equipes offshore. Segundo Thorsenm (2013), existem equipes responsáveis pelo monitoramento das operações, cujo foco são os dados em tempo real, para suportar proativamente as operações de modo a tornarem mais seguras. Herbert relata que nestes centros colaborativos, existem grupos multidisciplinares, trabalhando em regime de escala 24 horas por dias 7 dias por semana, provendo suporte as operações.

Segundo Booth (2011) devido aos baixos preços do petróleo, é possível identificar que os investimentos em tecnologia se deram a partir do final dos anos 80, que se iniciou no Século XXI e possui um processo constante de evolução alinhado com as iniciativas de operações remotas nesta indústria.

Diversas operadoras de petróleo, possuem seus centros de operações remotas estabelecidos, o que reforça o grande potencial desta abordagem, destacando o seu nível de importância. Segundo Kapteijn (2002), estimou que as operações remotas podem representar uma otimização de cerca de 10% da produção em campos de petróleo novos e existentes e para os campos maduros, uma recuperação na ordem de 5%.

Segundo Brulé (2008), a partir de um caso de estudo, foram identificadas algumas questões relacionadas a otimização do tempo de tomada de decisão, evidenciando que a falta de integração de dados e informações podem impactar a tomada de decisões, causando impacto econômico. Foi também mencionado neste caso de estudo, sobre um caso de integração de dados na injeção de água em um reservatório de petróleo, trazendo benefícios na ordem de 6 milhões de dólares por ano.

Um outro estudo de caso está relacionado a ExxonMobil, segundo Crawford (2008) a empresa implementou um sistema de monitoramento de produção e otimização integrado em uma mesma plataforma. Foi evidenciado que houve uma redução de 44% no tempo gasto dos profissionais para reunir os dados para geração de relatórios diários.

Bogaert (2004) apresentou o estudo de caso sobre a integração de tecnologias da na Shell, incluindo a parte de completação inteligente de poços e otimização inteligente de gas lift remotamente controladas. Os benefícios foram na ordem de 10% de ganhos em produção e aproximadamente 2% em reservas adicionais. Adicionalmente Bogaert (2004), relata que houve um ganho médio de produção de cerca de 6-7% na otimização inteligente de gas lift. O autor ainda relata sobre benefícios na ordem de 3% relacionados aos 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.

Segundo Edwards et al. (2010) afirma que 0.5-2.0% no incremento da produção pode representar enormes benefícios para o negócio, de forma que estes resultados são provenientes dos casos de sucesso considerando a aplicação de Operações Remotas.

Outros autores como Henderson (2013) acrescentam que a abordagem das operações remotas traz benefícios de 5 - 10% de incremento na recuperação, 10% de aumento na produção, 20% de redução no OPEX, significativa redução no tempo do no planejamento e na redução dos riscos de desenvolvimento de campo. Moore-Cernoch (2010) relata sobre os resultados obtidos com o uso de ambiente colaborativos multidisciplinares na British Petroleum.

Thorogood (2009) apresentou um estudo de caso no mar do norte de operações integradas que proporcionou uma economia das operações de injeção dos rejeitos de perfuração na ordem de 2 milhões de dólares. Segundo o autor a quantificação foi possível devido ao engajamento proativo do prestador de serviços durante os testes iniciais e nas fases de comissionamento dos poços, que garantiram uma solução acertada para o descarte de rejeitos. Este mesmo processo de estendeu nas operações de perfuração, reduzindo os impactos ambientais para esta operadora e reduzindo também custos operacionais. O estudo de caso será realizado no centro colaborativo de Operações Remotas de uma empresa operadora de petróleo no Brasil, dedicados à as unidades produção *off-shore*.

1.3 SITUAÇÃO-PROBLEMA DA PESQUISA

A Bacia de Santos é uma das maiores bacias sedimentares brasileiras. É o local de importantes campos de petróleo descobertos por uma grande empresa brasileira de energia, com um potencial de produção em águas ultra profundas. Localizada no Sudeste do Brasil, esta área é conhecida mundialmente por reservatórios localizados na camada pré-sal, isto é, abaixo da camada de sal.

Devido à distância da costa ser superior a 300 km e à grande profundidade, o desenvolvimento da produção desses campos de petróleo apresenta desafios tecnológicos, como os meios de comunicações e logísticos, que exigem uma reformulação dos processos de trabalho e um número crescente de atividades operacionais a serem realizadas em terra.

No processo de trabalho tradicional, a operação e supervisão da planta de produção são realizados a bordo da própria unidade de produção marítima, por profissionais dedicados exclusivamente para a operação em salas de controle de supervisão locais.

Com a operacionalização do pré-sal, parte da operação e supervisão da planta de processos será conduzida remotamente a partir de um centro de operações em terra. A motivação principal para Operações Remotas está na busca pela redução de custos operacionais com o crescimento dos projetos de novas unidades de produção. Especificamente, os centros de Operações Remotas são implementados a fim de melhorar a qualidade das decisões operacionais, reduzir o risco de movimentação das equipes e a exposição ao risco do ambiente operacional de uma unidade de produção de petróleo.

Nos próximos anos, será instalada uma rede de fibra óptica submarina de grande extensão, servindo a todas as unidades do pré-sal, cuja produção será escoada por *offloading*¹ e por uma rede de gasodutos (PETROBRAS, 2014).

¹ Em determinados sistemas produtivos, não há oleoduto para exportar o óleo. O petróleo produzido é armazenado em tanques de carga da plataforma e quando estes tanques estão cheios, aí então, é feita a operação de *offloading* (transferência de carga para um navio aliviador) (THOMAS, 2001, p.161).

Os sistemas satélites de órbita geoestacionária possuem um retardo na propagação dos dados de subida e descida, prejudicando a comunicação entre os elementos de rede, pois uma nova transmissão pode estar condicionada ao recebimento de confirmações de recebimento das mensagens anteriores pelo destinatário. Para este retardo é atribuído o nome de Latência.

Diante da característica da alta latência apresentada nos sistemas via satélite de órbita geoestacionária, as empresas mundiais de petróleo consideram a infraestrutura de telecomunicações de fibra óptica como premissa para realização de Operações Remotas (SVENES, 2008). Isto é corroborado por Levett (2006), que completa que os ganhos operacionais obtidos, com este tipo de operação, justificam a implementação de projetos de telecomunicações, considerando sistemas de baixa latência e alta disponibilidade.

Enquanto a malha óptica não for implantada, por questões de licenciamento ambiental junto às áreas governamentais (PETROBRAS, 2019), o maior obstáculo para a operação remota das futuras plataformas do pré-sal está na infraestrutura de rede de telecomunicações, atualmente atendidas por uma rede dedicada por satélite de órbita geoestacionária, cujas características intrínsecas de latência influenciam as operações realizadas entre o sistema SCADA² (*Supervisory Control and Data Acquisition*) do ambiente remoto em terra e o sistema da plataforma de petróleo que controla a planta de produção.

O indicador de latência das redes de telecomunicações contabiliza o tempo gasto na transmissão dos pacotes IP desde a origem até ao destino. Regra geral, quanto maior for o valor da latência, menor será a qualidade do serviço prestado. A empresa a ser estudada nesta pesquisa possui histórico de implementações de projetos pilotos de Operações Remotas, o que a levou a concretizar que os processos remotamente executados são factíveis, sendo a infraestrutura de telecomunicações de recebimento dos dados e nas respostas dos sistemas supervísórios, o grande obstáculo para operacional em escala deste modelo para as unidades de produção *off-shore*.

² O Sistema SCADA é responsável pelo controle de toda a planta de produção de uma plataforma de petróleo e pertence ao sistema de automação da Plataforma.

As variações da latência, inerentes do sistema satélite, podem influenciar na reação dos operadores levando a uma parada parcial ou total da planta, causando perdas de produção. Em uma série de ações concatenadas, o tempo de execução da manobra pode aumentar significativamente, alternado as condições ideais do produto final.

Nos últimos anos é possível identificar um crescente número de trabalhos em operações remotas, como Fonseca (2011), Brandão (2013), Zhu (2010), Cremonesi (2014), que apresentam os ganhos operacionais neste modelo de operação. Mesmo neste cenário crescente de trabalhos, não foi encontrada na literatura nenhuma metodologia que permitisse analisar o comportamento do recebimento dos dados e nas respostas dos sistemas supervisórios das unidades de produção *off-shore* utilizando sistemas de comunicação de alta latência. Com um maior conhecimento no processo de decisão e análise da robustez das Operações Remotas, será possível estabelecer um modelo operacional para indústria petrolífera.

1.4 OBJETIVOS

A empresa de energia estudada atua em todos os segmentos da indústria de óleo e gás, com ampla experiência em criação de ambientes multidisciplinares, que se aplica a diferentes áreas e segmentos de Exploração e produção. Com as descobertas das reservas do pré-sal faz-se necessário a implementação em larga escala das operações remotas na novas unidades de produção próprias, considerando também o cenário econômico atual contrapondo esta realidade, principalmente no sentido de produzir estas reservas, tendo que superar desafios tecnológicos e econômicos.

A prática adotada pelas operadoras de petróleo mundo a fora envolve a utilização de Operações Remotas em ampla escala, utilizando infraestrutura de comunicação robusta como fibra óptica e rádio enlaces, com eficiência semelhante a uma operação de sala de controle local *off-shore*. O objetivo desta pesquisa é desenvolver uma sistemática para apoio à decisão a partir de critérios interdisciplinares de Inteligência, Informação e Conhecimento, como vetores de apoio à decisão na aplicação da tecnologia de Informação em Operações Remotas, utilizando a infraestrutura satélite disponível neste momento atual na costa brasileira.

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

- a) Identificar os atores e áreas de conhecimento do processo de operação remota, considerando os novos fluxos de trabalho existentes em um ambiente remoto;
- b) Definir os critérios interdisciplinares para análise da robustez das Operações Remotas, quantificando o impacto da variação do tempo de resposta inerente ao meio de comunicação satélite sobre a resposta do operador;
- c) Identificar como as questões organizacionais e tempo de experiência dos operadores influenciam na avaliação deste novo modelo de operação;
- d) Desenvolver o modelo proposto para Operações Remotas na empresa estudada.

1.5 QUESTÕES DE PESQUISA

Neste contexto, surgem, para a empresa estudada, as questões básicas que nortearão este estudo:

- Qual o diagnóstico quantitativo e qualitativo que a infraestrutura de comunicação de alta latência exerce sobre as operações remotas *off-shore*?
- Qual deveria ser a melhor proposta de infraestrutura de comunicação para viabilização das operações remotas na empresa Estudada?

1.6 DELIMITAÇÃO

Este estudo delimita-se ao contexto da indústria do petróleo, sendo realizado em uma operadora no Brasil. As conclusões são relativas à operação remota de um sistema supervisorio de controle de uma unidade de produção *off-shore*, localizada na Bacia de Santos. A Figura 3 denota a delimitação temporal desta pesquisa, considerando os operadores das salas de controle desta bacia. A mesma abordagem, no momento atual, poderá servir como *benchmark* para estudos posteriores, para avaliar a evolução do conceito de Operações Remotas, utilizando a infraestrutura de transmissão via satélite.

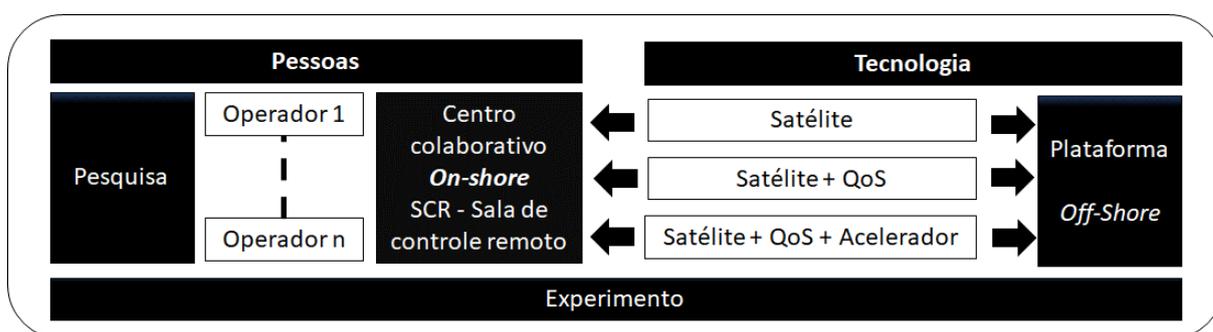


Figura 3: Visão da abordagem adotada

Fonte: o autor

Desta forma, futuras pesquisas poderão ser realizadas no sentido de realizar outros estudos nos segmentos de Sondas de perfuração, *on-shore* ou *off-shore*, que devido a características operacionais, estas unidades operacionais dependem integralmente do sistema de telecomunicações via satélite, sem a possibilidade futura de usufruir de uma malha optica ou sistemas ráidos enlaces, omni direcionais de media e baixa latência.

1.7 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Novos processos de trabalho estão sendo incorporados na indústria do petróleo, que possui uma dinâmica em relação ao seu caráter estratégico e a variação do mercado (KAPTEIJN, 2002). Os ativos de produção são a prioridade para implementação do modelo de operação remota nesta indústria (EDWARDS, 2015).

O grande obstáculo para a operacionalização das futuras plataformas do pré-Sal é a infraestrutura de comunicação atual para uma nova realidade, onde a complexidade exigirá que os processos de bordo sejam realizados de uma forma simples, segura e eficiente. No processo de trabalho tradicional, o controle é realizado a bordo da própria unidade por profissionais dedicados exclusivamente para a operação da planta de produção em salas de controle de supervisão no local. Com a operacionalização do pré-Sal, o controle da planta de processo será conduzido remotamente em terra em um Centro colaborativo.

Segundo Al-Jasmi (2015) existem muitas iniciativas de operações remotas nas operadoras de petróleo e também prestadoras de serviços, este assunto é considerado como novo na indústria. Os estudos sobre este assunto aumentaram a medida que os projetos de prova de conceito foram implementados e os casos de sucesso e lições aprendidas obtidas, motivo pelo qual existem poucos livros sobre este assunto, sendo mais frequente a publicação em eventos demonstrando os resultados dos estudos de casos obtidos.

O presente estudo é uma oportunidade para aprofundar a experiência acadêmica sobre o tema, despertando oportunidades para futuras pesquisas e publicações. Esta pesquisa também traz ganhos na área de produção da indústria do petróleo, sendo que esta área contribui com uma parcela significativa dos investimentos.

O maior conhecimento sobre as Operações Remotas, utilizando o sistema supervisorio SCADA em sistemas de comunicação satélites, trará instrumentos que permitirão a otimização dos processos, com consequente geração de valor.

O Sistema SCADA é responsável pelo controle de toda a planta de produção de uma plataforma de petróleo e, para exemplificar um cenário real na indústria petrolífera, o atraso no sequenciamento lógico de uma manobra operacional, abrir → fechar → abrir, realizada por um sistema SCADA remoto, pode alterar as condições especificadas para o produto (petróleo ou gás) em relação às especificações do produto (petróleo condensado) ou até mesmo gerar uma situação de risco, quando estão sendo consideradas manobras com as variáveis de alta pressão e alta temperatura.

Situações, como o erro do sequenciamento causado pela variação na latência no meio de comunicação entre os sistemas SCADA, podem levar o sistema de intertravamento² da unidade executar um *shutdown*³ parcial ou total da planta, causando perdas de produção.

Operações Remotas utilizando o meio de transmissão via satélite são empregadas na indústria do petróleo para a rede de escoamento de gás, na qual esta malha de gasodutos está distribuída na ordem de 1.000 a 10.000 Km de distância, com poucos pontos de ação de controle e as características de pressão apresentam dinâmica mais lenta. Em uma plataforma existe uma série de pontos de ação de controle em uma planta de processamento, na qual a pressão apresenta uma dinâmica muito mais rápida em uma malha com extensão na ordem de 101 a 102 m.

Os trabalhos apresentados por Fonseca (2011), Ellender (2005) e Moro (2002) abordam a questão do desempenho de rede de automação entre o servidor SCADA e os Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) em uma arquitetura de rede local, não considerando as influências do meio de comunicação satélite com alta latência. Este cenário é aplicável para os outros países que possuem suas operações próximas a costa, no qual a tecnologia de rádio frequência já estarem implementadas.

²*Intertravamento* é o conjunto de passos ou laços que devem existir para garantir a segurança de um equipamento, pessoa ou processo.

³ *Shutdown* é o nome dado pela indústria petrolífera para uma parada de produção não programada

Este estudo de caso compreende na aplicação de um método de análise por meio de uma pesquisa em conjunto com um experimento com operadores de salas de controle *off-shore*. Com este método, é possível analisar o comportamento através de um experimento das mensagens trocadas pelo sistema SCADA entre o ambiente colaborativo remoto em terra e a planta de produção da plataforma de petróleo nas transmissões via satélite. Serão utilizadas situações reais de operação para validação deste método, podendo ser aplicado na indústria de petróleo de modo geral, que permita um melhor entendimento do cenário operacional à luz das Operações Remotas com transmissão de dados via satélite.

Esta pesquisa poderá quantificar a influência da variação do tempo de resposta para um operador remoto, sendo possível identificar em quais circunstâncias de infraestrutura de telecomunicações haverá condições de operar remotamente. A variação do tempo de resposta será provocada no experimento pela utilização de três cenários de configuração, considerando todos componentes da infraestrutura de rede que são partes da comunicação como comutadores, roteadores e conversores de protocolos e interfaces.

1.8 INEDITISMO E CONTRIBUIÇÃO CIENTÍFICA DA PESQUISA

O ineditismo se deve pela análise do fenômeno condicionado ao escopo e do grau de atenção do observador. Vale ressaltar que a possibilidade de analisar variáveis é frequentemente questionada por uma série de validações relacionadas às características das variáveis, ao contexto e a quem as examinará. Com base nesses preceitos, menciona-se que a ineditismo se deve à atribuição do tema ao pesquisador ou mesmo ao processo de formulação do tema, não pela preocupação com a existência de outros estudos sobre o mesmo tema (SOUZA, 2010). Portanto, o que distingue um determinado estudo é o método da identificação e análise.

Ao introduzir essas questões no contexto desta tese, percebe-se o ineditismo do fato de que não há outra sugestão para estudar diretamente a literatura na bibliografia de pesquisa o tema das Operações Remotas, utilizando sistemas satélites Geoestacionários de alta latência, da forma como será realizado neste trabalho.

Devido às distâncias superiores a 300km da costa Brasileira, as plataformas de produção do pré-sal possuem limitações físicas para adotar redes de comunicação via rádio enlace e a Fibra óptica submarina por questões de licenciamento ambiental e modelo de atendimento comercial que atrasam sua implementação até o momento PETROBRAS (2019). A pesquisa das lacunas do conhecimento, tanto do estado da arte quanto da técnica foram desenvolvidas no Capítulo 2 e estão representadas por disciplina conforme apresentado na Figura 05 do mesmo capítulo.

De acordo com Landgren (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 (2007), as empresas operadoras em todo o mundo enfrentam desafios de perfuração cada vez mais complexos e onerosos. Os avanços na comunicação via satélite de média órbita surgem com a aprovação pela Anatel da Norma de Condições de Operação de Satélites em Banda Ka com Cobertura sobre o Território Brasileiro em outubro de 2013 ANATEL (2018).

Segundo Nassif (2016), a utilização de sistemas satélites de banda Ka terá um papel fundamental na contribuição da otimização do uso dos recursos de órbita e espectro de radiofrequências, com melhores tempos de resposta. Dessa forma, obterá o estímulo à disseminação da utilização de redes e serviços de telecomunicações principalmente em regiões onde a infraestrutura de telecomunicações possui limitações de cobertura, como o caso das longas distâncias da costa brasileira.

Os satélites em órbita média (MEO) estão há pouco tempo em operação em comparação com satélites geoestacionários, sendo a frota formada por 12 satélites ativos, lançados entre 2013 e 2014, e cuja operação comercial foi iniciada em meados de 2016 (ANATEL, 2018) e não abrangem a totalidade da cobertura da costa brasileira. Segundo Kuga (2001), devido às características de menor tempo de resposta, os satélites de média órbita estão sendo utilizados, em escala global, em aplicações que atendem diversos mercados como operadoras de telefonia celular,

provedores de Internet, ensino à distância, frotas de transatlânticos e na indústria de óleo e gás.

Especificamente no Brasil, os serviços por meio dos satélites média órbita começou a ser prestados em 2016, para provedores de acesso internet na região amazônica, e foram consolidados durante 2017, com a ativação de serviços para operadoras de celulares dando suporte à expansão da cobertura de 4G no Brasil ANATEL (2018).

Segundo Phillips e Pugh (2005), a partir da teoria e dos métodos empíricos no contexto da integração, existem muitos conceitos que podem ser considerados originais. Para Bicas (2008), originalidade significa expor dúvidas, propor idéias para solucionar problemas, divulgar soluções e explicar uma relevância importante. Em suma, é uma descrição nova de um rico conhecimento e conhecimento. Matheus (2012) acrescentou que o trabalho de pesquisa é indutivo e dedutivo, de modo que a originalidade da pesquisa implica não apenas as características impessoais dos dados apresentados, mas também a personalidade absoluta e a intransferibilidade dos direitos autorais dos pesquisadores.

Segundo a pesquisa de Phillips e Pugh (2005), o primeiro desenvolvimento e sistematização da informação pode comprovar sua originalidade através dos seguintes elementos: a continuidade de algumas obras originais; a execução de obras originais; a tecnologia em pesquisas não originais, Observações ou resultados originais; idéias, métodos e interpretações iniciais; teste das idéias de outras pessoas; pesquisa empírica sem precedentes; síntese nunca foi realizada; novas interpretações de contextos conhecidos; pesquisa realizada em seu país é realizada apenas no exterior; novas Tecnologias específicas de campo; novas evidências de discussões antigas; natureza multidisciplinar com diferentes métodos; áreas que não foram consideradas na pesquisa e no desenvolvimento de conhecimento nesse campo, mas que ainda não foram concluídas.

A literatura deste estudo indica que parte do trabalho de Svenes e Levett (2008), utilizando o conceito de operação remota no campo de produção offshore, complementa os benefícios operacionais obtidos por esse tipo de operação e justifica a implementação do projeto. Considerando as telecomunicações de sistemas de baixa latência e alta disponibilidade, devido à distância da costa

brasileira, esses sistemas não são adequados para o plano de operação proposto das unidades de produção do sub-sal. No entanto, este estudo tem como objetivo avaliar a robustez da operação remota de unidades de produção marítima utilizando sistemas de satélite geoestacionários por meio de padrões interdisciplinares, de modo a fornecer uma nova base para o objeto de pesquisa. A colocação traz elementos originais que podem promover o desenvolvimento científico.

Esta pesquisa será norteada pelo conceito de Operações Remotas, e pela análise da infraestrutura e transmissão de dados, estabelecer uma abordagem que permita compreender a robustez e os fatores críticos do processo na empresa a ser estudada e propor uma metodologia a ser empregada na indústria do petróleo.

1.9 ASPECTOS DA INTERDISCIPLINARIDADE DA PESQUISA

Segundo Tarrant (2017), a interdisciplinaridade é um esforço para adquirir conhecimento abrangente em uma era de crescente especialização acadêmica. Para MacLeod (2016), interdisciplinaridade em determinados casos, se assemelha a uma idéia de que os pesquisadores de alguma forma aprenderão a trabalhar em um ambiente de solução de problemas mais fluido e aberto, sem seguir os segredos e regras de disciplina da solução de problemas. Mas isso deve ser ponderado pela importância dos papéis desempenhados por essas fórmulas e padrões para resolver efetivamente o problema.

A *National Academies Committee on Science* (2005) define que a pesquisa interdisciplinar como um método de pesquisa conduzido por uma equipe ou indivíduo, que integra informações, dados, tecnologia, ferramentas, opiniões, conceitos e teorias de duas ou mais disciplinas ou entidades de conhecimento profissional, As soluções que promovem o entendimento básico ou a solução de problemas estão além do escopo de uma única disciplina ou área de prática de pesquisa. Para Mustaqim (2015), interdisciplinaridade é um conceito popular usado para preencher lacunas em muitas disciplinas.

Rodriguez (2016) acrescentou que interdisciplinaridade significa integrar dados disciplinares subdivididos, métodos, ferramentas, conceitos e teorias para formar uma visão geral ou consenso sobre questões complexas.

De acordo com pesquisa da *National Academies Committee on Science* (2005), a força motriz mais comum para a interdisciplinaridade que leva a novas disciplinas pode ser a absoluta complexidade da natureza, que leva os pesquisadores para a próxima questão importante, além de mudar o relacionamento com outras disciplinas e a interface da parceria com os colegas. Para Wang (2017), problemas urgentes em ciência e engenharia exigem soluções além do escopo de um único campo. Portanto, a produção de conhecimento mostra a tendência de integração disciplinar. Portanto, na última década, a sociedade prestou mais atenção à pesquisa interdisciplinar para promover a inovação científica e tecnológica.

O autor também acredita que medir a interseção entre disciplinas pode revelar as características do fluxo de conhecimento. MacLeod (2016) apontou que o "comprometimento cognitivo" interdisciplinar é considerado referência a conceitos mais intelectuais e tecnológicos e desafios de métodos enfrentados pelos pesquisadores, e coordenou e integrou os conceitos, métodos, modelos epistemológicos e tecnologias de seus respectivos campos científicos, especialmente É no contexto de obter alguns benefícios para resolver um problema específico ou conjunto de problemas

A natureza interdisciplinar desta pesquisa decorre do conceito básico de operação remota, que está associada aos seguintes pilares: pessoas, processos e tecnologia, que possuem várias disciplinas relacionadas. Outra característica da interdisciplinaridade é a aplicação da operação remota no contexto desta pesquisa, que pode transcender aspectos humanos, ergonômicos, técnicos, econômicos, ecológicos e organizacionais.

A Figura 04 ilustra a interação desta área de pesquisa no modelo da PPTO. Pode-se observar que a área "processo" está relacionada a outras áreas por meio da otimização e racionalização do fluxo de trabalho. Nesse caso, a área "técnica" fornece à infraestrutura de telecomunicações hardware e software para transmissão de dados. A dimensão "pessoas" e a interação colaborativa na tomada de decisão. Finalmente, a visão integradora da "organização", a partir de todos os componentes

estabelecidos, pessoas, processo e tecnologia, a organização será a grande responsável para implementar esta estrutura de forma integrada.

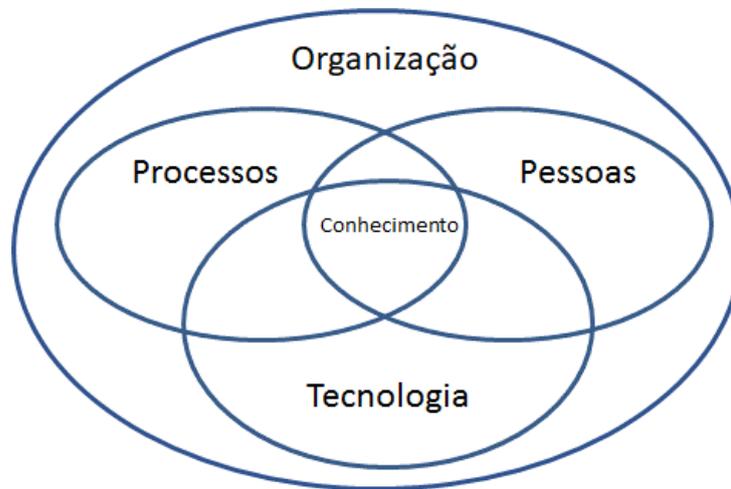


Figura 4: Interação das áreas

Fonte: o autor

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 a teoria e prática em gestão do conhecimento: estuda a relação das atividades das Operações Remotas em organizações, buscando relacioná-la com os centros colaborativos, de forma a propor otimizações no modelo, em uma abordagem que pode ser utilizada por qualquer empresa na Indústria do Petróleo.

1.10 ESTRUTURA DA PESQUISA

Para melhor atender a sua finalidade e sua contribuição para a tecnologia mais recente, a qualificação desta tese é dividida em quatro capítulos principais, divididos em seções e subseções. O primeiro capítulo apresenta o assunto e fornece os antecedentes da pesquisa e os princípios básicos para determinar o trabalho, incluindo a introdução do assunto e questões de pesquisa, a ambientalização da operação remota da indústria de petróleo, os cenários de problemas de pesquisa e uma visão geral dos objetivos e problemas. E suposições, e a demarcação e argumentos deste trabalho. Além desses pontos, novidade, inovação, simultaneidade, interdisciplinaridade e contribuições científicas também complementam e resumem este capítulo.

Para melhor atender a sua finalidade e sua contribuição para a tecnologia mais recente, a qualificação desta tese é dividida em quatro capítulos principais, divididos em seções e subseções. O primeiro capítulo apresenta o assunto e fornece os antecedentes da pesquisa e os princípios básicos para determinar o trabalho, incluindo a introdução do assunto e questões de pesquisa, a ambientalização da operação remota da indústria de petróleo, os cenários de problemas de pesquisa e uma visão geral dos objetivos e problemas. E suposições, e a demarcação e argumentos deste trabalho. Além desses pontos, novidade, inovação, simultaneidade, interdisciplinaridade e contribuições científicas também complementam e resumem este capítulo.

Os capítulos 4 e 5 apresentam a descrição do ambiente de teste disponibilizado para a realização do experimento, bem como os testes que foram realizados. No sexto capítulo os resultados obtidos e discutidos, por fim, o capítulo 7 concluí a discussão desenvolvida na tese. São também apresentadas sugestões de possíveis temas de pesquisa a serem explorados futuramente.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Segundo CRESWELL (2015), um bom mapa de revisão da literatura não é aquele que contém muitas referências, mas que aborda com profundidade apenas os aspectos relacionados com o problema de pesquisa e que une de maneira lógica e coerente os conceitos e as proposições existentes em estudos anteriores. Construir o mapa da Literatura não significa apenas reunir informações, mas também ligá-las e interpretá-las.

A Figura 5 representa as referências utilizadas na revisão de literatura desta pesquisa, utilizando o conceito de mapa.

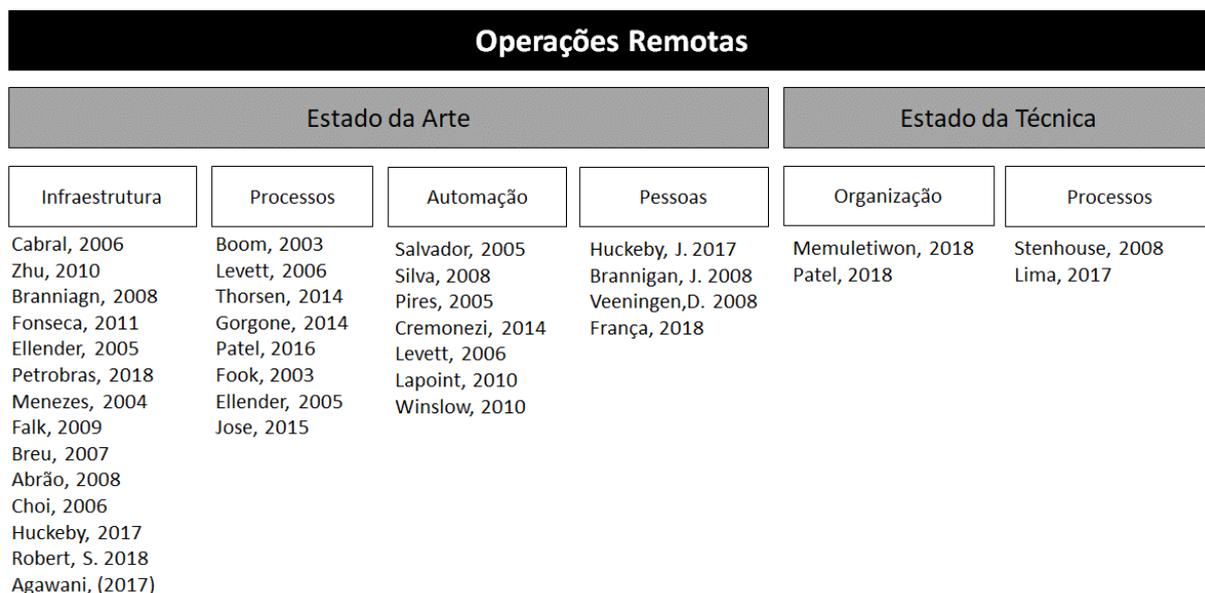


Figura 5: Mapa da Literatura
 Fonte: o autor

2.1 ESTABELECIMENTO DO ESTADO DA ARTE

2.1.2 Operações Remotas

Segundo Boom e Fook (2003), as vantagens das operações remotas em uma plataforma de petróleo incluem:

- 1) A melhora da disponibilidade operacional da unidade, reduzindo o tempo de resposta do operador para restaurar a operação em casos de paradas inesperadas *shutdown*;
- 2) Otimização da mão-de-obra necessária por meio da introdução de sistemas de controle de processo automatizados, contribuindo para o aumento da segurança operacional e do fator de segurança.

Segundo Levett (2006), os benefícios de operações remotas para plataformas de produção de óleo e gás são muitos, como por exemplo:

- a) Redução de custos operacionais e de manutenção, chegando ao limiar entre 15 a 20% do valor designado para manutenção dos profissionais a bordo;
- b) Melhoria do monitoramento e a manutenção preventiva dos equipamentos críticos e da instrumentação, aumentando a confiabilidade e a segurança operacional;
- c) Aumento do alinhamento da operação com outras especialidades (engenharia, automação, reservatórios, elevação, entre outros), dando um impulso à implantação efetiva dos centros de operações integradas;
- d) Valorização dos especialistas de operação, otimização e manutenção, que poderiam remotamente contribuir na operação das várias plataformas.

Existem outras aplicações de operações remotas, como no caso da saúde, a chamada Telemedicina, que proporciona a facilidade de diagnosticar e monitorar remotamente pacientes, permitindo obter resultados e imagens de exames médicos transmitidos, processados e analisados por várias equipes médicas, possibilitando um diagnóstico conjunto para cada caso analisado.

Segundo Choi (2006), a Telemedicina já é utilizada em vários locais no mundo como o caso na Universidade do Kansas nos EUA, onde está sendo usada para cuidar de pacientes em zonas rurais, assim como no hospital Johns Hopkins, em que as cirurgias são realizadas remotamente de Bangkok, Tailândia. A prospecção de atendimento aos locais é diretamente proporcional ao avanço na infraestrutura de telecomunicações disponível, o que não representa um impeditivo, mas restringe o tipo de instrumento possível de ser utilizado.

Os primeiros cenários de Telemedicina começaram com a transmissão de poucos bits para se passar um eletrocardiograma codificado, por meio de transmissão na faixa de 56Kbps. Atualmente, os médicos, em suas utilizações de Telemedicina, continuam enfrentando um cenário adverso decorrente das possibilidades desta infraestrutura, mas em geral a banda mínima exigida está na ordem de 384Kbps e latência na ordem de 750ms equivalente ao sistema de vídeo conferência tradicional.

Como exemplo aplicado às condições de infraestrutura de telecomunicações, Cabral (2006) define uma métrica dos requisitos de telecomunicações necessários para práticas dos serviços de Telemedicina.

Fluxo de Vídeo	Descrição	Tempo real	Faixa de banda
Fluxo do Sistema	Conexão / desconexão, sincronismo, movimento do mouse	Não	Pequena, desprezível
Fluxo de conferencia de áudio	Full duplex, G. 72x audio	Sim	10 - 128 kb/s
Fluxo de diagnostico do áudio	Unidirecional, qualidade de CD, áudio estéreo	Sim	32-768 kb/s
Fluxo de Vídeo conferência	Bidirecional, H.261 vídeo	Sim	64 kb/s - 1.92 Mb/s
Diagnostico do fluxo de vídeo	Unidirecional, MPEG-2 vídeo	SIM	3 - 15 Mb/s
Transferência do fluxo de imagem	Transmissão de imagem para consulta	Não	7 Mb/s

Quadro 1: Requerimento rede para tráfego de conteúdo de vídeo

Fonte: Cabral et al. (2006)

Os requisitos não restringem somente a vídeo. O áudio em Telemedicina é fundamental para as questões relacionadas a escuta pulmonar e cardíaca, não somente a banda como a latência, para prover o devido diagnóstico (CABRAL, 2006). Os dados obtidos no Quadro 1, referentes ao que pode ou não ser realizado em tempo real, foram decorrentes de ensaios com diversos médicos em suas especialidades, a fim de obter ao máximo um cenário de padronização. Da mesma maneira como apresentado na Quadro 1, este trabalho permitirá analisar as operações remotas com o sistema SCADA, com a infraestrutura satélite existente, identificando as características de comportamento humano durante o período observado.

Segundo Zhu (2010), outro sistema que utiliza rigorosos padrões para a infraestrutura de rede de comunicação é o chamado *Communication-Based Train Control* (CBTC), sendo que se não houvesse tais requisitos, por falha de comunicação nas zonas de controle ou latências acima de 900ms, poderiam ocorrer falhas na comunicação no momento necessário, ocasionando descarrilamentos e colisões. Neste segmento de comunicação WLAN, não é utilizado o padrão comercial 802.11a/b/g, pois durante a mudança de células de cobertura dos pontos de acesso (*handoff*), ocorreria uma pequena interrupção no serviço, sendo suficiente para provocar os acidentes citados acima. O modelo proposto de alta disponibilidade e baixa latência inclui a utilização do IEEE 802.11p e a eliminação do *handoff* utilizando o protocolo *Stream Control Transmission Protocol* (SCTP). A Figura 6 apresenta a visão geral do sistema CBTC e o sistema de comunicação de trem.

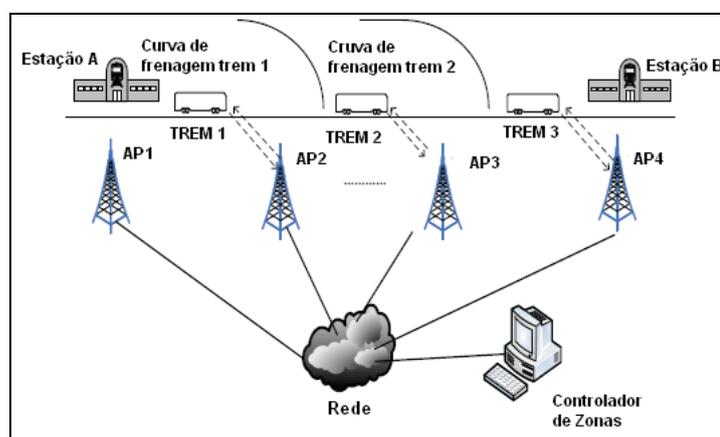


Figura 6: Comunicação baseada em sistema de controle de trem (CBTC)

Fonte: Zhu (2010)

De acordo com Zhu (2010), SCTP é um protocolo da camada de transporte, que herda muitas das características fundamentais do TCP, como o controle de congestionamento e retransmissão. O recurso *multihoming* permite que uma sessão SCTP seja estabelecida ao longo de múltiplas interfaces identificadas por vários endereços IP. O *multihoming* foi o mecanismo, originalmente, projetado para ser resistente a falhas de comunicações entre dois pontos finais SCTP para redes cabeadas.

Da mesma maneira, como apresentado no cenário do sistema de controle de trem, este trabalho permitirá identificar o impacto dos atrasos da rede na operação remota, tendo em vista a infraestrutura disponível nas unidades de produção neste momento.

Brannigan e Veenigen (2008) apresenta a influência do fator humano em operações remotas de sondas⁴ de perfuração de poço de petróleo, abordando características de formação dos operadores, como tempo de experiência no segmento, treinamento até características ergonômicas do ambiente a ser realizado, a operação com luminosidade, ruído, disposição do layout e dispositivos de comunicação com a unidade de produção. Mediante a análise apresentada por Brannigan e Veenigen (2008), este trabalho apresentará análise do fator humano nos cenários de operações remotas.

Atualmente, o número de aplicações, que necessitam de sistemas de tempo real para troca de dados para comandos e para eventos por meio da utilização da rede de dados de comunicação, cresce consideravelmente. Essas aplicações variam muito em relação à complexidade e as necessidades de garantia no atendimento a restrições de tempo.

Entre os sistemas mais simples, podem-se destacar controladores inteligentes embarcados, como sistemas embarcados para rastreamento de veículos, enquanto sistemas de controle industriais são um exemplo dos sistemas mais complexos.

⁴Sondas de perfuração são equipamentos utilizados para perfurar poços que permitam o acesso a reservatórios de petróleo ou gás natural.

Além disso, alguns sistemas de tempo real apresentam restrições de tempo mais rigorosas que outros. Entre aplicações críticas estão sistemas de supervisão e controle de plantas industriais e sistemas embarcados em robôs, e entre as que apresentam restrições não tão críticas estão as teleconferências por meio da *internet* e aplicações de multimídia em geral (FONSECA, 2011).

Consequentemente, em cada resposta de requisição de comandos, o sistema de tempo real deve entregar um resultado correto dentro de um prazo determinado, ou poderá ocorrer uma falha temporal. Assim, o comportamento de um sistema de tempo real não depende somente da integridade dos resultados obtidos, mas também dos valores de tempo em que são produzidos. Uma reação que ocorra além do prazo determinado poderá ser inútil ou causar uma falha fatal no sistema.

Segundo França (2018), são diversos fatores humanos que afetam o desempenho do operador em seu posto de trabalho, sendo necessário pontuar os fatores mais críticos e realizar uma análise adequada de como estes fatores podem ser tratados e alocados adequadamente. A análise dos fatores humanos não somente permite entender como o desempenho do operador pode ser alterado, mas também fornece os subsídios adequados para os estudos de riscos de plantas industriais complexas, tais como HazOp, APR e Licenças Ambientais, bem como auxilia na análise e investigação de acidentes, permitindo identificar os reais fatores que contribuíram para um determinado cenário acidental.

2.1.3 Sistemas SCADA

Nas salas de controle locais de uma plataforma de produção, pode ser encontrado um conjunto de sistemas, no qual destacam-se os sistemas SCADA, que permitem o monitoramento de informações dos processos produtivos e instalações físicas, onde são efetuadas a aquisição, a manipulação e apresentação aos usuários das variáveis de processo e de controle / atuação (SALVADOR, 2006).

Segundo Silva (2008), no início da década de 1990, o sistema SCADA atingiu um grau de confiabilidade elevado, pois com ele as empresas já conseguiam perceber uma melhora em seus processos. Neste momento, surge a arquitetura que utiliza os dados do sistema supervisor para controlar a planta.

Pode-se dizer que, com esta nova arquitetura, as empresas obtiveram um enorme ganho em produtividade. Percebendo todo o potencial desta tecnologia, os investimentos foram crescendo cada vez mais e a dependência das indústrias também.

Ao final da década de 1990, a grande maioria das indústrias já contava com sistemas SCADA, e suas respectivas produções dependiam extremamente do seu perfeito funcionamento. Hoje em dia, em indústrias cujo processo é crítico, e há muitas perdas em cada parada, pode-se dizer que o sistema SCADA é o coração do contexto produtivo.

Pires (2009) afirma que:

Os sistemas SCADA são de importância estratégica já que são adotados na maioria das indústrias que compõem a infraestrutura de um país. As aplicações da tecnologia SCADA alcançam praticamente todo o espectro do setor produtivo. Para exemplificar, esses sistemas são utilizados na indústria química, petroquímica e de cimentos; na indústria alimentícia; na produção e distribuição de energia elétrica; na distribuição de água; no controle de oleodutos, gasodutos, centrais nucleares, edifícios inteligentes e tráfego.

Na tentativa de se quantificar a importância deste sistema para todo o ambiente industrial, atualmente a maioria das indústrias faz uso desta ferramenta e sua importância é afirmada por todos os profissionais da área de automação industrial.

Segundo Cremonezi (2014), a arquitetura SCADA do sistema Proficy *iFix* utilizada em uma plataforma petrolífera é distribuída, baseada no modelo cliente-servidor e compatível com a tecnologia Windows *Terminal Server*, a qual permite que estações remotas acessem informações e aplicativos instalados em um computador remoto. Nesta arquitetura, existem basicamente dois tipos de nós:

- a) Terminal Servidor (SCADA *node*): responsável pela interface com o *hardware* dos processos, através dos nós SCADA;
- b) Terminal Cliente (*View node*): recebe os dados do Terminal Servidor e os disponibiliza aos operadores por meio de uma interface homem máquina (IHM);

A Figura 7 apresenta a arquitetura de comunicação dos sistemas SCADA de uma plataforma.

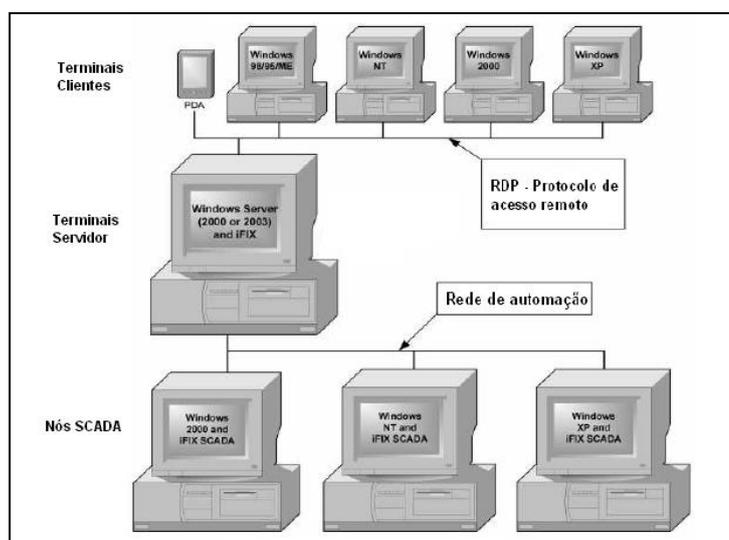


Figura 7: Estrutura do Proficy iFix utilizando Terminal

Fonte: GE FANUC (2003)

Os nós SCADA, que se comunicam com os controladores lógicos programáveis (CLP), estão representados na parte inferior. O terminal servidor está representado na parte central. Já os terminais clientes, clientes dos terminais servidores estão representados na parte superior.

O protocolo utilizado nesta conexão é o *Microsoft Remote Desktop Protocol* (RDP), o qual utiliza pouca banda de comunicação, sendo este uma das características importantes para a operação remota utilizando rede satélite como meio de comunicação (CREMONEZI, 2014).

Em termos operacionais de produção, o sistema SCADA está dividido em 3 partes principais: supervisão, operação e controle. Durante a supervisão, as variáveis que compõem o processo produtivo podem ser visualizadas por meio de interfaces IHM, sendo que, durante a etapa de operação, os equipamentos envolvidos no processo podem ser configurados. Na etapa de controle, mecanismos de ajustes dinâmicos são utilizados para manter os valores das variáveis dentro de limites previamente configurados (LEVETT, 2006).

Na indústria petrolífera, vários são os cenários de limitações nas possibilidades dos meios de transmissão decorrentes da localização das unidades de produção, geralmente com largura de banda restrita, e para uma garantia mínima de qualidade do meio (ELLENDER, 2005). Nestes cenários, por mais que sejam adotados sistemas de telecomunicações com redundância e alta disponibilidade, deverá ser elaborado um plano de contingência, considerando a perda total de comunicação com a unidade petrolífera, a partir da própria equipe embarcada. A Figura 8 mostra as arquiteturas possíveis de transmissão para um cenário de operações remotas.

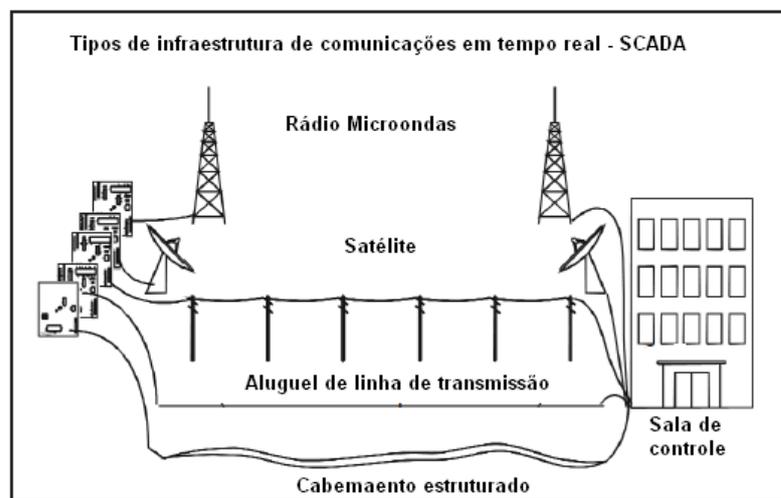


Figura 8: Tipos de comunicação remota

Fonte: Ellender (2005)

Ellender (2005) aponta como segunda variável importante para definição de um bom sistema de operação remota, o tipo de arquitetura a ser seguida, cliente-servidor, *terminal server*, acesso remoto (RDP), entre outras, que, conciliados com o meio de transmissão, apresentam variações de desempenho e consumo de banda. O Quadro 2 são apresentadas as características dos meios de comunicação a serem adotados.

Considerações chaves para as redes de comunicação				
Tipo	Potência	Convergencia	Velocidade	Custo
PABX	baixa	pouca	lenta	baixo
Fibra óptica	baixa	dedicada	rápida	alto
GSM / GPRS	baixa	moderada	moderada	baixo
Rádio Enlace	média	dedicada	rápida	moderado
Satélite	média	Muito boa	moderada	moderado

Quadro 2: Comparações entre os sistemas de redes de comunicação

Fonte: Ellender (2005)

Neste caso, não estão sendo consideradas as limitações físicas do cenário da plataforma de petróleo, que inviabiliza adotar as redes de comunicação via rádio enlace, devido a distância da costa e a fibra óptica por questões de licenciamento ambiental e complexidade no lançamento dos risers no solo marinho e adequações da plataformas, que atrasaram a sua implementação até o momento. Destaca-se que mesmo implementada em algum momento, os sistemas satélites sempre serão considerados com o sistema de redundância para as plataformas de petróleo, por possuírem maior disponibilidade que os sistemas de infraestrutura local.

Neste trabalho, será feita a análise das mensagens trocadas pelo sistema SCADA, entre o ambiente remoto em terra e o ambiente em alto mar, nas transmissões via satélite. As principais variáveis manipuladas nessa etapa são os alarmes, modos de operação e dados de produção.

Por serem consideradas variáveis críticas para a planta industrial, em aplicações de monitoramento e operação, a relação entre o número de pacotes recebidos e o número de pacotes enviados deverá ser tão próxima do valor unitário quanto possível.

2.1.4 Características da rede de comunicação com a unidade de produção

No cenário de operações do Pré-sal, com longas distâncias da costa brasileira, o meio principal de comunicação possível para atendimento imediato a estas unidades são os sistemas via satélite. Atualmente, 80% das unidades de produção em mar no Brasil possuem a comunicação satélite como seu meio principal de transmissão. Isto se deve ao fato do satélite poder cobrir grandes áreas e chegar onde os outros meios, tais como cabos de fibra óptica e enlaces de rádio micro-ondas, não podem chegar por limitações de infraestrutura ou por questões de autorizações ambientais que postergaram sua implantação (PETROBRAS, 2018).

Estes sistemas podem ser classificados conforme o tipo de sua órbita, em sistemas geoestacionários e não-geoestacionários. Os satélites geoestacionários estão localizados a 36.000 Km da superfície da terra, na linha do equador, e sua movimentação orbital é fixa (geoestacionária) em relação a um ponto de localização na superfície terrestre. Estes sistemas são construídos por uma constelação de satélites⁵. Os sistemas LEO (baixa órbita terrestre) possuem suas órbitas localizadas de 700 a 2.000 Km de altura. Os sistemas de órbitas médias, MEO (média órbita terrestre), possuem suas órbitas posicionadas a 10.000 km de altura. A Figura 9 ilustra as três classificações dos satélites, conforme a sua distância da superfície terrestre.

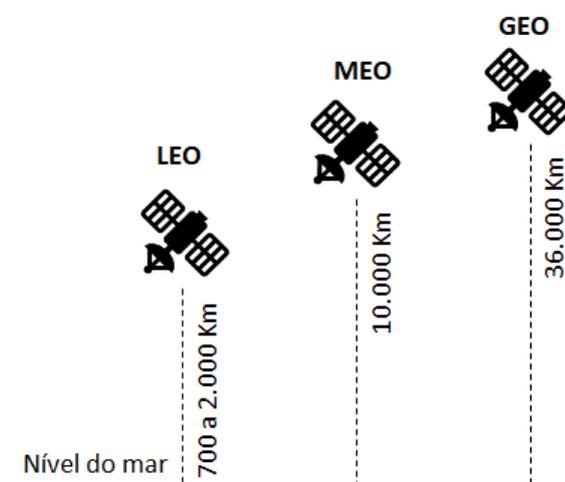


Figura 9: Tipos de satélites em relação a distância da superfície terrestre
Fonte: o próprio autor

⁵ Uma constelação de satélite é composta por no mínimo 3 satélites (PETROBRAS, 2006).

Cada satélite possui a bordo um certo número de *transponders*⁶, que recebem o sinal numa faixa de frequência (enlace de subida ou terra-para-espço), amplifica e o transmite em outra faixa de frequências (enlace e decida ou espaço-para-terra). Tipicamente, um satélite contém 24 transponders, sendo que cada transponder possui uma banda de 36 MHz. Apesar de existirem outras bandas de frequência, as mais usadas são banda C (6/4GHz) e banda Ku (14/12GHz). A Figura 10 ilustra um enlace típico de satélite.

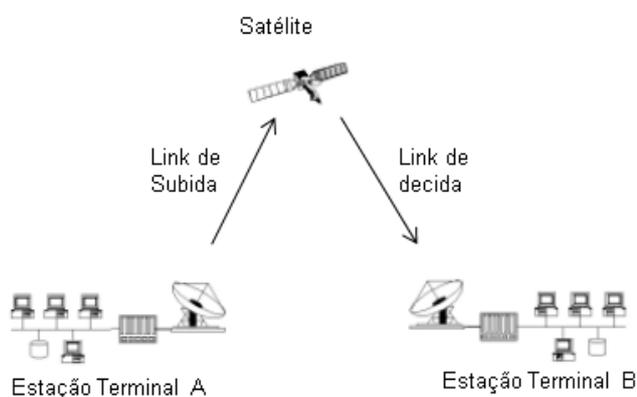


Figura 10: Enlace típico de satélite
Fonte: o próprio autor

Internacionalmente, a banda mais popular é a banda Ku, pois permite cursar tráfego com antenas menores que as de banda C, devido ao fato das suas frequências serem mais altas. Entretanto, devido ao mesmo fato, a transmissão em banda Ku é mais suscetível a interrupções causadas pela chuva. Dessa forma, a banda C é mais popular em países tropicais. No Brasil, durante muito tempo, só se utilizou a banda C. Mais recentemente, a banda Ku vem recebendo maior aceitação devido ao melhor desempenho em tempo de resposta, porem com disponibilidade condicionada a fatores climáticos.

Devido à frequência elevada, serviços de telecomunicações como de telefonia, de dados e de televisão podem ser realizados através de redes com topologia em estrela constituídas de estações terminais de pequeno porte denominadas de VSAT (*Very Small Aperture Terminal*), acopladas a uma estação mestre central (“*master*” ou “Concentrador”) (MENEZES, 2004).

⁶ *Transponder*, receptor para transmissor (PETROBRAS, 2006).

O sistema de comunicação, que atende as unidades de produção de petróleo do Brasil, utiliza como meio transmissão o sistema VSAT banda Ku. (PETROBRAS, 2014). Segundo Menezes (2004), a ocorrência de chuvas nos percursos de subida e descida implica em perturbações do desempenho de um enlace via satélite, que se torna mais preocupante em frequências acima de 10 GHz nas Bandas Ku e Ka.

A maior preocupação reside em possíveis períodos com degradação dos serviços do enlace via satélite devida à ocorrência de chuvas mais intensas nestes percursos. Embora com intensidade menor, as atenuações adicionais causadas por nuvens e pela absorção de moléculas de oxigênio e vapor d'água também devem ser consideradas nestas bandas. A atenuação por chuvas é devida à absorção e espalhamento da energia propagante pelas partículas de água. As gotas de chuva comportam-se como um meio dielétrico dissipativo e refletor para o campo elétrico incidente, absorvendo energia ou espalhando-a em diversas direções. A absorção corresponde à dissipação térmica, sendo função da condutividade da água.

Segundo Fonseca (2011), a latência e o atraso são parâmetros importantes para a qualidade de serviço das aplicações. Ambos os termos podem ser utilizados na especificação de QoS (*Quality of Service*), embora o termo latência seja convencionalmente mais utilizado para equipamentos e o termo atraso seja mais utilizado com as transmissões de dados. O sinal em um cabo viaja a aproximadamente $2/3$ da velocidade da luz no vácuo, ou seja, 200.000 km/s. Os satélites geoestacionários, que estão em órbita ao redor da Terra a uma altitude de cerca de 36.000 km, apresentam um atraso de cerca de 270 ms.

Em geral, a latência do sistema como um todo pode ser entendida como a soma dos atrasos impostos pela rede e equipamentos utilizados na comunicação. O Jitter, também conhecido como variação da latência, é um importante parâmetro para aplicações em rede, cuja operação adequada depende de alguma forma da garantia de que os pacotes sejam processados em períodos bem definidos. Fonseca (2011) afirma que o Jitter pode ser entendido como a variação no tempo e na sequência de entrega das informações devido à variação na latência da rede.

A Figura 11 apresenta o efeito da Latência (Jitter) entre uma troca de informações entre aplicações.

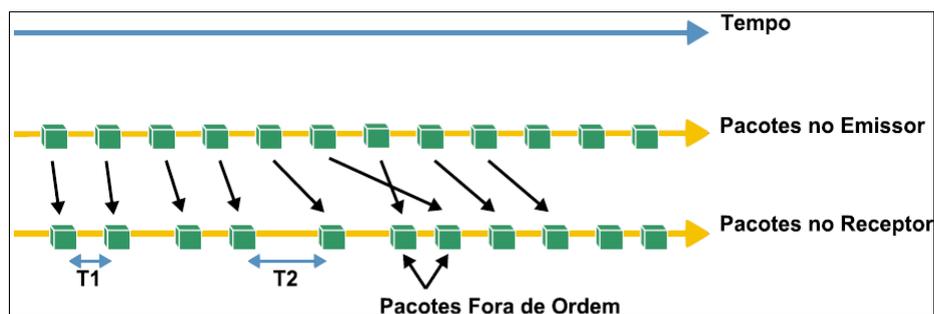


Figura 11: Efeito da latência
Fonte: O autor

De acordo com Falk (2009), a rede é a primeira causa da latência, ou seja, tem grande chance de ser a maior causadora desta, maior que o atraso do *hardware* e *software* de um servidor. O atraso pode ser uma somatória de atrasos fim-a-fim, ou seja, atrasos de enfileiramento, propagação, transmissão e processamentos gerados em uma conexão do início ao fim. O atraso entre dois pontos em uma rede IP pode ser medido de duas maneiras, atraso de ida (*one way delay*) ou atraso de ida-e-volta (*round-trip delay*). Nas duas medições, considera-se o caminho que o pacote percorre, assim como a sua priorização nas filas e CPU(s) dos roteadores. Este trabalho considera o *round trip delay*.

A seguir, o Quadro 3 (Multirede, 2008) referência à média do tamanho de pacote, média de atraso entre pacotes, banda mínima e tempo para envio de diferentes aplicações.

Aplicação	Tamanho do pacote	Média Atraso entre pacotes	Banda Mínima	Tempo para enviar 1 pacote (256 Kbps)
Dados	Variável, até 1500bytes	Variável	Variável	47ms
Video conferência	700bytes (médio)	30ms	160kbps	22ms
Voz sobre IP	60bytes	20ms	24kbps	2ms

Quadro 3: Características de Aplicações

Fonte: Multirede (2008)

De acordo com Breu (2007), o tráfego coletado e analisado, pode ser usado como modelo para desenvolver funcionalidades de QoS. Desta forma, novas classes de qualidade de serviço podem ser implementadas a partir do conhecimento do tráfego de operações remotas, proporcionando uma melhoria no atraso de rede. Porém, para se ter este efeito, deve-se implementar a política desejada de QoS no caminho percorrido pelo pacote.

Abrão (2008), simula o comportamento das transmissões em cenários com e sem priorização de tráfego, buscando identificar a influência do congestionamento na rede nos tempos de respostas das aplicações. Por meio do seu estudo, quantificou em seus experimentos o nível de influência que o congestionamento de rede pode ter no tempo de resposta para uma aplicação Cliente – Servidor (9,77%), porém não considerou a rede de comunicação via satélite que deverá influenciar os resultados obtidos.

Lapoint e Winslow (2001) relatam que técnicas, incluindo *caching*, agregação, filtragem e comutação inteligente, são usadas para resolver problemas de atraso. Estas técnicas podem ser executadas usando *hardware* específico gerando otimizações / configurações e suporte especializado. Um exemplo destas técnicas, apresentado também por Lapointe e Winslow (2001), propõe inserir caixas chamadas *booster boxes* na rede. Estes equipamentos também são conhecidos como aceleradores de aplicações. Porém não é recomendado colocar mais de um equipamento, pois pode aumentar a taxa de falhas e não impede o atraso no percurso do pacote até chegar ou retornar nesta rede.

Este trabalho utilizou os conceitos de Lapoint e Winslow (2001), que apresentam técnicas de aceleração de aplicações em conjunto com Breu (2007), propondo funcionalidades de QoS dentro da rede.

Segundo Gilsinn (2013):

Tempo real não significa responder a eventos em velocidade real, mas responder em velocidade suficientemente confiante, em prazos específicos, no contexto em que o sistema está operando.

Segundo Ellender (2005), os dados das operações remotas deverão possuir prioridade na rede de comunicação pois, caso o operador remoto não os visualize, por algum problema de comunicação, não será capaz de saber o que está acontecendo na planta de produção, exigindo uma ação imediata para corrigir a situação ocasionada por esta falha.

Este impacto restringe-se à questão de aumento da eficiência operacional, uma vez que, para as questões de controle da planta de produção, as lógicas programadas de intertravamento do sistema SCADA já estarão programadas para serem acionadas para evitar o acidente, por meio da telemetria dos sensores.

Conforme descrito no trabalho de Cerutti (2006), existem três técnicas de seleção para avaliação de desempenho de rede em um ambiente privado: modelagem analítica, simulação e medições em sistemas reais. Neste trabalho, será utilizada a medição de sistemas reais, proporcionando resultados exatos do que será encontrado na rotina operacional, sem a necessidade de interpretações.

Esta pesquisa dedica-se a identificar o conhecimento do comportamento das operações remotas, utilizando transmissões via satélite, em diferentes cenários de desempenho, visando observar o impacto para o operador da sala de controle remoto.

2.1.5 Atores Envolvidos

Os atores das operações remotas são os operadores de produção, responsáveis pela operação na planta de processo, na sala de controle. Monitoram e mantêm os gráficos dos parâmetros (pressão, nível, temperatura e vazão), dentro dos requisitos da operação, avaliando o histórico e autorizando a intervenção nos equipamentos da planta de produção, para os responsáveis pela manutenção trabalharem com segurança, devidamente isolados e identificados. Estes operadores são responsáveis por realizar o *startup* da planta, verificando se o alinhamento, os testes, parâmetros de nível, pressão e temperatura estão de acordo com os padrões da companhia.

De acordo com Skarholt (2013), estes atores têm um foco proativo, fortalecendo a capacidade de descobrir e estar preparados para situações inesperadas pelo uso de dados em tempo real, criando uma consciência comparativa compartilhada. Para Hepsø (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.

2.1.6 Trabalhos Relacionados

O cenário de operações remotas na indústria do petróleo é um tema abordado por alguns autores, com foco nas questões dos ganhos obtidos, que visa o aumento da segurança operacional pela redução de profissionais a bordo e pela eficiência operacional em questões relacionadas à otimização de recursos experientes, a partir de uma localização remota, multiplicando o conhecimento para as novas equipes em formação.

Nos trabalhos apresentados, as transmissões de dados são realizadas, a partir de sistemas de baixa latência, geralmente utilizando, como premissa para operações remotas, fibra óptica como meio de comunicação. O melhor entendimento relacionado aos aspectos da variação do tempo de resposta nas aplicações de operações remotas, pode auxiliar no dimensionamento de projetos de tecnologia de Informação e no desenvolvimento de adaptações a serem implementadas na arquitetura entre a sala de operações remotas e o sistema SCADA da unidade em mar.

Correlacionando os trabalhos relacionados na revisão bibliográfica com o método proposto por este trabalho, é possível identificar que o modelo de operação remota via satélite possui algumas semelhanças com a parte conceitual, principalmente no segmento relacionado aos ganhos obtidos com este modelo de operação, porém seu diferencial está na infraestrutura considerada e é nesse aspecto que este trabalho pode contribuir, seu ineditismo está relacionado ao estudo utilizando critérios interdisciplinares diretamente realizado com as operações remotas em sistemas satélites de alta latência.

. O quadro 4 apresenta, em um formato resumo, a comparação dos trabalhos analisados com o que será considerado pelo método proposto.

Trabalhos	Svenes (2008) e Levett (2008)	Choi (2006) e Cabral (2006)	Zhu (2010)	Brannigan (2008)	Ellender (2005)	Cremonesi (2014)	Fonseca (2011), Brandão (2013) e Breu (2007)	Abrão (2008)	Lepoint e Wmslow (2001)	Cerutti(2006)	Este Trabalho
Atividades											
Operação remota em sistemas de baixa latência	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				Não existe esta infraestrutura atualmente
Requisitos das operações remotas, banda, latência e disponibilidade	✓	✓				✓					✓
Necessidade de rede WAN com alta disponibilidade			✓								✓
Influencia do fator humano				✓							✓
Arquiteturas possíveis de transmissão					✓						✓
Arquitetura SCADA distribuída						✓					✓
Adaptações das operações em relação ao meio de transmissão							✓				✓
Aplicação de QoS e priorização							✓			✓	✓
Comunicação Cliente - Servidor								✓			Utilizado o protocolo RDP
Acelerador de aplicação									✓		✓
Medição em sistemas reais										✓	✓

Quadro 4: Análise comparativa dos trabalhos

Fonte: o próprio autor

Conforme pode ser visto na literatura disponível, há pontos de conjunção e outros de divergência. Alguns temas foram destacados, uma vez que se repetem no material pesquisado na bibliografia e merecem maior aprofundamento. Estes são publicações de operações remotas na indústria do Petróleo e gás e todos consideram como requisito a necessidade de infraestrutura de comunicação de baixa latência, ou seja, eles não consideram a utilização de sistemas satélite como meio principal de comunicação para as operações remotas.

2.1.7 O Desenvolvimento de operações remotas

Segundo Huckleby (2017), o uso mais amplo de robótica, controles remotos, sistemas de monitoramento remoto em tempo real, inteligência artificial e outras técnicas estão estabelecendo novos padrões de desempenho, sendo o culminar destes esforços de engenharia e tecnologia ao proporcionar um alto nível de automação das unidades de produção de petróleo e gás. Para desenvolver de forma estruturada neste cenário tecnológico, é preciso ter as pessoas, os processos, as ferramentas e a infraestrutura necessárias, para aplicar com êxito essas tecnologias.

Segundo Robert (2018), os principais elementos necessários para dar suporte ao desenvolvimento das operações remotas, incluem: centros de operações em tempo real, técnicos de serviço de campo competentes, infraestrutura, novos processos e tecnologia. A aplicação adequada desses sistemas aprimora as operações remotas, levando a um melhor desempenho de Produção, com redução do tempo não produtivo.

Para cada função sistêmicas pessoas – processos – organização – tecnologias, existe potencial contribuição para o sistema de apoio à decisão no conceito das operações remotas.

Considerando o cluster pessoas, Agawani (2017) relata que, para posição de operador remoto, as pessoas devem possuir muitos anos de experiência em unidades de produção e perfuração *off-shore*. Este conhecimento histórico adquirido, com a participação em diversas situações operacionais, contribuirá para o estabelecimento de um sistema de apoio a decisão (SIAD), criando fluxos de trabalho, estabelecendo processos e rotinas operacionais para o aumento de eficiência.

De acordo com Huckleby (2017), os processos de trabalho *offshore* estão se redesenhando para uma nova realidade, onde a complexidade exigirá que os processos de bordo sejam realizados de uma forma simples, segura e eficiente. No processo de trabalho tradicional, o controle é realizado a bordo da própria unidade por profissionais dedicados exclusivamente para a operação da planta de produção, em salas de controle de supervisão no local.

Com a utilização do conceito de operações remotas, são utilizadas as informações e o conhecimento obtido com os dados em tempo real, para integrar as pessoas e as organizações, mudando os processos de trabalho e, desta maneira, provendo decisões mais ágeis e acertadas.

O cluster organização tem um papel estruturante para viabilidade e continuidade das operações. Segundo Thorsen (2014), as estruturas organizacionais são necessárias para os relacionamentos que proporcionam o ganho de valor, não somente no sentido de otimizar o número de pessoas embarcadas e a diminuição da exposição ao risco, mas na integração das diferentes áreas de especialistas, suportando a operação dentro de ambiente colaborativo integrado.

Gorgone (2008) relata o número crescente de ambientes colaborativos nas operadoras de petróleo mundo a fora, com recursos tecnológicos que viabilizem as operações remotas de várias disciplinas, como no caso da perfuração, passando por reservatório e produção. Com a proliferação da tecnologia da Internet das Coisas (IoT)⁶ e IR4.0⁷, a informação digital está se tornando mais integrada nas operações diárias. Essa modalidade de operação permite que todas as disciplinas de uma organização gerenciem e operem de forma colaborativa seus ativos, para atingir o valor máximo que eles podem proporcionar (Patel, 2018). Robert (2018) levantou a questão da necessidade de pessoas, processos, ferramentas e infraestrutura necessárias para aplicar com êxito essas tecnologias em um sistema de apoio à decisão. Esses sistemas de apoio otimizam o desempenho do serviço de campo, aproveitando o monitoramento de condições de equipamentos remotos, automatizando alertas, fornecendo dados das unidades *off-shore* em tempo real e interconectando remotamente os principais sistemas para melhorar a confiabilidade geral das operações.

Os quadros de 05 a 08, a seguir, apresentam o Quadro de Referencial Teórico do modelo sistêmico Pessoas – Processos – Tecnologia – Organização, no contexto das operações remotas.

⁶ *IOT Internet das coisas - uma rede de objetos físicos capaz de reunir e de transmitir dados.*

⁷ *IR4.0 - é uma expressão que engloba algumas tecnologias para automação e troca de dados, capaz de criar uma cópia virtual do mundo físico e tomam decisões descentralizadas.*

PESSOAS

(HUCKEBY, J. 2017, BRANNIGAN, J.2008; VEENINGEN, D. 2008)

- Por meio de 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 terem um operador dedicado trabalhando com a equipe de operações do ativo;
- Uma reação por parte de um operador que ocorra além do prazo determinado poderá ser inútil ou causar uma falha fatal no sistema. Os fatores humanos estão ligados diretamente a este processo de trabalho, sendo a seleção de pessoal, crucial para o sucesso das operações remotas. A experiência previa do operador em unidades de produção *off-shore*, define o melhor perfil para o controle de uma plataforma de produção remotamente.
- Situações, o erro do sequenciamento causado pela variação do tempo de resposta no meio de comunicação comandado pelo operador, utilizando os sistemas SCADA, pode levar o sistema de intertravamento da unidade executar uma parada parcial ou total da planta, causando perdas de produção.
- A percepção de desempenho da operação remota pode estar diretamente relacionada com os interesses pessoais do operador, como questões de benefícios financeiros e questões pessoais.

Quadro 5: Quadro Referencial Teórico - Pessoas

Fonte: o próprio autor

PROCESSOS

(BOOM, L. 2003; FOOK, L.2003, LEVETT, B.2006, ELLENDER, D. 2005, JOSE, 2015)

- 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.
- As Operações Remotas representam um grande potencial de aplicação na indústria do petróleo, trazendo benefícios desde a gestão de ativos até a segurança operacional. Contudo, são nas unidades operacionais de produção que os resultados das Operações Remotas 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.
- A fim de obter os benefícios das Operações Remotas, fluxos de trabalho essenciais estão para ser desenvolvidos e implementados. Esses fluxos de trabalho devem permitir a integração entre as diferentes disciplinas, tanto *onshore* e *offshore*, como também entre os operadores e fornecedores. Isto irá resultar em mudanças nos processos de trabalho atuais, que são tradicionalmente sequenciais e baseados em disciplina, mas são essenciais para alcançar as metas globais da organização
- Um bom sistema de operação remota, o tipo de arquitetura a ser seguida, acesso remoto, acesso a imagens da unidade, rádios comunicadores entre outras facilidades, conciliados com o meio de transmissão, devem proporcionar ao operador a equivalência de recursos utilizado na plataforma em seu ambiente colaborativo em terra.
- Para todo modelo de operação remota, deverá ser contemplado o plano de contingência nos casos de perda total de comunicação com a plataforma, para eliminar impactos operacionais. O plano de contingência deve possuir processos de trabalho definidos com as frentes operacionais, de modo ao contingente a bordo assumir a operação até que seja executado o plano.

Quadro 6: Quadro Referencial Teórico - Processos

Fonte: o próprio autor

TECNOLOGIA

(CREMONEZI, R. et al. 2014, RINGSTAD, 2007; VINTURINI, 2008; REDDICK, 2008; BARGHOUTY, 2010; LILLENG, 2010; PERRONS, 2010; KALAND, 2016)

- A convergência das tecnologias da informação e dos sistemas de informação tem afetado os processos de trabalho das organizações. O setor industrial há muito tempo tem demonstrado interesse pela redução de custos, melhoria no desempenho e por técnicas mais avançadas de manutenção em seus plantéis de máquinas.
- As Operações Remotas representam um grande potencial de aplicação na indústria do petróleo, trazendo benefícios desde a gestão de ativos até a segurança operacional. Contudo, são nas unidades operacionais de produção que os resultados das Operações Remotas 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.
- As Operações Remotas 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. Tem havido um grande interesse nesse tema, pela importância de otimizar o quantitativo de pessoas embarcadas nas unidades marítimas.
- Operações Remotas, utilizando o meio de transmissão via satélite, são utilizadas na indústria do petróleo para a rede de escoamento de gás a muitos anos, na qual está malha de gasodutos está distribuída na ordem de 1.000 a 10.000 Km de distância, com poucos pontos de ação de controle e as características de pressão apresentam dinâmica mais lenta. Em uma plataforma, existe uma série de pontos de ação de controle em uma planta de processamento, na qual a pressão apresenta uma dinâmica muito mais rápida em uma malha com extensão na ordem de 101 a 102 m.
- Novas classes de qualidade de serviço da rede de comunicação de dados entre a plataforma e o ambiente colaborativo em terra podem ser implementadas a partir do conhecimento do tráfego de operações remotas, proporcionando uma melhoria no atraso de rede. Para se ter este efeito, deve-se implementar a política de priorização no caminho percorrido pelo pacote. Esta facilidade visa eliminar questões relacionadas ao congestionamento de rede, podendo ter influência direta no tempo de resposta para a aplicação do supervisório SCADA.
- Técnicas, de agregação de dados, filtragem e comutação inteligente, tem objetivo de eliminar problemas de atraso na comunicação via satélite. Estas técnicas podem ser executadas usando hardware específico gerando otimizações / configurações e suporte especializado. Outras tecnologias utilizadas são os aceleradores de aplicações, que otimizam o tráfego da rede alterando a estrutura do protocolo de comunicação, para que só sejam trafegadas as variáveis que sofrem alteração, minimizando o fluxo de informações e diminuindo o tempo de resposta para o operador em seu supervisório SCADA.

Quadro 7: Quadro Referencial Teórico - Tecnologia

Fonte: o próprio autor

ORGANIZAÇÃO

(BOOM, L. 2003; FOOK, L.2003, LEVETT, B.2006; SIQUEIRA, 2012; EDWARDS, 2015)

- O valor de aplicar operações remotas a novos conceitos de design depende muito de quando elas são aplicadas. Quanto mais cedo for inserido no processo do projeto, maior será o impacto na realização do conceito de instalações desabitadas ou raramente habitadas..
- O compartilhamento do ambiente colaborativo com operadores de outras unidades de produção, aumentam o alinhamento da operação com outras especialidades (engenharia, automação, reservatórios, elevação, entre outros), dando um impulso à implantação efetiva dos centros de operações integradas. Permite a valorização dos especialistas de operação, otimização e manutenção, que poderiam remotamente contribuir na operação das várias plataformas.
- 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.
- Não há dúvida de que os objetivos de implementação de operações integradas estão focados em melhorar os resultados operacionais e econômicos das atividades da Companhia Nacional de Petróleo. Portanto, cabe ressaltar que esta é uma nova realização da estrutura de gerenciamento da matriz organizacional baseada no conceito de gerenciamento funcional;

Quadro 8: Quadro Referencial Teórico - Organização

Fonte: o próprio autor

2.2 ESTABELECIMENTO DO ESTADO DA TÉCNICA

Através de pesquisa bibliográfica, verifica-se que alguns profissionais da indústria do petróleo desenvolveram vários modelos de operação remota. As seções a seguir descrevem os principais métodos da Saudi Aramco, 2.2.1.2 Saudi Aramco, Shell, British Petroleum e Petrobras. Esses métodos são operadores com os modelos característicos descritos na literatura.

2.2.1 Filosofias e Modelos das Principais Operadoras

2.2.1.1 Shell

A abordagem da Shell sobre operações remotas está em um nível superior tecnológico, face às vantagens de sistema de comunicação de baixa latência como fibras ópticas e rádios micro-ondas. Segundo Memuletiwon (2018), além de todo o ganho operacional com as operações remotas, este conceito está ajudando a Shell a otimizar os ativos de Hardware do sistema supervisor SCADA.

São frequentes as atualizações que proporcionam relativa inatividade da planta de produção e custos de CAPEX (Despesas de Capital) e OPEX (Despesas Operacionais). Portanto, há uma necessidade de maximizar a disponibilidade da base instalada do Sistema de Controle e Automação, ao longo da vida útil da instalação de produção, adotando novas tecnologias de virtualização. Nesta proposta de implementação, tanto a sala de controle da plataforma de petróleo, quanto a sala de controle remoto utilizam o mesmo ambiente virtual, utilizando as novas arquiteturas de infraestrutura como serviço.

Embora o conceito de virtualização já exista nas últimas duas décadas, a crescente sinergia entre TI (Tecnologia da Informação) e Automação Industrial abre uma nova plataforma para implantar essa tecnologia de uma maneira que pode mudar radicalmente a forma como as redes de Automação de Processo são projetadas e implementadas levando a redes mais simples, mais rentáveis e escaláveis.

2.2.1.2 *Saudi Aramco*

Segundo Patel (2018), com as lições aprendidas das operações remotas das unidades de produção, associado à proliferação da tecnologia da Internet das Coisas (IoT) e IR4.0, a informação digital está se tornando mais integrada em nossas operações diárias, permitindo que todas as disciplinas de uma organização gerenciem e operem de forma colaborativa seus ativos para atingir o valor máximo de eficiência.

Como base do processo de transformação digital da empresa, está sendo associada às operações remotas, a aplicação simples, mas inovadora do *Advanced Process Control* (APC) que facilita a otimização contínua do desempenho das Bombas Elétricas Submersas (ESP), com o intuito de cumprir as metas de produção atribuídas, e também atender automaticamente as restrições operacionais.

A implementação bem-sucedida desta tecnologia em múltiplos poços de petróleo em um campo de petróleo *onshore* demonstrou uma economia significativa de energia, e espera-se que minimize as falhas prematuras e aumente a vida útil das bombas.

2.2.1.3 *Petrobras*

Para desenvolvimento das unidades do pré-sal, o maior obstáculo para a operação remota das futuras plataformas do pré-sal está na infraestrutura de rede de telecomunicações, atualmente atendidas por uma rede dedicada por satélite de órbita geoestacionária, cujas características intrínsecas de latência influenciam as operações entre ambiente remoto em terra e o sistema da plataforma de petróleo que controla a planta de produção.

Segundo Lima *et al.* (2015), mecanismos de otimização da rede satélite e priorização de tráfego sob as demais aplicações, correlacionados com o método de pesquisa e análise estatística, proporcionaram o estabelecimento de intervalo de latência das redes satélites, que viabilizam a realização das operações remotas nestas unidades a mais de 300Km da costa Brasileira.

2.2.1.4 *British Petroleum*

Os sucessos recentes, em ativos da BP, mostraram que há um enorme potencial para o aumento da produção através da utilização da capacidade de previsão dos modelos existentes em operações diárias, uma vez que estes modelos foram combinados com dados em tempo real e disponibilizados de uma forma que ativamente apoia o processo de otimização da produção.

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 BP para a linha de frente das decisões da rotina operacional (STENHOUSE, 2008).

Segundo Dickson (2015), as lições aprendidas das experiências com as operações remotas estão sendo expandidas para novas regiões, no caso o Ártico. Esta é a mais recente fronteira, abrindo novos campos no noroeste e centro-norte da Rússia, Noruega, Groenlândia, Alasca e Canadá. Os locais implicam ambientes frios, remotos, escuros e hostis, que trazem novos desafios para operar em um ambiente seguro, otimizando a produção e a produtividade.

Além disso, uma futura contratação de recursos humanos poderia trazer desafios adicionais, com aumento dos custos associados ao transporte, à segurança do pessoal e, muitas vezes, às altas taxas de rotatividade.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Este capítulo apresenta as etapas metodológicas que devem ser usadas no desenvolvimento do trabalho e descreve os métodos que os pesquisadores usam para explicar as perguntas da pesquisa. Após a determinação dos objetivos da pesquisa, foi realizada uma revisão bibliográfica prévia para definir o método utilizado para analisar as operações remotas.

3.1 ABORDAGEM ESTRATÉGICA DA PESQUISA

Foram realizados experimentos e realizados estudos quantitativos e qualitativos. A Figura 12 abaixo ilustra geralmente o método usado neste estudo. Como mencionado anteriormente neste estudo, o referencial teórico (QRT) é baseado em pesquisa bibliográfica. O QRT será a base de uma ferramenta de pesquisa que será aplicada à força de trabalho da empresa de pesquisa que trabalha na sala de operações remota na Bacia de Santos.

A análise da pesquisa permitiu identificar a potencial contribuição interdisciplinar das diversas áreas, de forma a suportar os testes de hipóteses propostos para as operações remotas utilizando o sistema de transmissão atual de comunicação.

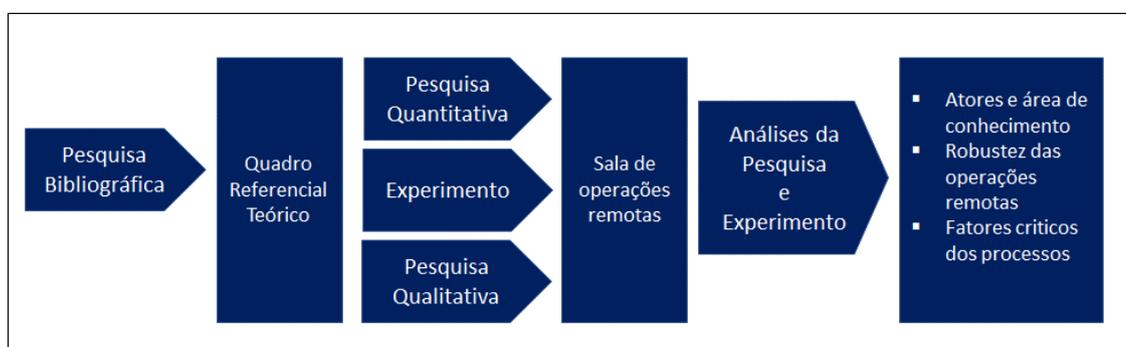


Figura 12: Estratégia da Pesquisa

Fonte: o autor

O método usado neste estudo pode ser usado para avaliar as operações remotas em outros cenários operacionais, como plataformas de perfuração, sistemas navais, embarcações de estimulação de poços de petróleo, qualquer cenário que exija uma rede de comunicação de dados de alto desempenho, mas apenas se houver limitações da infraestrutura de baixa latência disponível, a fim de estabelecer padrões para comparação e análise de desempenho futuro.

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: (“Remote Operations” OR “Remote Control”) OR (“Automation”OR “SCADA” OR “supervisory”) OR (“Petroleum” OR “RIG” OR “Plataform”).

Foram encontradas um total de 12.225 referências, onde podem ter ocorrido muitas repetições pelo fato de os resultados serem obtidos de vários motores de busca. A pesquisa foi então refinada para cada uma das operadoras, conforme: (“Remote Operations” OR “Remote Control”) OR (“Automation” OR “SCADA” OR “supervisory”) AND (“Petroleum” OR “RIG” OR “Plataform”) AND “EMPRESA”

Em que: “EMPRESA”: Nome da Operadora

3.2.1 Resultados da Pesquisa Bibliográfica

Em seguida, obteve-se os resultados detalhados de acordo com a figura 13, onde os resultados do operador indicam o número de referências que contêm o nome da empresa no referido estudo de caso, o que não significa necessariamente que essas referências estejam relacionadas ao modelo de implementação do operador e podem ser apenas referências ou referências.

Pelos resultados, pode-se observar que as empresas que mais publicaram foram a Shell, com 691 resultados, seguida da BP com 652, Saudi Aramco com 479, Equinor com 297, seguidas pela Petrobras com 188 resultados. Este número baixo da operadora brasileira pode ser explicado pelo fato de que o seu programa de implementação das operações remotas se iniciou posteriormente às demais.

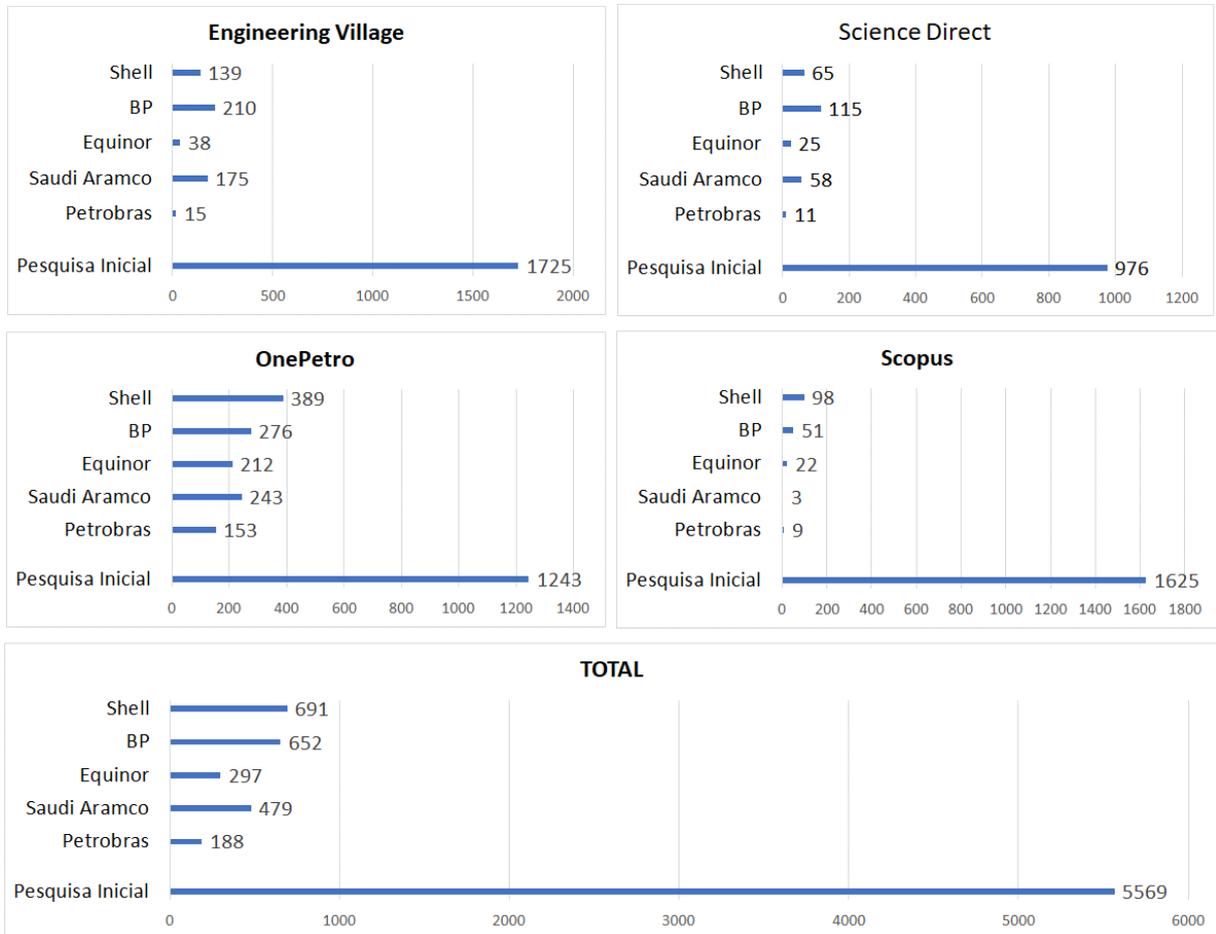


Figura 13: Pesquisa Bibliográfica por operadora

Fonte: o autor

A estratégia da pesquisa bibliográfica é representada na Figura 14. Foram obtidos 122 resultados de interesse. A seguir, foi realizada mineração de texto com cada um dos elementos do PPTO e o conjunto de referências ficou em 103.

Foi, então, conduzida uma análise criteriosa, refinando e obtendo-se um acervo de 15 artigos de periódicos revisados por pares e 51 artigos de conferência.

Para cobrir outros temas, como interdisciplinaridade, estatística e pesquisas quantitativas, originalidade etc., foram acrescentados à bibliografia: 2 referências de livros, 5 links da internet, 2 capítulos de livros, 2 artigos de revista, 4 artigos de conferência e 3 teses e monografias, totalizando 95 trabalhos de interesse. Este material foi estudado, sendo utilizadas as referências que constam do último capítulo desta tese.

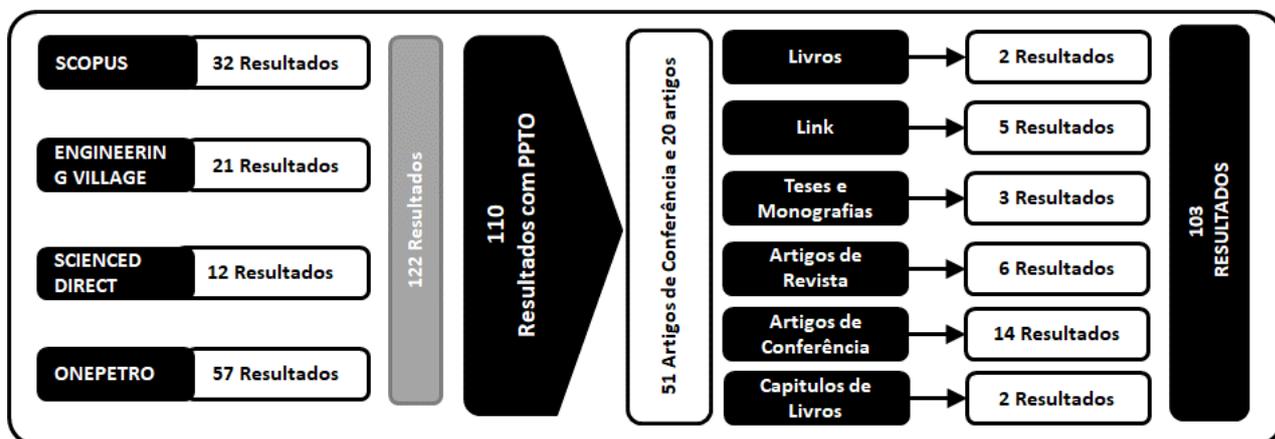


Figura 14: Pesquisa em periódicos, livros e outras

Fonte: o próprio autor

3.2.2 Discussão dos Resultados da Pesquisa bibliográfica

Usando a nuvem de palavras gerada para mineração de texto, foi realizada uma análise mais aprofundada dos abstracts disponíveis. Para cada operador analisado neste artigo, usou-se o algoritmo Python (Apendice D) para identificar a ocorrência da palavra. Posteriormente, foi realizado um pré-processamento para separar o texto por palavras, removendo sinais de pontuação, números, espaços, preposições, artigos e conjunções.

Em seguida, um contador de frequência de palavras foi gerado, associando cada ocorrência ao valor observado de frequência das palavras. Por fim, utilizou-se os recursos disponíveis na biblioteca Python para desenhar imagens de nuvens de palavras considerando as várias frequências.

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

3.2.2.1 Nuvem de Palavras dos abstracts da Shell

Em relação aos abstracts que referenciam a Shell como operadora, as palavras que apareceram com maior frequência estão relacionadas na Figura 15a são: "Operação", "Automação", "Remoto", "SCADA" e "Dados", que descrevem o valor dos sistemas de automação e controle nesse cenário operacional. Na Figura 15b, as palavras mais predominantes são "virtualização", "tecnologia", "escalável" e "colaboração", confirmando que o significado das operações remotas está relacionado como uma nova forma de trabalho.

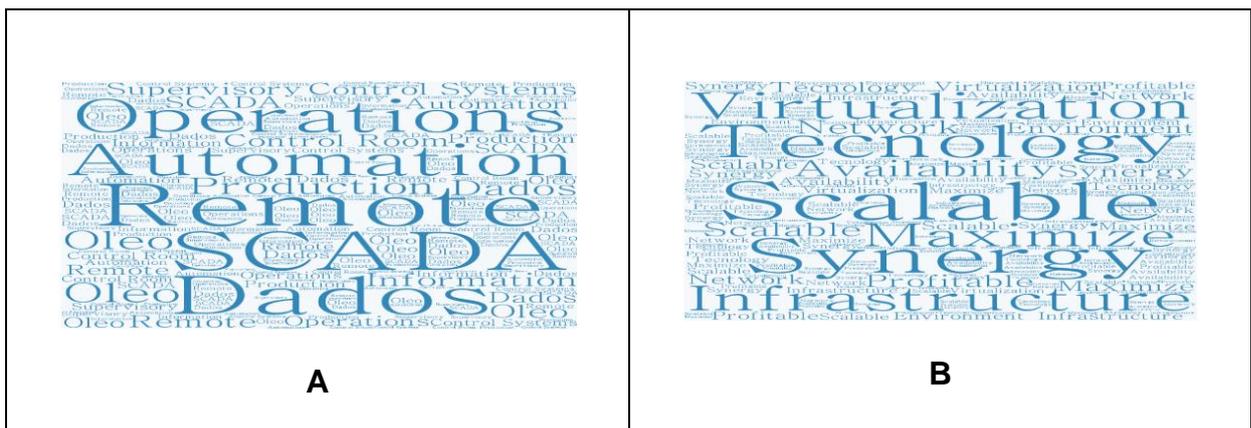


Figura 15: nuvem de palavras da Shell (a) de todos os abstracts disponíveis e (b) dos abstracts que possuem PPTO

Fonte: o próprio autor

3.2.2.2 Nuvem de Palavras dos abstracts da Saudi Aramco

Ao analisar o agrupamento das palavras mais usadas nos abstracts encontrados para Saudi Aramco, é possível identificar através da Figura 16a, quais são as palavras de maior frequência, sendo: "otimização", "organização", petróleo "e" poço ", indicando que a importância para o operador é dada por questões de organização e processo de trabalho na área de perfuração de poços. Na Figura 16b, as palavras mais relevantes dos Abstracts com o PPTO, são: "tecnologia", "eficiência" e "colaboração", que representa a maior importância a questões relacionadas a gestão de mudanças, para o local de trabalho.

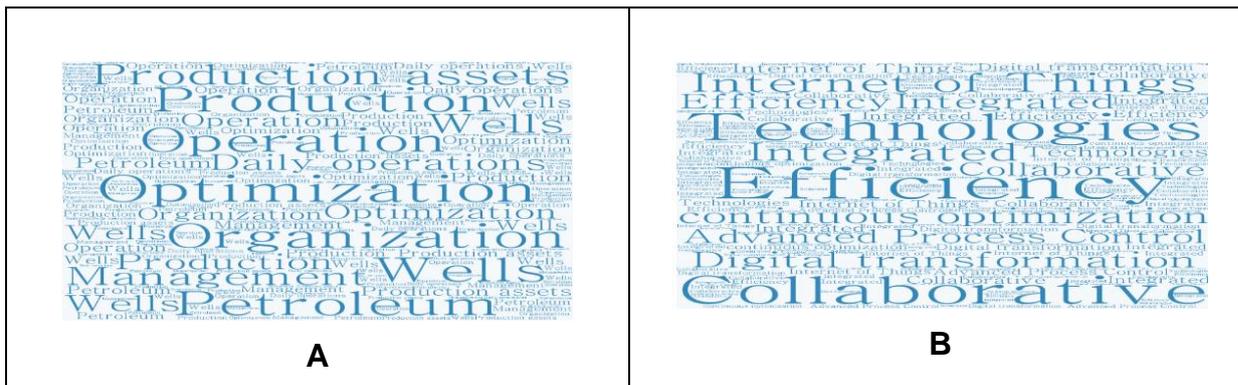


Figura 16: nuvem de palavras da Saudi Aramco (a) de todos os abstracts disponíveis e (b) dos abstracts que possuem PPTO

Fonte: o próprio autor

3.2.2.3 Nuvem de Palavras dos abstracts da Petrobras

A Figura 17a mostra a nuvem de palavras dos abstracts disponíveis para a Petrobras. A ênfase está na área do "pré-sal", que descreve o foco da operadora na produção nos últimos anos e os desafios da operação remota devido ao inerente "atraso" dos sistemas de comunicação existentes. Por outro lado, na Fig. 17b, as palavras "rede", "processo", "tecnologia" e "otimização" são os pontos principais. Isso mostra que a Petrobras está preocupada com os aspectos dos processos internos e tecnologia aplicada a este cenário operacional.

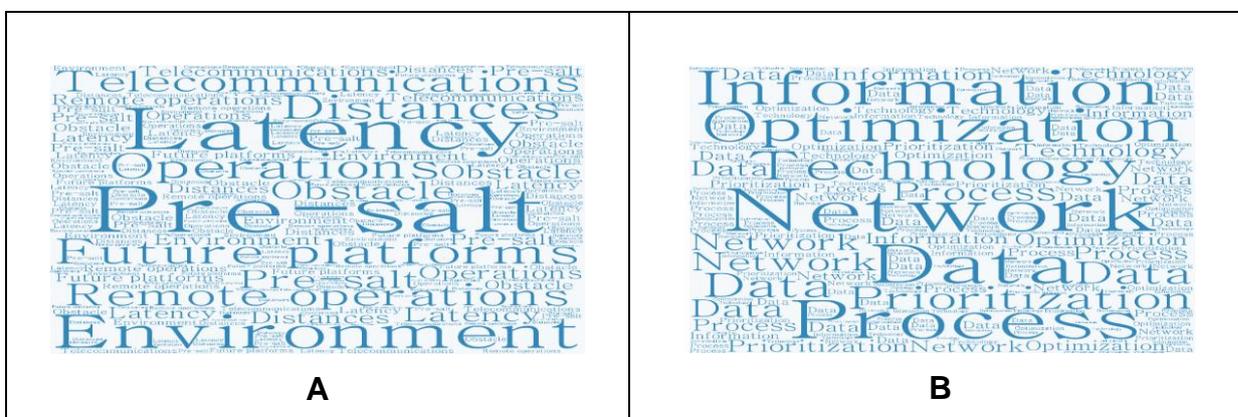


Figura 17: nuvem de palavras Petrobras (a) de todos os abstracts disponíveis e (b) dos abstracts que possuem PPTO

Fonte: o próprio autor

3.2.2.4 Nuvem de Palavras dos abstracts da BP

A Figura 18a mostra as nuvens de palavras de todos os abstracts disponíveis relacionados ao British Petroleum. As palavras mais usadas são "previsão", "eficiência" e "tempo real", "produção". Isso mostra que a visão da BP é usar dados do poço para produzir petróleo previsível e eficiente. A Figura 18b mostra a nuvem de palavras do resumo do BP, que contém palavras que citam o elemento PPTO. Os termos mais usados são "produtividade", "otimização", "desafio"; comprovando a importância dada para a implementação de novas tecnologias relacionados a operações remotas.



Figura 18: nuvem de palavras BP (a) de todos os abstracts disponíveis e (b) dos abstracts que possuem PPTO

Fonte: o próprio autor

3.3 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Segundo Flick (2009), diferentemente da pesquisa quantitativa, os métodos qualitativos tratam a comunicação dos pesquisadores nesse campo como uma parte clara da geração de conhecimento, em vez de simplesmente tratá-la como uma variável que interfere no processo. Embora nos métodos quantitativo e qualitativo, as características deste estudo sejam as de se esforçar para descobrir novas informações ou novos relacionamentos e verificar e ampliar o conhecimento existente, o caminho desse estudo pode ter perfis diferentes (GODOY, 1995). Portanto, de acordo com GÜNTHER (2006), os pesquisadores não devem escolher entre um método ou outro, mas devem usar vários métodos, métodos qualitativos e quantitativos que atendam ao seu problema de pesquisa.

Segundo Godoy (1995), na pesquisa quantitativa, os pesquisadores trabalham de acordo com o plano a priori, que especificou claramente suposições e variáveis definidas operacionalmente. Envolve medição objetiva e quantificação de resultados. A pesquisa qualitativa não enumera nem mede os eventos pesquisados de outras maneiras, nem utiliza ferramentas estatísticas na análise de dados. Esta não é apenas uma decisão de pesquisa qualitativa ou quantitativa. Esta questão tem significado prático, experiência e técnica.

Dado o material, o tempo e os recursos pessoais que podem ser usados para resolver problemas científicos específicos, a tarefa dos pesquisadores é encontrar e usar métodos metodológicos teóricos que permitam resultados mais úteis no menor tempo possível: entenda isso Fenômenos e promover o bem-estar social (GÜNTHER, 2006). Este estudo utilizou métodos e experimentos qualitativos e quantitativos, para comprovação dos resultados.

3.3.1 Pesquisa Quantitativa

A metodologia a ser utilizada na avaliação das operações remotas foi baseada em pesquisa bibliográfica, aplicando duas abordagens complementares: o experimento através da medição do cenário de testes e a pesquisa on-line aplicada aos operadores das salas de controle locais da plataforma de petróleo sobre a interação entre as funções: pessoas-processos-tecnologia-organização nesta operadora. O experimento realizado é a base para as respostas da pesquisa quantitativa, neste ambiente foram realizados comandos para geração de tráfego na rede e as medições durante todo o período de testes. De acordo com Sylthe e Brewer (2018), atualmente, a maioria das iniciativas digitais em petróleo e gás é incremental e não disruptiva. As empresas estão dando um passo à frente para melhorar a capacidade técnica e operacional, para obter os benefícios, como maior economia de custos e melhorias significativas em colaboração, produtividade, manutenção e receita. 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 nas afirmações da pesquisa bibliográfica apresentada por Lima *et al.* (2015), foi o critério utilizado para a concepção das perguntas do instrumento de pesquisa.

A pesquisa utilizou uma Escala Likert (Norman, 2010), variando de 1 a 5: discordo totalmente, discordo em grande parte, indiferente, concordo em grande parte e concordo totalmente. O questionário é baseado em grupos de 5 questões. O primeiro grupo de 3 questões, apresentado no quadro 9, está relacionado à classificação dos operadores que participaram dos testes.

Classificação	A1	O operador possui experiência em sistemas de controle de uma plataforma de produção? BRANNIGAN, J.; VEENINGEN, D. (Human factor principles in remote operation centers). 2008.
	A2	O cargo do operador possui atribuições diretas com o sistema SCADA da plataforma de produção? BRANNIGAN, J.; VEENINGEN, D. (Human factor principles in remote operation centers). 2008.
	A3	O operador utiliza regularmente o sistema SCADA da sala de controle Local (off-shore)? CREMONEZI, R. et al.(Implantação da sala de controle remoto (SCR)). 2014.

Quadro 9: Classificação dos operadores

A seguir são apresentados os grupos das dimensões Processos, Organização, Pessoas e Tecnologia conforme quadro 10.

Processos	B1	O modelo de operações remotas para as unidades de produção aumenta a segurança operacional? BOOM, L.; FOOK, L. (Journey towards remote operation in Sabah offshore operations) . 2003.
	B2	A sala de controle remoto próxima aos demais ambientes operacionais de diferentes unidades aumentam a sinergia e consequente aumento de produtividade? BOOM, L.; FOOK, L. (Journey towards remote operation in Sabah offshore operations) . 2003.
	B3	A sala de controle remoto dispõe de todos os recursos de comunicação necessários para operação remota? LEVETT, B. (Remotely operated platforms: Fact, Fiction or Future). 2006.
	B4	A sala de controle remoto dispõe de todas as interfaces do sistema SCADA necessários para operação remota? LEVETT, B. (Remotely operated platforms: Fact, Fiction or Future). 2006.
	B5	O modelo de contingência proposto nos casos de perda total de comunicação com a plataforma não causará impactos operacionais? ELLENDER, D. (Digital Architecture Technology Brings Full-Scale Automations To Remote Oil, Gas Fields). 2005.
Organização	C1	O compartilhamento do ambiente com operadores de outras unidades de produção aumentará a eficiência operacional? BOOM, L.; FOOK, L. (Journey towards remote operation in Sabah offshore operations) . 2003.
	C2	O compartilhamento do ambiente aumentará a densidade ocupacional, mesmo assim não causará perda de rendimento ou desvio de atenção dos operadores? BOOM, L.; FOOK, L. (Journey towards remote operation in Sabah offshore operations) . 2003.
	C3	O recebimento de alarmes ou eventos de mudança de status sonoro é realmente importante para a operação? LEVETT, B. (Remotely operated platforms: Fact, Fiction or Future). 2006.
	C4	O recebimento de alarmes ou eventos de mudança de status sonoro em um mesmo ambiente com outros sistemas SCADA não levará o operador ao erro na interpretação? LEVETT, B. (Remotely operated platforms: Fact, Fiction or Future). 2006.
	C5	O uso de Headsets para comunicação com os rádios UHF e VHF a bordo, não impactarão no modelo tradicional de operação com rádio em viva voz? LEVETT, B. (Remotely operated platforms: Fact, Fiction or Future). 2006.

Pessoas	D1	As telas do sistema SCADA e as demais aplicações disponíveis na sala de controle remoto, são idênticas as da sala de controle local (<i>off-shore</i>)? CREMONEZI, R. et al.(Implantação da sala de controle remoto (SCR)). 2014.
	D2	A sequência do comando realizado em terra é a mesma utilizada nos sistemas SCADA na sala de controle local (<i>off-shore</i>)? LEVETT, B. (Remotely operated platforms: Fact, Fiction or Future). 2006.
	D3	Durante a navegação nas telas da aplicação IFIX do Sistema SCADA, a lentidão percebida foi considerada dentro de um nível aceitável? FONSECA, B. et al. (Análise de desempenho de protocolos em redes ethernet para aplicações em tempo real). 2011.
	D4	Durante a execução do comando no sistema SCADA, a lentidão percebida foi considerada dentro de um nível aceitável? CABRAL, J. et al. (Multimedia Systems for Telemedicine and Their Communications Requirements). 2006.
	D5	Durante o recebimento do evento / alarme de mudança de status / confirmação da execução do comando, a lentidão percebida foi considerada dentro de um nível aceitável? CHOI, Y. et al. (Telemedicine in the USA: Standardization through Information Management and Technical Applications). 2006.
Tecnologia	E1	Comportamento durante a abertura das telas do sistema Scada para o teste foi realizado normalmente? GILSINN, J. (Ethernet/IP Racetrack: Performance Metrics & Testing for your Industrial Network Interface). 2003.
	E2	Comportamento na execução do comando no sistema SCADA para o teste foi realizado normalmente? BREU, L, (Traffic Analysis of Servers). 2007.
	E3	Ocorreu o evento / alarme de mudança de status / confirmação da execução do comando para o teste foi realizado normalmente? LAPOINT E, D., WINSLOW, J (Analyzing and Simulationg Network Taffic.) 2001.
	E4	O comando / manobra realizada foi realizada fisicamente na plataforma de produção para o teste foi realizado normalmente? FALK, R.; FRIES, S. (Profiling the Protection of Sensitive Enterprise Multimedia Communication). 2009.
	E5	Durante a execução do teste não ocorreram variações de comportamento da velocidade de execução dos comandos? ABRÃO, C. I. (Desempenho em ambientes de web considerando diferenciação de serviços (QoS) em caches, rede e servidor: modelagem e simulação). 2008.

Quadro 10:: A ferramenta da pesquisa
Fonte: o próprio autor

3.3.2 Características da população e critérios de seleção

De acordo com Vergara (2011), a população deve ser entendida como o conjunto de elementos que possuem características que serão objeto de estudo. Para fins deste trabalho acadêmico, a definição dos participantes da pesquisa será realizada com base na seleção de dois grupos:

- Grupo 1: Operadores de produção, que atuam diretamente na sala de controle local da plataforma de produção designada para o experimento;
- Grupo 2: Operadores de produção que atuam em outras seis unidades de produção que operam na unidade de exploração e produção da bacia de Santos.

De acordo com Coelho e Paralelli (2010), os operadores de produção são responsáveis pela operação na planta de processo na sala de controle. Eles monitoram e mantêm os gráficos dos parâmetros (pressão, nível, temperatura e vazão) dentro dos requisitos da operação, avaliando o histórico e autorizando a intervenção do equipamento da planta de produção, para os responsáveis pela manutenção trabalharem com segurança, devidamente isolado e identificado. É hábil em realizar o startup da planta, verificando se o alinhamento, os testes, parâmetros de nível, pressão e temperatura estão de acordo com os padrões da companhia.

Cada unidade de produção possui 4 postos de trabalho simultâneos, com turno de 12 horas, totalizando 10 operadores, incluindo a equipe que realiza a cobertura de folgas de embarque. Para um total de 6 unidades de produção, a equipe de operadores chega ao número de 60 profissionais.

Para estes mesmos operadores que participarão do experimento de teste, foi aplicada a pesquisa *on-line*. Uma análise comparativa das respostas de ambas as abordagens foi realizada, no sentido de aprimorar o entendimento dos instrumentos de pesquisa (questionários).

3.3.3 Experimento de testes

No ambiente em terra foi monitorado o computador com a interface SCADA. Já do lado da plataforma, o mesmo cenário de equipamentos de rede conectados ao servidor SCADA, interligados pelo sistema satélite V-SAT privado da empresa. Para completar o setup de teste, os equipamentos de análise dados estavam alocados nos dois extremos da rede para a coleta dos dados em tempo real das variações de latência.

Para a execução dos testes foram geradas, a partir de comandos enviados pelo sistema SCADA do ambiente remoto em terra até o sistema SCADA da plataforma que controla a planta de produção, três situações reais de operação: chavear a bomba de injeção de MEG do sistema submarino; fechar a válvula de bloqueio Shutdown Valve (SDV) e verificar o nível do vazão da planta de MEG e reconhecer o evento gerado pelo sistema de detecção de gás inerte.

Com este tráfego constante na rede, foi possível medir a variação da latência entre a ida e volta das mensagens com dois pontos de medição, um em cada ponto sincronizado. Após esta primeira etapa, foi instalado e configurado um acelerador de aplicações e inserida a política de QoS para o tráfego do sistema SCADA, realizando novas medições com os mesmos comandos utilizados em três cenários de transmissão, de forma a obter variações dos cenários de latência da rede que, conseqüentemente, influenciarão a avaliação dos operadores.

Para ambos os cenários, foi considerado o protocolo RDP. A Figura 19 apresenta um resumo dos cenários de transmissão satélite e os comandos utilizados para geração do tráfego.

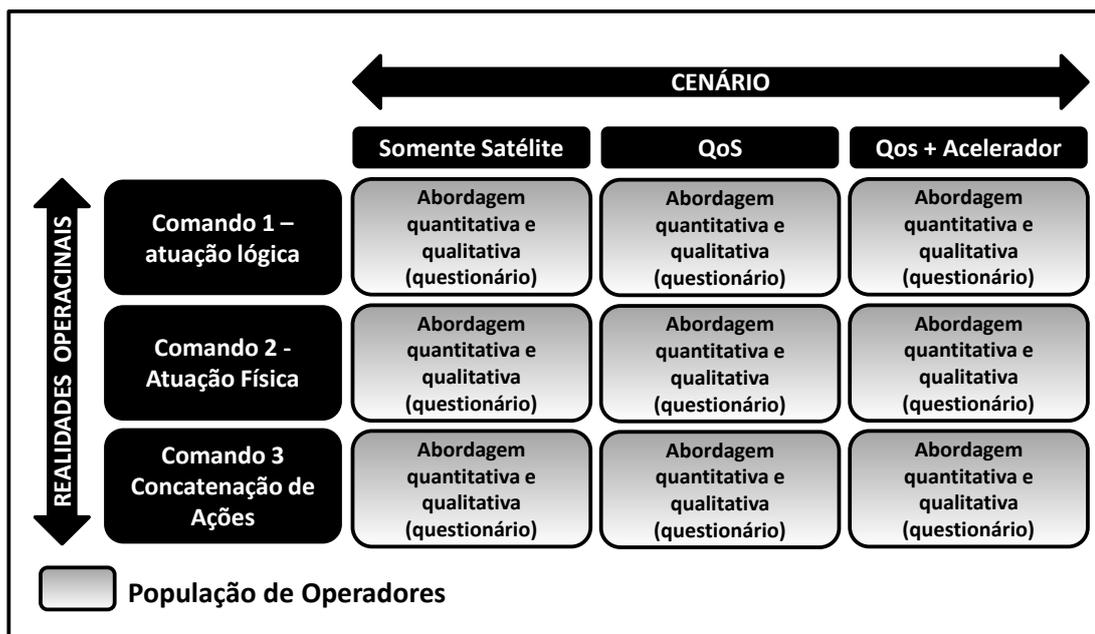


Figura 19: Experimento de testes

Fonte: o próprio autor

Durante o experimento, foi realizado o registro das medições dos intervalos de latência obtidos durante a realização de cada comando. Os comandos, gerados durante o experimento nos diferentes cenários de infraestrutura de rede de comunicação, proporcionarão aos operadores uma avaliação, através das perguntas específicas do *survey*.

3.3.4 Coleta e Análise de Dados

Para a pesquisa, será utilizada a solução interna da empresa pesquisada desenvolvida na plataforma Lotus Notes projetada pela Lotus Software do IBM Software Group. A solução é chamada SPS-Satisfaction Survey System (e Lotes Notes) e é um sistema cliente-servidor integrado à solução de email da empresa.

O sistema SPS tem por objetivo gerenciar qualquer tipo de pesquisa, desde a sua criação até o envio para os participantes. O sistema de pesquisa é composto basicamente de três formulários: formulário de Pesquisa, Formulário de Perguntas e Formulário enviado aos participantes. Desta forma, a pesquisa *on-line* fundamentou-se no questionário, em uma pesquisa automática, aplicada aos operadores de produção das plataformas da bacia de Santos.

3.3.5 Questionários utilizados na coleta de dados

Foi utilizada escala Tipo Likert, com variação de 1 a 5. Os itens foram agrupados em Grupos, conforme quadro 11. A descrição das perguntas e dos grupos, bem como seus objetivos específicos.

	GRUPO	DESCRIÇÃO
A	Classificação	Informação sobre o tempo de experiência do operador que está participando da pesquisa e do experimento e o grau de utilização do supervisório SCADA na plataforma <i>off-shore</i> .
B	Pessoas	Diagnosticar a operacionalidade através da percepção qualitativa do operador utilizando a infraestrutura de testes apresentada no experimento.
C	Processos	Diagnosticar o grau de aceitação deste novo processo de trabalho a partir dos resultados obtidos da pesquisa e experimento.
D	Organização	Identificar as influências do ambiente colaborativo em terra compartilhado com outros operadores de outras unidades de produção.
E	Tecnologia	Diagnosticar a operacionalidade quantitativa da operação remota realizada no cenário de infraestrutura considerado no experimento

Quadro 11: Grupos dos questionários

Fonte: o próprio autor

O grupo A é o de classificação dos operadores com três perguntas e os grupos A, B, C, e D, possuem cinco perguntas cada um, totalizando um total de vinte e três perguntas ao total.

3.3.6 Hipóteses testadas

Conforme visto na Seção 3.3.2, a empresa estudada possui sete unidades de produção, cuja função dos operadores é de operar a planta de processo de cada unidade em sua sala de controle. Estes operadores possuem formação provenientes de diferentes áreas de atuação, como engenharia de petróleo, engenharia química, engenharia de processos, que passaram a compor com o desenvolvimento de suas carreiras sua experiência para operação das unidades de produção.

Nessa diversidade de conhecimento, a percepção sobre o desempenho do sistema supervisorio remotamente controlado segue na mesma direção, parte dos operadores consideram satisfatório e viável e outros possuem opiniões opostas mesmos em condições idênticas de avaliação. Mesmo com melhorias implementadas na infraestrutura de comunicação afim de minimizar o impacto da latência inerente ao meio, não havia um consenso em relação as opiniões dos operadores.

Estas opiniões sem critérios metodológicos, trazem a alta gestão da empresa estuda uma falta de domínio sobre o cenário operacional, principalmente no que se refere a viabilidade do modelo com sistema satélite de alta latência.

A escolha do modelo PPTO deve-se ao fato da abrangência dos aspectos a serem considerados na pesquisa, não somente a percepção humana (Pessoas) e a tecnologia medida e efetiva pelo comando realizado pelo operador, mas também aspectos organizacionais e processos que possam estar influenciando a opinião dos operadores, até mesmo a ponto de inviabilizar este modelo de operação.

De modo a compreender o que de fato está influenciando na percepção dos operadores, foram realizados os testes de hipóteses conforme quadro 12, com os dados adquiridos na pesquisa quantitativa aplicada aos operadores desta unidade de produção.

HIPÓTESE	DESCRIÇÃO
H0	As avaliações dos operadores nos diferentes cenários de latência apresentam distribuição de probabilidade iguais.
H3	As avaliações dos operadores nos diferentes cenários de latência apresentam distribuição de probabilidade diferentes

Quadro 12: Hipóteses a serem testadas na pesquisa

Fonte: o próprio autor

H0: a média do resultado da pesquisa nos três cenários de infraestrutura de comunicação são iguais para os grupos avaliados.

(μ = cenários de latência)

H3: as médias dos resultados da pesquisa em cada um dos três cenários de infraestrutura de comunicação são diferentes para os grupos avaliados.

($\mu \neq$ cenários de latência)

Cálculos:

$$H_{\text{Teste}} = \frac{12}{n(n+1)} \sum \frac{R_i^2}{n_i} - 3(n+1)$$

$$H_{\text{Critico}} = H_{.05, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3} \text{ para } K=3$$

$$H_{\text{Teste}} < H_{\text{Critico}} \quad \text{quando } H_0 \text{ não é rejeitado}$$

$$H_{\text{Teste}} > H_{\text{Critico}} \quad \text{quando } H_0 \text{ é rejeitado}$$

A hipótese H0, visa identificar se há variação da latência durante a operação do sistema, ou seja, com as simulações de infraestrutura realizadas artificialmente, identificar se o operador consegue perceber esta mudança. Ao contrário da primeira, a hipótese H3 não apenas confirma que o operador percebe a qualidade na variação da latência, mas também melhor avalia o cenário de infraestrutura com maior otimização, ou seja, menor latência.

4 DESCRIÇÃO DO AMBIENTE PARA EXPERIMENTOS

4.1 Cenário do experimento e testes

A plataforma de produção, designada como P-1, é responsável pela produção de gás e está instalada a cerca de 160 km da costa, em lâmina d'água⁸ de 172 m. A plataforma escoa sua produção por um duto até a unidade de tratamento de gás e tem capacidade para produzir 15 milhões de m³/dia (metros cúbicos diários) de gás natural. Esta unidade é estruturante para o desenvolvimento da Bacia da Santos. Recebe também a produção de gás de outros campos, exercendo um papel importante na produção de óleo e gás do Pré-sal brasileiro, conforme Figura 20.

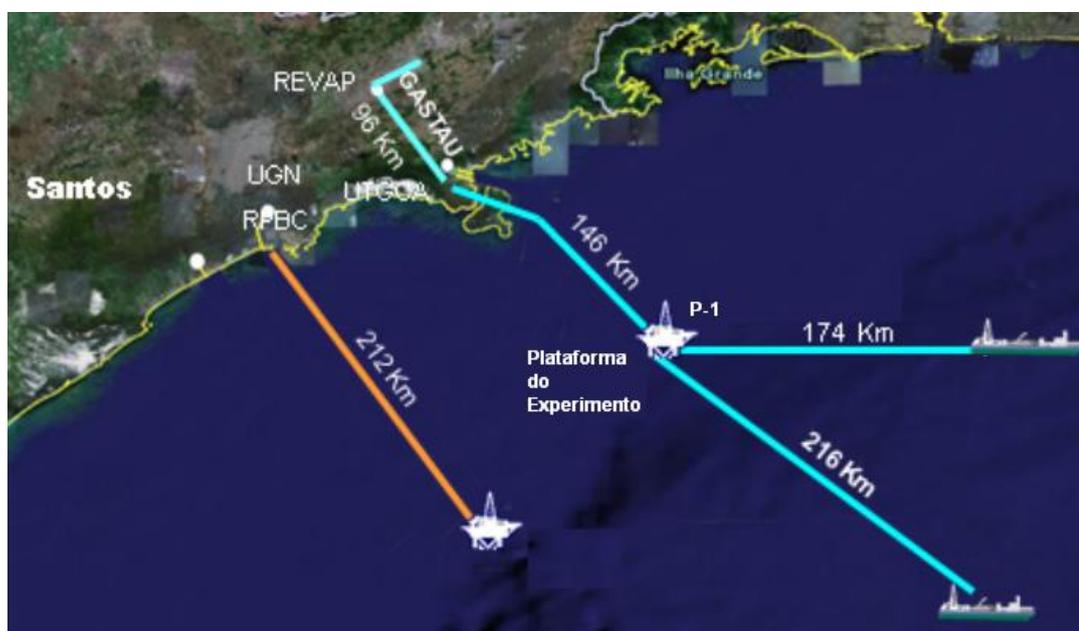


Figura 20: Diagrama de interligação do gasoduto Pré-sal e Pós-sal
Fonte: Elaborado pelo autor

O experimento aplicado a operação remota foi realizado na unidade P-1, em função da necessidade operacional de redução de vagas a bordo e à importância do modelo a ser replicado nas novas unidades de produção para atendimento à área do Pré-sal da Bacia de Santos.

⁸ Lâmina-d'água - Significa a profundidade do mar em um determinado local. Corresponde à distância existente entre a superfície e o fundo do mar.

4.2 Sala de controle de remoto de uma plataforma de produção

As SCRs, Salas de Controle Remoto, devem espelhar exatamente uma sala de controle local de bordo de uma plataforma, com pleno acesso aos sistemas de automação, corporativos e comunicação das UEPs (Unidade Estacionária de Produção). Ou seja, na SCR o operador terá os mesmos recursos disponíveis que existam na sala de controle a bordo.

O cenário de testes deste trabalho irá tratar da Sala de Controle Remoto da Plataforma P-1, plataforma esta localizada na Bacia de Santos, a 146km da costa. A operação da plataforma P-1 é, atualmente, dividida em dois grandes grupos em sua sala de controle: Facilidades e Produção.

Facilidades (ou utilidades) representam as áreas de suporte à produção, tais como geração de energia, captação de água, geração de ar comprimido, entre outras. Os trabalhos neste grupo são divididos em 4 operadores que trabalham em turno de 12 horas e são chamados de F1, F2, F3 e F4. Segue abaixo a distribuição das principais atividades entre os operadores:

- Operador F1: controle, operação e supervisão do sistema SCADA.
- Operador F2: aquecimento de água, detecção de fogo e gás, sistema de geração principal, distribuição normal, iluminação normal, aterramento, energia para telecomunicações; corrente contínua, proteção passiva; auxílio à navegação e painéis e transformadores do MEG e TEG⁹.
- Operador F3: recebimento, tratamento e distribuição de água; dessalinizadora; climatização; ar condicionado; detecção de fogo e gás; limpeza industrial; distribuição essencial; iluminação essencial e de emergência e geração auxiliar e de emergência;
- Operador F4: captação e filtração de água do mar; dessalinizadora; água de resfriamento da área classificada e não classificada; movimentação de diesel; compressão e distribuição de ar de serviço.

⁹ TEG trietilenoglicol é um produto químico derivado do monoetileno glicol (MEG), é utilizado para desidratante de gás. (PETROBRAS, 2014).

O supervisor chamado SUEIN (Supervisor de Elétrica e Instrumentação) ou SUMEC (Supervisor de Mecânica) são responsáveis pelos operadores de facilidades, de acordo com sua área de atuação (F1, F2 e F3 supervisionado pelo SUEIN e F4 pelo SUMEC). O supervisor é responsável por acompanhar as atividades dos operadores e é administrado por um Coordenador que, neste caso, é o COMAN (Coordenador de Manutenção).

O grupo de produção representa as áreas ligadas diretamente à produção, tais como o sistema submarino, separadores, exportação e importação de gás, entre outras. Os trabalhos neste grupo são divididos em 4 operadores trabalhando em turno 12 horas P1, P2, P3 e P4. Segue abaixo a distribuição das principais atividades entre os operadores:

- Operador P1: controle, operação e supervisão do sistema SCADA, comando hidráulico para intervenção nos poços de produção;
- Operador P2: lançamento do equipamento de limpeza de dutos, comando hidráulico para intervenção nos poços de produção, separador de produção, separador de teste, exportação de gás, *hydrocyclone* e sistema de drenagem.
- Operador P3: responsável na planta de TEG, produtos químicos e gás combustível.
- Operador P4: responsável na planta de MEG e tratamento de condensado.

O SUPROD (Supervisor de Produção) é supervisor dos operadores. O supervisor é responsável por acompanhar as atividades dos operadores e é administrado pelo COPROD (Coordenador de Produção). Em operação normal, existem 2 supervisores embarcados, trabalhando em turno, e 1 coordenador, trabalhando de regime de sobreaviso. Sobre a gestão de toda plataforma está o gerente de plataforma, chamado de GPLAT. A Figura 21 apresenta a estrutura organizacional nas plataformas de produção.

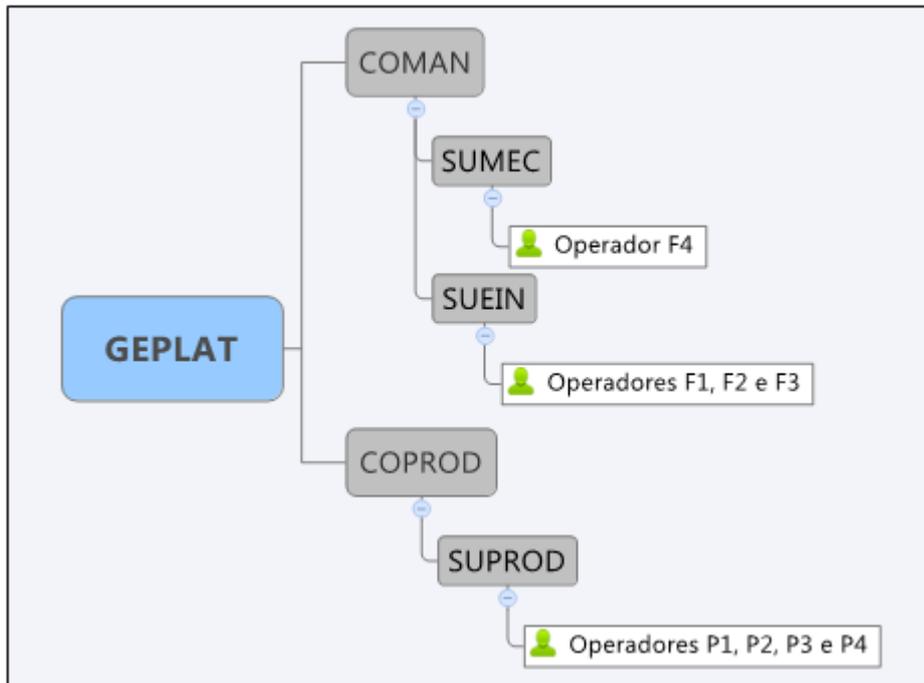


Figura 21: Organograma funcional da plataforma P-1

Fonte: Elaborado pelo autor

Para o experimento deste trabalho, a equipe de operadores de produção participou do teste logo após o desembarque do turno de trabalho, que é realizado no Aeroporto de Itanhaém de São Paulo, sendo necessária a passagem obrigatória nas edificações da sede da empresa em Santos, local este onde encontra-se instalada de forma inicial, a sala de controle remoto da plataforma, localizada no Centro Integrado de Operações em Santos.

4.3 Sistemas SCADA principal

O Proficy iFIX 4.5 é a solução SCADA adotada na plataforma P-1. Trata-se de um conjunto de *softwares* que permitem supervisionar e controlar os processos industriais da plataforma. O iFIX foi desenvolvido para o sistema operacional Windows. Esta ferramenta apresenta arquitetura distribuída, com estrutura cliente/servidor e é compatível com a tecnologia Terminal Server, permitindo realizar operações através de clientes remotos. Cada elemento, ou nó, participante na rede possui, basicamente, uma das seguintes funções: nó SCADA (SCADA *node*), que faz a interface com o *hardware* dos processos, e nó de visualização (*View node*), que recebe os dados dos servidores SCADA via rede e, através de uma interface homem máquina (IHM), as disponibilizam aos operadores. Cada estação de controle é conectada ao Terminal Server através de uma conexão de área de Trabalho Remota e cada Terminal Cliente transforma-se em um nó cliente dos SCADAs. A Figura 22 ilustra os aspectos comentados.

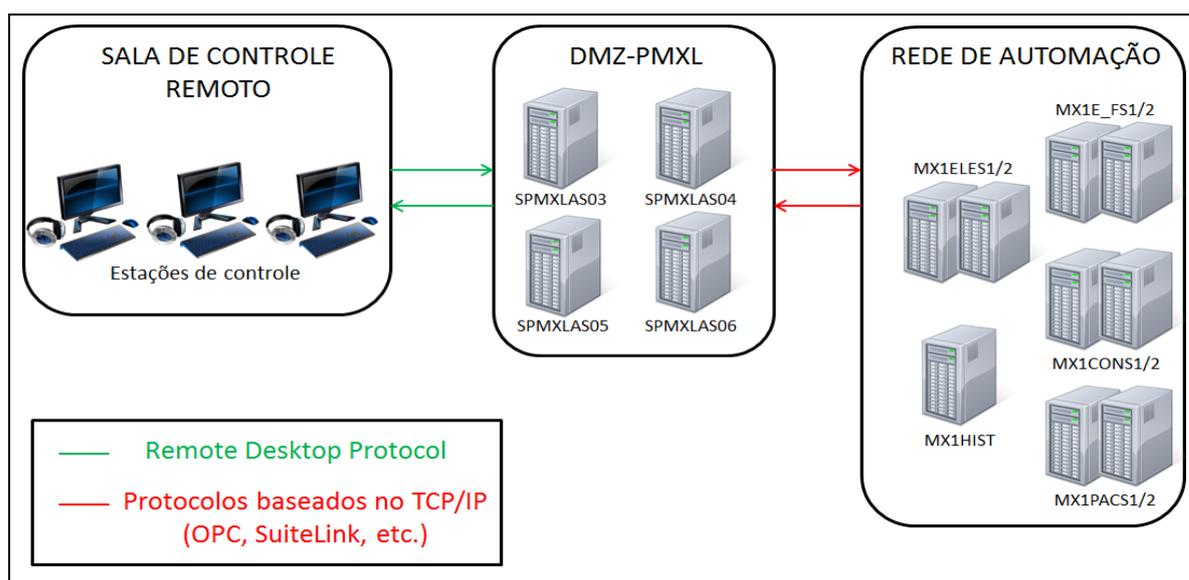


Figura 22 : Estrutura do iFIX utilizando-se *Terminal Server*

Fonte: Elaborado pelo autor

A SCR utiliza dois Terminais Servidores para acessar o Supervisório iFIX, ambos instalados na Sala de Telecomunicações da plataforma P-1: SPMXLAS04 e SPMXLAS06. Este primeiro é utilizado como principal e, em casos de problemas com este, tem-se outro servidor para assumir as operações. Ambos servidores estão

configurados de forma semelhante e preparados para receber os usuários. Contudo, não existe, até o momento, um recurso nativo do iFIX que faça o chaveamento automático entre os Terminais Servidores. Assim, em caso de falhas, o apontamento dos usuários deverá ser feito manualmente, através de outra conexão remota para o servidor SPMXLAS06.

Para manutenção da continuidade operacional, o servidor definido para o experimento é o SPMXLAS06. Quanto às licenças, atualmente, podem ser disponibilizadas até 12 sessões simultâneas do supervisor iFIX, em cada Terminal Servidor. Este controle é feito através de *Hardkey* conectado ao servidor SPMXLAS04 e SPMXLAS06. As informações de licenças podem ser obtidas através do *software License Viewer*, instalado em cada Terminal Servidor.

O iFIX é configurado através do SCU (*System Configuration Utility*). O SCU permite realizar as seguintes ações: especificação dos diretórios da aplicação, categorização dos alarmes e das mensagens, configuração geral da rede, configuração de banco de dados, cadastro de usuários e níveis de segurança e configuração das tarefas do supervisor. A Figura 23 ilustra como acessar o SCU e como é sua tela de interfaces.

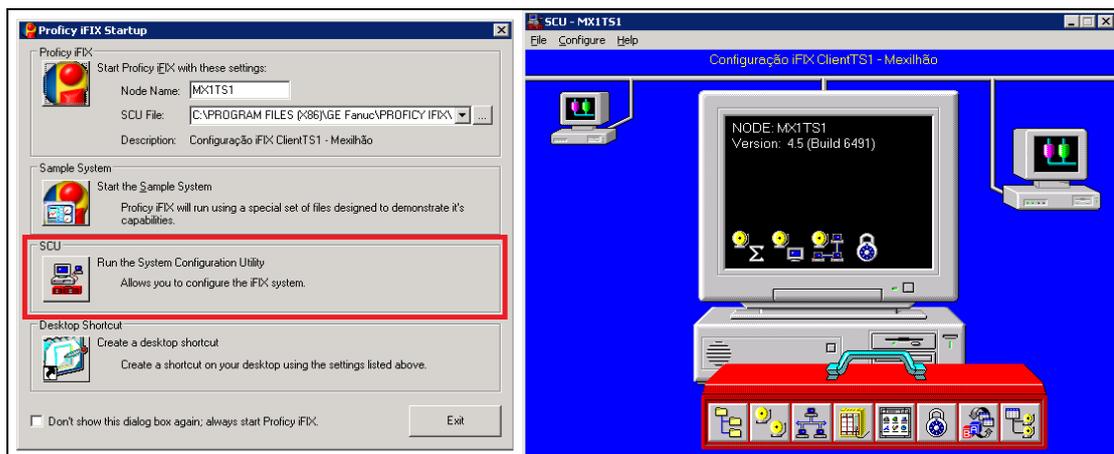


Figura 23 : Tela de interface do SCU

Fonte: Elaborado pelo autor

Para plataforma P-1, o sistema SCU está configurado da seguinte forma:

- Sistemas Elétricos: MX1ELES1 e MX1ELES2
- Sistemas de ESD, Fogo & Gás, VAC e CO₂: MX1E_FS1 e MX1E_FS2
- Sistemas Consoles: MX1CONS1 e MX1CONS2
- Sistemas Pacotes: MX1PACS1 e MX1PACS2

Todos estes nós SCADA possuem redundância (*backup*). É possível, através de uma tela do supervisor, escolher de qual desses servidores (primário ou secundário) serão coletados os dados de processo.

No SCU os nós iFIX SCADA são especificados com nomes. O mapeamento do *host name* para o seu respectivo IP é feita de forma estática, através do arquivo *hosts*, disponibilizado pelo sistema operacional Windows, no diretório C:\WINDOWS\system32\drivers\etc\hosts. O conteúdo atual deste arquivo está representado no Apêndice A.

As telas contento a visualização das plantas de processos (referidas como *pictures*) possuem extensão. *grf* e estão localizadas na pasta especificada no SCU, na seção *Path Configuration*, campo *Picture*. Para entrar no modo de edição, deve-se inicializar o sistema supervisor e fazer o *login* com um usuário que permita estas ações (por exemplo, *Name:admin/Password:admin*). Inicialmente, o sistema supervisor estará no modo “*Run*” e para entrar no modo de edição deve-se utilizar o atalho “CTRL + W”. No ambiente de edição, pode-se configurar todo o sistema, inclusive realizar as configurações de segurança, que somente é possível com o supervisor rodando.

As variáveis no iFIX são representadas na forma SERVER.NODE.TAG.FIELD. Segue abaixo a descrição de cada membro:

- SERVER: Nome do servidor de dados OPC. O nome padrão das TAGs do iFIX é Fix32.
- NODE: Identificador do nó iFIX SCADA, onde fica a base de dados.
- TAG: Nome do TAG na base de dados.
- FIELD: Campo específico do bloco do TAG (valor atual, por exemplo).

O quadro 9 apresenta a relação de usuários cadastrados para logar nos *Terminal Servers*. Estes mesmos usuários são utilizados para abrir uma sessão no iFIX, criando um Cliente *node* com o mesmo nome especificado. Estes usuários possuem permissões apenas para monitoramento, os usuários e as senhas para o controle remoto, por questão de segurança, estão em posse dos operadores.

Usuário	Descrição
FACSC1	Tela 1 de Facilidades
FACSC2	Tela 2 de Facilidades
FACSC3	Tela 3 de Facilidades
FACSC4	Usuário adicional de facilidades
FACBK1	Tela 1 de Facilidades (TS secundário)
FACBK2	Tela 2 de Facilidades (TS secundário)
FACBK3	Tela 3 de Facilidades (TS secundário)
FACBK4	Usuário adicional de facilidades
PROSC1	Tela 1 de Produção
PROSC2	Tela 2 de Produção
PROSC3	Tela 3 de Produção
PROSC4	Usuário adicional de produção
PROBK1	Tela 1 de Produção (TS secundário)
PROBK2	Tela 2 de Produção (TS secundário)
PROBK3	Tela 3 de Produção (TS secundário)
PROBK4	Usuário adicional de produção

Quadro 13: Usuários cadastrados no Terminal Servidor

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 24 ilustra a tela de configuração do programa de inicialização dos usuários do Terminal Servidor. Isso permite inicializar o iFIX automaticamente com o projeto ao qual o usuário está relacionado, de acordo com o usuário especificado no momento do login.

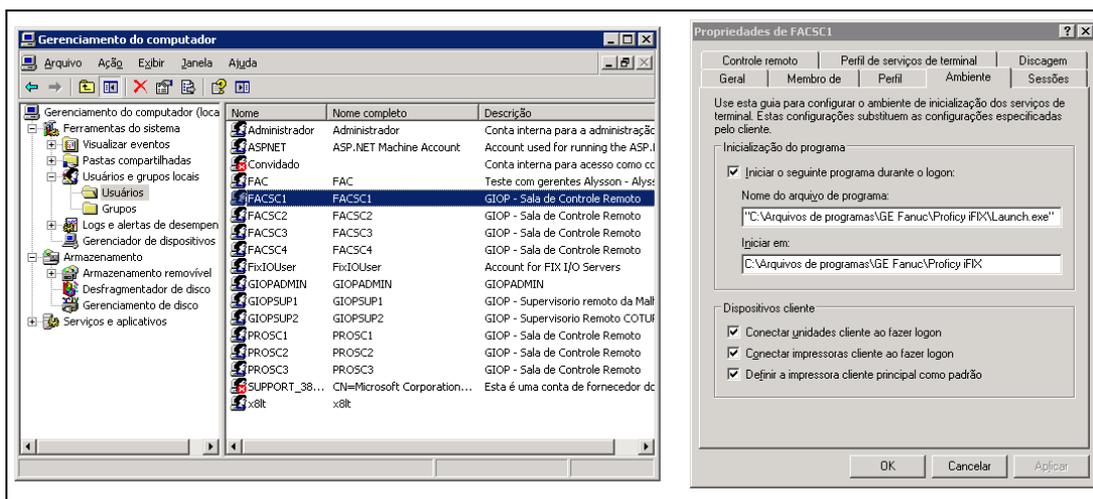


Figura 24 : Configuração do programa de inicialização dos usuários

Fonte: Elaborado pelo autor

4.4 Sistema SCADA de pacotes

Além do Sistema supervisorio Principal, baseado na plataforma iFIX, existem outros dois supervisórios em P-1, ambos desenvolvidos na plataforma *InTouch*. São eles:

- Sistema de geração principal da plataforma – Centrax
- Sistema Submarino – FMC

Ambos supervisórios são executados nos mesmos servidores: SPMXLAS03 (principal) e SPMXLAS05 (*backup*). Estes são servidores dedicados para a execução do *InTouch* e estão disponíveis 8 licenças *runtime* (apenas execução) concorrentes. Esta licença é do tipo *hardkey* e está instalada uma em cada servidor.

4.5 Complementos áudio visuais da sala de controle remoto

No ambiente em terra em Santos, há dois postos de trabalhos para a plataforma P-1: estação para o operador F1 (Facilidades) e estação para o operador P1 (Produção). Adicionalmente, implementou-se uma estação de trabalho *backup*, na mesma sala, que pode ser utilizado tanto pelo Operador F1, como pelo P1.

Como forma de redundância da rede cabeada, também foram instalados telefones WiFi, modelo OpenStage WL3, da *Siemens*, que também permitem uma maior mobilidade aos operadores em casos de necessidade de interações com os ambientes colaborativos próximos a sala de controle.

Para complementar a redundância na comunicação de voz, foi instalado um ramal analógico. Este ramal foi configurado nas centrais telefônicas para realizar chamadas abreviadas, ou seja, pode-se omitir a rota e discar apenas o ramal desejado de P-1. Esta configuração foi realizada de forma a assemelhar-se ao uso na plataforma, onde apenas o ramal é digitado. Esta funcionalidade é importante no momento de emergência, agilizando o contato.

Para eventuais situações de perda total de comunicação com a unidade, a sala de controle remoto deverá acionar a plataforma por meio do telefone satélite de tecnologia INMARSAT. O posto de trabalho de Facilidades dispõe de um computador comum Core i5 e um computador *All-in-one*. São disponibilizados seis monitores. O computador comum é dedicado para operar a IHM dos sistemas supervisórios e o computador *All-in-one* para usos gerais, como acesso ao sistema corporativo da empresa, utilização da comunicação integrada, visualização das imagens do sistema de circuito fechado de câmeras (CFTV) da plataforma de P-1, edição de documentos, entre outras finalidades. Estes dois computadores foram configurados para não entrar no modo de hibernação por inatividade, para não interferir na operação. A Figura 25 ilustra os principais elementos citados, bem como a interligação dos dispositivos.

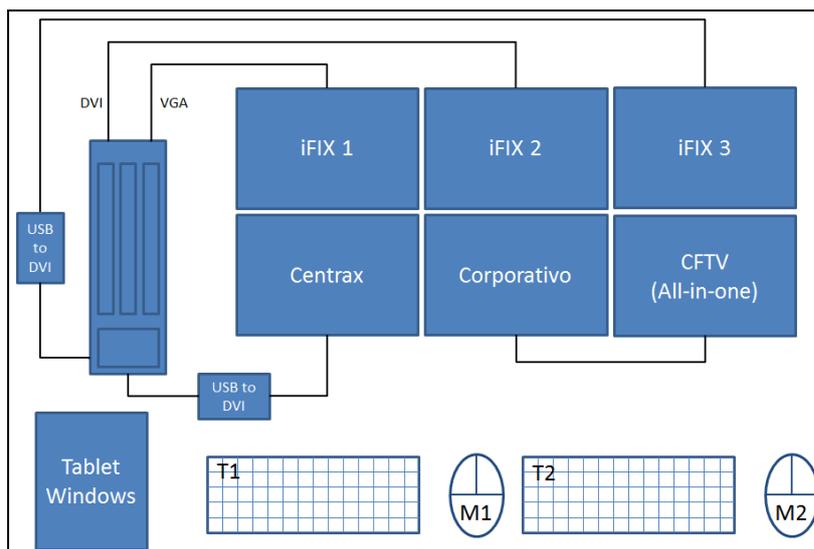


Figura 25 : Posto de facilidades da sala de controle remoto P-1

Fonte: Elaborado pelo autor

O acesso ao SCADA principal, também chamada de ECOS (Estação Central de Operação e Supervisão) principal, baseada na plataforma iFIX, é feito através do *software RDP Remote Desktop Protocol*, Conexão de Área de Trabalho Remota (versão do servidor – 5.2). Esta ferramenta é nativa do sistema operacional Windows e utiliza o protocolo RDP para realizar o acesso ao servidor remoto.

O supervisório do pacote de geração principal (turbinas de geração de energia) da plataforma P-1 foi desenvolvido pela empresa Centrax. O acesso à IHM deste sistema é feito também através de uma conexão remota a um servidor localizado na plataforma.

Este sistema supervisório foi desenvolvido baseado na plataforma InTouch e possibilita ao operador, principalmente, a visualização dos parâmetros das turbinas e o reconhecimento de alarmes. As principais operações, tais como partida e parada das turbinas, só são possíveis através da IHM local da plataforma.

Um comutador de teclado e *mouse* foram utilizados para o compartilhamento de um único *mouse* e teclado entre os dois computadores, evitando a presença de vários *mouses* e teclados sobre a mesa. Atualmente, o operador utiliza o comutador e apenas com o *mouse* (M1) e teclado (T1) pode-se operar todas as telas. Contudo, devido à preferência de cada operador, foi disponibilizado mais um *mouse* e teclado (M2 e T2), caso se prefira utilizar um *mouse* e teclado por computador.

Está em uso, também, um tablet para utilizações gerais. No tablet, está instalada uma versão Windows 8. O dispositivo está conectado à rede sem fio corporativa da empresa e está configurado para executar o *software* WAVE e outras aplicações corporativas. Existem também caixas de som em cada computador, além de um microfone para o operador poder falar no *software* WAVE.

A configuração do posto de trabalho para o operador de produção apresenta algumas pequenas diferenças como o uso de dois computadores Core I5 e sete monitores, conforme diagrama apresentado na Figura 26:

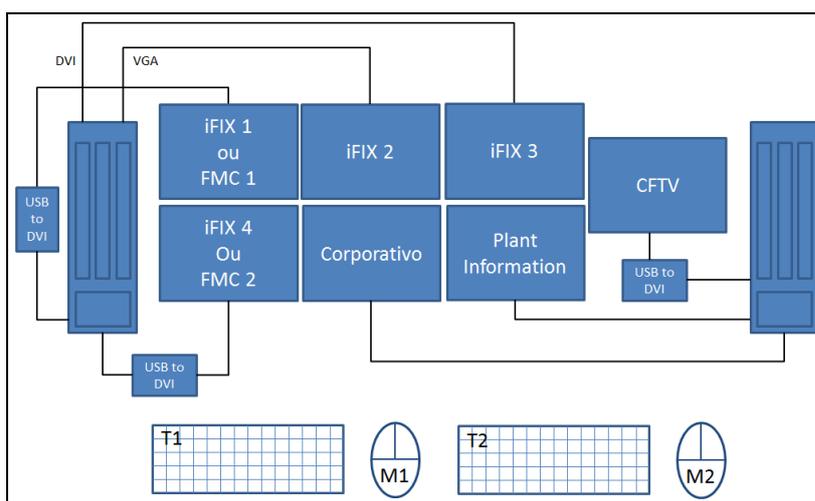


Figura 26 : Posto de produção da sala de controle remoto P-1

Fonte: Elaborado pelo autor

Um computador é dedicado para operar a IHM dos sistemas supervisórios e o outro para usos gerais, como acesso ao sistema corporativo da empresa, utilização da comunicação integrada, visualização do sistema de circuito interno de imagens (CFTV) da plataforma de Mexilhão, edição de documentos, entre outras finalidades. Estes dois computadores foram configurados também para não hibernar por inatividade.

O acesso aos sistemas SCADA é feito também utilizando RDP. O operador de produção é responsável pela supervisão e atuação no SCADA principal e no supervisório do sistema submarino, sendo este baseado na plataforma InTouch. O operador possui flexibilidade no posicionamento das telas, podendo também minimizá-las quando não estiverem utilizando-as. No computador corporativo, foi

disponibilizado um monitor para a visualização das câmeras de CFTV e outro para análise preditiva das variáveis de produção.

O sistema WAVE Desktop Communicator é um *software* que utiliza a tecnologia VoIP (Voice over IP) para transmitir dados de voz através da rede TCP/IP. Com esta ferramenta, o operador da SCR pode se comunicar com os canais de rádio da plataforma, podendo tanto ouvir, como falar no sistema de rádio UHF e VHF.

Segue a relação de canais dos rádios UHF e VHF:

- Canal 2: Segurança (SMS)
- Canal 3: Operação/Produção
- Canal 4: Facilidades/Manutenção
- Canal 5: Movimentação de cargas
- Canal 6: Canal das Contratadas
- Canal de Rádio VHF Marítimo

A partir desta aplicação, também é possível ouvir as mensagens de voz do sistema de *Intercom* (“boca de ferro”), inclusive as mensagens do microfone prioritário, sinais de alarme de emergência e de abandono. Todas as conversas são gravadas no servidor do WAVE. Além disso, o *software* disponibiliza, no computador cliente, a gravação dos últimos 20 minutos de conversa. Assim, o operador tem a possibilidade de escutar novamente as mensagens ocorridas há poucos instantes.

O microfone utilizado é o ETC VM-10, sendo possível configurar os botões deste microfone como PTT (*Push-to-Talk*) no WAVE. Para isso, é necessário configurar os botões com as *Hot Keys* desejadas. Deve-se marcar a opção “*System-wide (all applications)*”, caso contrário, os botões somente funcionarão com o *software* WAVE em primeiro plano.

É possível utilizar o WAVE também através de um ramal, ou mesmo telefone externo. Deve-se, porém, salientar que nestes casos a qualidade de áudio com o ramal dependerá também da rede telefônica. Para se comunicar, deve-se pressionar uma vez a tecla asterisco (*) para efeito de PTT acionado, após isso, um toque será emitido. Deve-se proceder a chamada pelo microfone e pressionar a tecla asterisco (*) para desativar o PTT. Após isso serão emitidos dois toques.

O aplicativo utilizado para visualização das câmeras CFTV é o *software IndigoVision Control Center*. Este é o *software* utilizado para visualizar as imagens de CFTV da plataforma P-1. Atualmente, estão disponíveis imagens de 28 câmeras. A quantidade e o posicionamento das câmeras na tela podem ser configurados. A comunicação gerada por este *software* trafega pela rede corporativa.

A visualização das imagens é restrita apenas às pessoas autorizadas. Na tela inicial, o *software* lista a chave de todos os usuários autorizados e, para logar no sistema, é necessário apenas escolher a chave em questão e o *software* verificará se o usuário logado na máquina corresponde à chave escolhida na autenticação. Nesse sentido, não é necessário digitar a senha na tela de *login* do *software*, pois ele está integrado com os usuários do domínio de rede corporativa.

A aplicação SISMO é o *software* responsável pela disponibilização das condições Meteo-Oceanográficas da plataforma P-1. Na plataforma, existe um *rack* dedicado a este sistema e que trata de toda a aquisição das informações meteo-oceanográficas. Na Sala de Controle Local da plataforma, existe uma replicação da tela do SISMO, que permite apenas a visualização das informações. Esta replicação é feita através do *software* UltraVNC. O mesmo recurso foi solicitado para a Sala de Controle Remoto em terra. Este sistema está ilustrado na Figura 27.

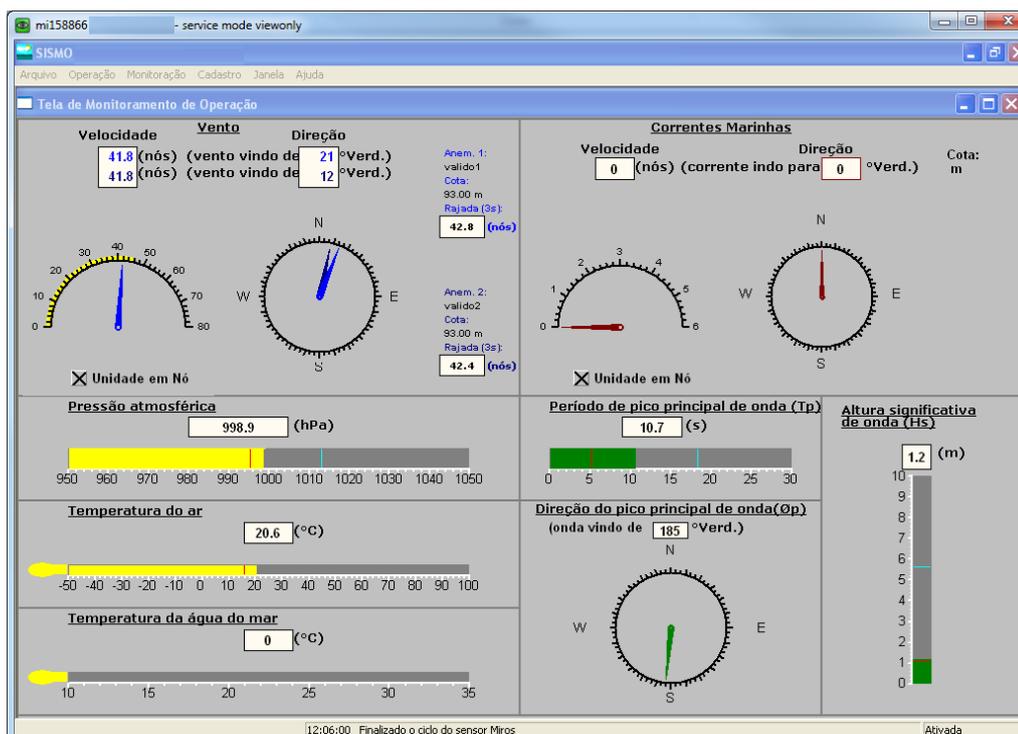


Figura 27 : Condições meteo-oceanográficas – SISMO

Fonte: Elaborado pelo autor

Uma forma de também de aumentar a sinergia das equipes de bordo com a sala de controle remoto, durante determinadas manobras operacionais, é a utilização de sistemas de vídeo conferência. Em ambas as salas de controle, está implementado o sistema de vídeo conferências.

Este *software* foi disponibilizado com o intuito de melhorar a interação entre os operadores da SCR com os supervisores e coordenadores a bordo, no momento da passagem de serviço ou mesmo em manobras operacionais. Este *software* está instalado no *All-in-one*. A Figura 28 apresenta a interface esta aplicação.



Figura 28 : Software para realização de videoconferência

Fonte: Elaborado pelo autor

A Sala de Controle Remoto da plataforma P-1 é a pioneira no modelo de operação remota utilizando sistema de transmissão via satélite, sendo esta iniciativa modelo para demais operações em mar, como no caso das Sondas de Perfuração e sistemas navais, que não possuem soluções de comunicação de baixa latência.

A Figura 29 ilustra a sala de controle remoto de P-1.



Figura 29 : Sala de controle remoto em terra da plataforma P-1

Fonte: Elaborado pelo autor

4.6 Operação utilizando transmissão satélite

Mediante a distância da costa e enquanto o projeto da malha óptica não está implantado, as únicas infraestruturas de comunicação com a unidade são os sistemas satélites. A comunicação entre o ambiente em terra com a plataforma de P-1 é realizada através dos *links* de largura de banda de 2Mbps, sendo satélite Banda C o principal e por um sistema redundante satélite Multisat, utilizando banda Ku, que no caso de indisponibilidade do *link* principal assume a comunicação.

Além dos dados das operações remotas, o *link* satélite é compartilhado com outras aplicações, como correio eletrônico, sistema ERP, aplicações dedicadas a produção, transferência de arquivos, vídeo conferência, telefonia IP, entre outros. A Figura 30 apresenta o consumo do *link* principal de 2Mbps da plataforma durante uma rotina diária de operação.

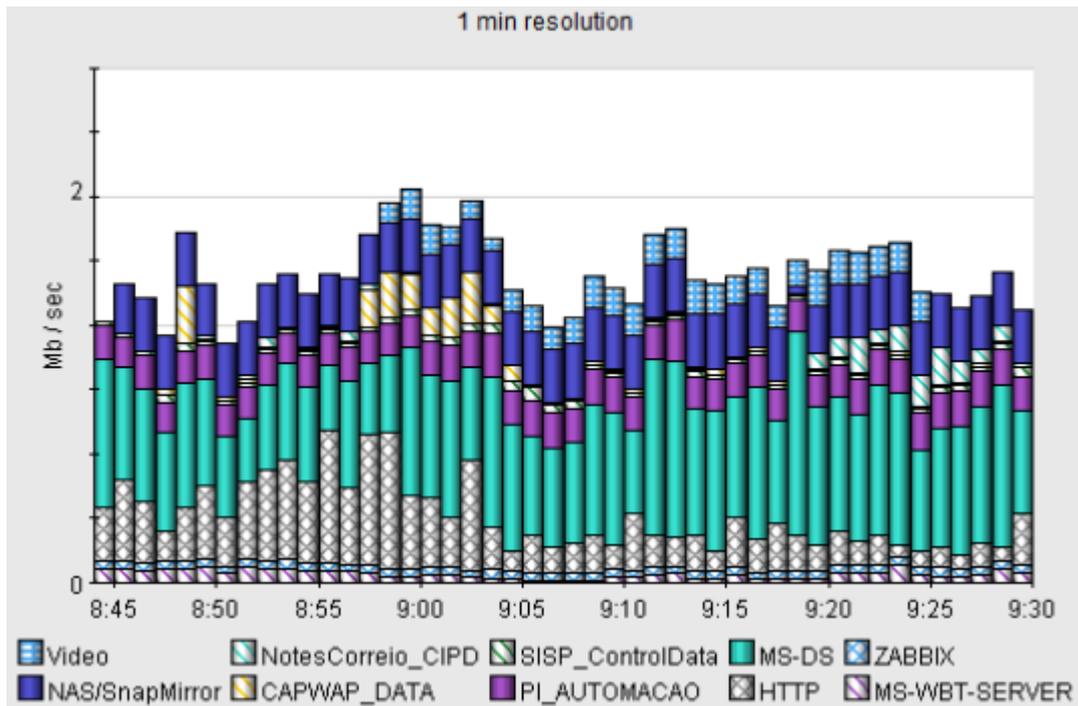


Figura 30 : Sistema Spectrum de monitoramento do consumo de banda do *link*

Fonte: Elaborado pelo autor

Para o modelo de operações remotas via satélite, em situações de ausência de comunicação, ter-se-á também uma equipe embarcada treinada para operar na situação de contingência. Em último caso, ocorrerá a atuação dos mecanismos de segurança da automação (intertravamentos). A alocação dos servidores da sala de controle remoto está distribuída na seguinte lógica de comunicação em terra:

Terminal Server Principal (SPMXLAS03 e SPMXLAS04):

1. Satélite Banda C
2. Satélite Multisat

Terminal Server Secundário (SPMXLAS05 e SPMXLAS06):

1. Satélite Banda C
2. Satélite Multisat

Para o experimento, foi utilizado o servidor SPMXLAS06 com o link satélite principal banda C. Durante a operação diária, o operador pode optar por utilizar algumas conexões com o Terminal Server Principal para operar mais rapidamente,

mas estar sujeito a maior indisponibilidade, e deixar ao menos uma conexão ativa com o Terminal Server Secundário.

Com este esquema de roteamento, dependendo da situação atual dos meios de comunicação, o operador tem a possibilidade de selecionar a opção mais adequada para melhor operar os sistemas da plataforma.

4.7 Tipos de redes (RIC, RAI e DMZ- P-1)

Toda comunicação em terra / mar é realizada na Rede Interna Corporativa - RIC, que restringe o uso de aplicações e delimita algumas importantes regras de segurança, que visam garantir a segurança operacional. Uma das regras é a utilização de uma imagem padrão do sistema operacional, na qual todas as aplicações deverão rodar. O processo de instalação de uma nova aplicação em uma máquina seja servidor, *workstation*, *desktop* ou *notebook* é chamado de homologação, que é realizado por uma equipe interna da área de informática, que tem a atribuição de avaliar as características das aplicações em relação a segurança, consumo de banda, compatibilidade e similaridades em aplicações existentes. No cenário de operações remotas, define-se Rede de Automação Interna - RAI como a rede *IP ethernet*, segregada por meio de VLAN dos demais tráfegos da rede interna corporativa, para interligação exclusiva dos equipamentos da rede industrial. Define-se DMZ-P-1 como o segmento de comunicação entre a rede interna corporativa e a rede de automação interna.

4.8 Utilização do protocolo RDP

Com o objetivo de padronizar a arquitetura, o sistema de operações remotas considera o RDP (Remote Desktop Protocol) como a aplicação padrão para as operações remotas em mar, podendo ser aplicada nas demais disciplinas da indústria de óleo e gás como sondas de perfuração, posicionamento dinâmico, controle remoto de tensões de amarras e tanques de lastro, dentre outras necessidades operacionais, que possam surgir decorrentes da crescente onda de atividades realizadas em ambientes colaborativos nos centros integrados de operação. Com a utilização do RDP, é possível estabelecer o controle de acesso às máquinas em mar, sem a necessidade de soluções proprietárias com características

particulares de cada sistema, gerando diferentes tipos de tráfego na rede. Segue abaixo a Figura 31, que representa o consumo do tráfego RDP no *link* satélite da unidade.

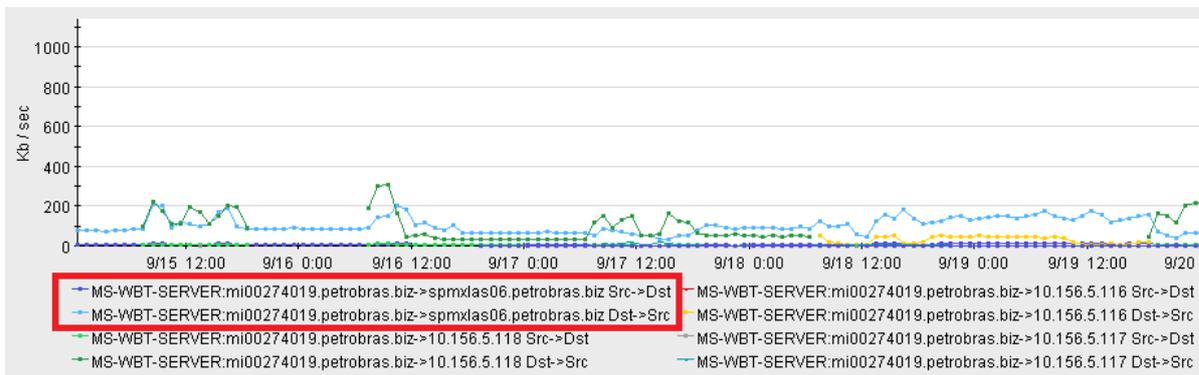


Figura 31 : Consumo de rede do protocolo RDP

Fonte: Elaborado pelo autor

4.9 Diagrama da rede de dados

A Figura 32 ilustra a interação entre as diversas redes para se ter acesso aos dados da plataforma P-1, a partir da sala de controle remoto localizada em Santos, no Centro Integrado de Operações. Os computadores dos operadores do sistema SCADA, Estação 1 e Estação 2, localizados na rede DMZ-local, devem estar conectados à VLAN 1223 para, assim, ter acesso pelo *firewall* e poder alcançar a rede DMZ-P-1. O *firewall* localizado em Santos é chamado *firewall A* e o *firewall B* está na plataforma P-1.

Na DMZ-P-1, estão instalados 4 servidores para o acesso aos sistemas supervisórios e estão divididos da seguinte maneira:

- iFIX:
 - Principal: SPMXLAS04
 - Backup: SPMXLAS06
- InTouch:
 - Principal: SPMXLAS03
 - Backup: SPMXLAS05

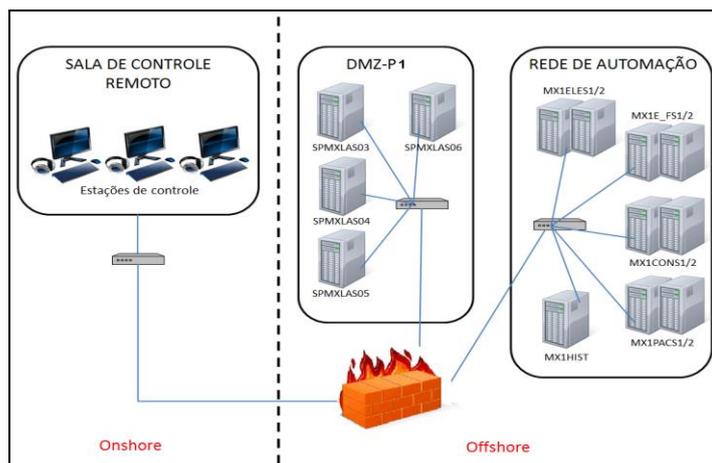


Figura 32 : Diagrama de interligação das redes

Fonte: Elaborado pelo autor

Todo o endereçamento IP possui valor fixo, ou seja, não existe um servidor DHCP para alocação dinâmica destes endereços. O quadro 14 lista as máquinas e sua distribuição nas redes.

Servidor	DMZ	RAI	RIC	Servidor	DMZ	RAI	RIC
MX1ELES1		x		SPMXLAS06	x		
MX1ELES2		x		SBS00AS25	x		
MX1E_FS1		x		SBS02PI01	x		
MX1E_FS2		x		MORGUL	x		x
MX1CONS1		x		AMAN	x	x	x
MX1CONS2		x		RIVENDELL	x	x	x
MX1PACS1		x		HMIIB (Centrax)		x	
MX1PACS2		x		MCSA-EWS-01		x	
MX1HISTS1		x		MCSB-EWS-01		x	
MX1HISTS2		x		MCSA (PLC)		x	
MEG		x		MCSB (PLC)		x	
SPMXLAS02	x			OWS01		x	
SPMXLAS03	x			OWS02		x	
SPMXLAS04	x			VSS-01		x	
SPMXLAS05	x						

Quadro 14: Lista as máquinas e sua distribuição nas redes

Fonte: Elaborador pelo autor

O quadro 15 apresenta a relação das máquinas utilizados em terra, seu respectivo usuário e uma breve descrição do equipamento. Estes usuários estão em uma VLAN segregada (1223) e está protegida por *firewall*.

Usuário	Descrição
Facilidades	Computador utilizado para SCADA de Facilidades
Produção	Computador utilizado para SCADA de Produção
Estação Backup	Computador da estação backup (tanto de Facilidades como Produção)

Quadro 15: Endereços IP utilizados para controle e supervisão

Fonte: Elaborado pelo autor

5 PLANO DE TESTES

A seguir, uma descrição do ambiente, ferramentas de análise e simulação bem como os conceitos tratados nesta pesquisa.

5.1 Diagrama em blocos

O diagrama apresentado na Figura 33, representa os componentes de interligação entre a Sala de Controle Local (SCL) da unidade de produção de P-1 e a Sala de Controle Remoto (SCR), estabelecida no Centro Integrado de Operações na cidade de Santos, São Paulo.

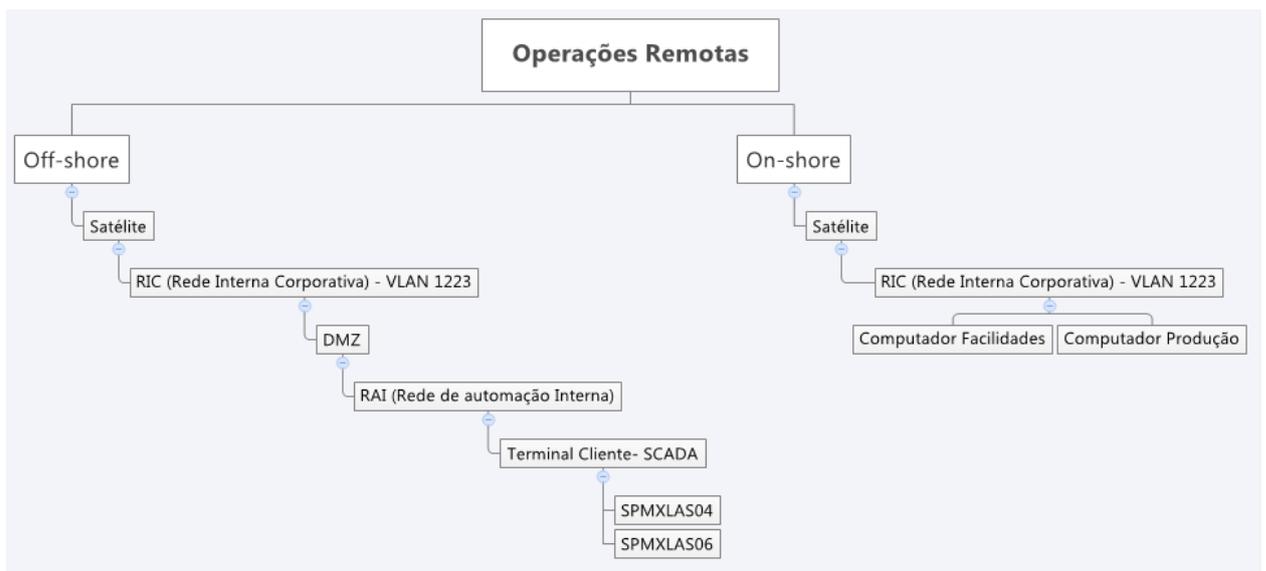


Figura 33 : Diagrama de interligação rede P-1 e unidade em terra

Fonte: Elaborado pelo autor

5.2 Componentes do experimento

A seguir, serão apresentados os principais componentes de rede e sistemas que farão parte do experimento.

5.2.1 Servidores e computadores

Os servidores em mar envolvidos no teste são os SPM XLAS04, acessados remotamente pelos *desktops on shore* de facilidades. O servidor e *desktop* envolvidos estarão dedicados aos testes, não podendo sofrer interrupções durante o período de captura.

O *hardware* do servidor SPM XLAS04 é o HP Intel XEON ES 620, 2,4GHz com 8GB de memória RAM, sistema operacional *Windows Server 2003* e *Server Package 2*. No modelo de operação remota baseado no RDP, a utilização do sistema operacional *Windows server 2003* possibilita a abertura de múltiplas sessões, permitindo que a tela do servidor continue operacional para qualquer necessidade de intervenção local. O *hardware* do computador utilizado na Sala De Controle Remoto é um Toshiba Série Core I5 com 4GB de memória RAM, com sistema operacional *Windows 7 enterprise*.

5.2.2 Analisador de Protocolos

O analisador escolhido foi o Wireshark (Ethereal)¹⁰. O acesso remoto utiliza o RDP como protocolo de transporte, portanto será capturado somente pacotes RDP. A figura 34 a apresenta uma amostra na captura do tráfego do *link* satélite com o servidor SPMXLAS06.

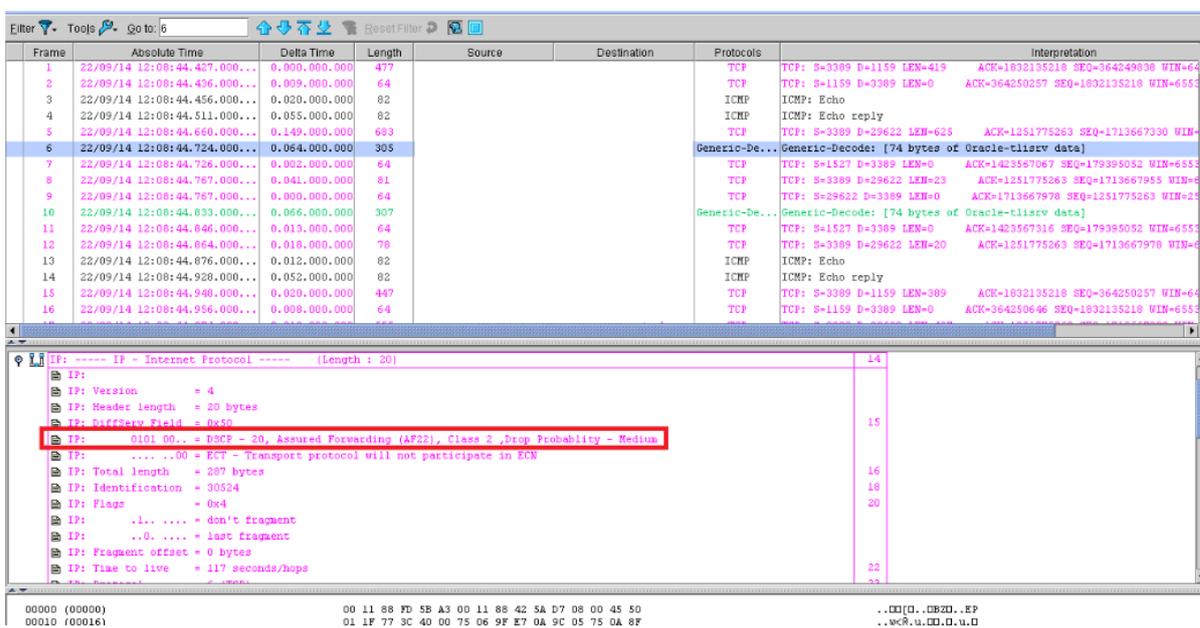


Figura 34 : Wireshark com o tráfego direcionado ao servidor SPMXLAS06

Fonte: Elaborado pelo autor

¹⁰ O Wireshark (Ethereal) é um programa que analisa o tráfego de rede, e o organiza por protocolos. (PETROBRAS, 2014).

Foi utilizado também o equipamento Trafip para coleta e caracterização do tráfego, que possui as seguintes características:

- Caracterização de tráfego, possibilitando a estruturação de relatórios, visões e análises conforme as necessidades operacionais;
- Diversidade de forma de coleta, o que permite sua utilização em diferentes topologias e sistemas;
- As informações apresentadas possibilitam uma forma mais simples e clara de interpretação.

Na Figura 35, observam-se os tipos de coletas permitidas pelo equipamento Trafip, que pode ser através de envio de fluxos (*flows*) ou de captura por espelhamento de tráfego através da funcionalidade *port-mirror*.

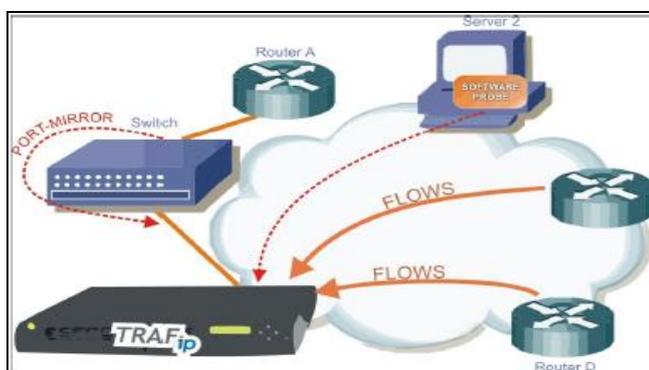


Figura 35 : Diagrama de funcionamento do Trafip

Fonte: Elaborado pelo autor

5.2.3 Qualidade de serviço (QoS)

O QoS permite que a largura de banda seja usada de forma mais eficiente. O objetivo é proporcionar serviços de qualidade fim-a-fim para aplicações, no caso desta pesquisa o RDP. QoS é uma característica fixada em aplicações, onde se possa determinar limites bem definidos (valor mínimo, valor máximo). O QoS é garantido pela rede, através de todos os seus componentes e equipamentos utilizados. Conforme quadro 16, a priorização ou DiffServ classifica cada tipo de tráfego, de acordo com as especificações de QoS necessárias.

Cada classificação é mapeada como uma espécie de comportamento denominado Per-hop (PHB), que define o modelo com cada elemento de rede deve tratar o pacote. O tráfego do RDP será classificado como prioridade máxima através da rede tal como definido no PHB. Os elementos de rede usam uma variedade de esquemas de fila, como o *Weighted Fair Queuing* (WFQ) e o *Random Early Detection* (RED), para dar prioridade a cada pacote que ele necessita (MELO, 2001).

Prioridade	Tipo de Tráfego	Aplicação Equivalente
0 (mais baixa)	Best Effort	Tráfego comum de prioridade de LAN
2	Background	Transferência de arquivos
2	Reserva	Não utilizado
3	Excellent effort	Aplicativos críticos para os usuários
4	Carga Controlada (Controlled Load)	Aplicações importantes
5	Vídeo, < 100ms latência e jitter	Aplicações de vídeo
6	Voz, < 10ms latência e wander	Aplicações de voz
7 (mais alta)	Controle de Rede	Mantém o tráfego de rede

Quadro 16: Parâmetros de tráfego para classes de serviços

Fonte: STOOP, 2005

5.2.4 Acelerador de aplicações

Acelerador é o termo utilizado para definir otimização das redes WAN (*Wide Area Network* ou Rede de longa distância). A principal função de soluções com este intuito é prover melhor desempenho na troca de informações entre os locais de comunicação, além de acelerar o tráfego de dados entre as mesmas. O acelerador pode melhorar a experiência do operador ao acessar aplicações, que estão hospedadas em servidores instalados no ambiente em mar. Como características principais, os aceleradores podem:

- Trabalhar comprimindo e armazenando (caching) os dados;
- Alterar parâmetros do TCP;
- Implementar políticas de qualidade de serviço (QoS) para aumentar a eficiência no processo de transmissão de dados.

No meio de transmissão satélite, existem características que são intrínsecas ao meio físico, que proporcionam minimamente a latência na ordem de 550ms. Adicionalmente, as questões de limitações físicas, o atraso em uma rede pode ser

causado pelo procedimento de reconhecimento do dado *acknowledge* (Ack) e pelo dimensionamento da janela do protocolo em sistemas de comunicação com alta latência. O acelerador compensa estes atrasos adicionais ao meio, atuando em quatro componentes chaves:

- O redimensionamento da janela TCP/IP;
- O reconhecimento seletivo (Ack);
- Mediação da duração da viagem dos pacotes;
- TCP de alta velocidade.

O redimensionamento da janela é adicionado para permitir tamanhos de janela maiores. Proporciona melhoria no desempenho do TCP em caminhos de rede com grande largura de banda ou características de longo atraso. A Figura 36 apresenta um diagrama de transmissão dos pacotes.

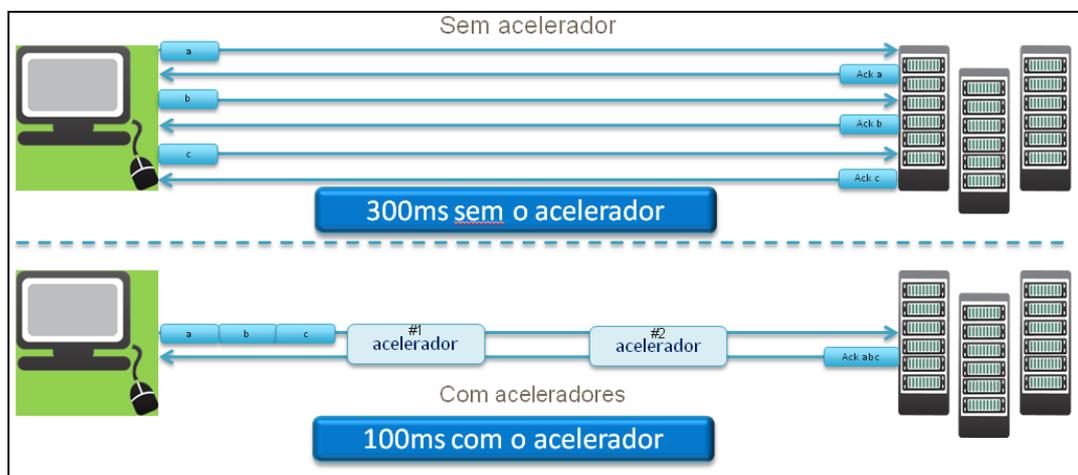


Figura 36 : Alteração na janela TCP

Fonte: www.silverpeak.com

No modelo de aceleração, o conceito TCP *Window Scaling* manipula a janela de dados TCP, o padrão é totalmente desenhado no ambiente de rede local onde se tem uma latência sempre menor que 1 ms. O *Window scaling* atua trabalhando no aumento da janela TCP utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{Janela TCP Padrão} = 64\text{KB} * 2n \quad (n = \text{Fator Window Scale})$$

Sendo que o Fator utilizado vai depender totalmente da capacidade do *software* de aceleração.

A solução com acelerador implementado trabalha com um Fator de *Window Scale* de 8, sendo assim pode-se dizer que a Janela TCP Padrão é de 16MB.

$$\text{Janela TCP acelerador} = 64\text{KB} * 2^8 = 16\text{MB}$$

Define-se o tamanho da Janela TCP / RTT – *Round Trip Time*, como sendo a latência somada ao envio e o recebimento de um pacote TCP. Como exemplo, considerando um valor de latência de 100ms de RTT, o limite de utilização de Banda de uma conexão TCP ocorre da seguinte forma:

A) Cenário tradicional sem acelerador:

$$64\text{KB} / 100\text{ms} = 5\text{Mbps} \quad (64\text{KB}=2^{16}=65,536\text{B}, 2^{16}*8=524,288\text{b}/.1\text{sec})$$

B) Cenário Otimizado com acelerador

$$16\text{MB} / 100 \text{ ms} = 1.3\text{Gbps} \quad (2^{24}=16,777,216\text{B}; 2^{24}*8=134,217,728\text{b}/.1\text{sec})$$

Ao comparar o modelo tradicional de transmissão TCP de dados em um meio de 100ms de latência, a conexão estará limitada a banda máxima de 5Mbps, indiferente da banda disponível. Neste caso, o ponto limitador é a latência e não o tamanho da banda disponível.

Para o cenário com acelerador, é possível chegar a 1.3Gbps de desempenho por conexão TCP, limitado assim apenas à velocidade das interfaces físicas dos equipamentos, que estarão conectados a rede.

Os aceleradores também possuem a funcionalidade TCP *Selective Acknowledgements*, também conhecido na literatura como SACK's (*Selective Acknowledgements*). Trata-se do conceito de atuar nas conexões TCP, fazendo com que não haja necessidade de transmissão das confirmações de cada *frame* TCP pelo enlace de longa distância. Sempre que o lado cliente ou servidor requisita uma Ack, o próprio dispositivo otimizador envia a resposta localmente, e entre eles envia

uma sinalização para repetir a mesma tarefa no lado remoto. A Figura 37 representa o gráfico de como é feito este processo:

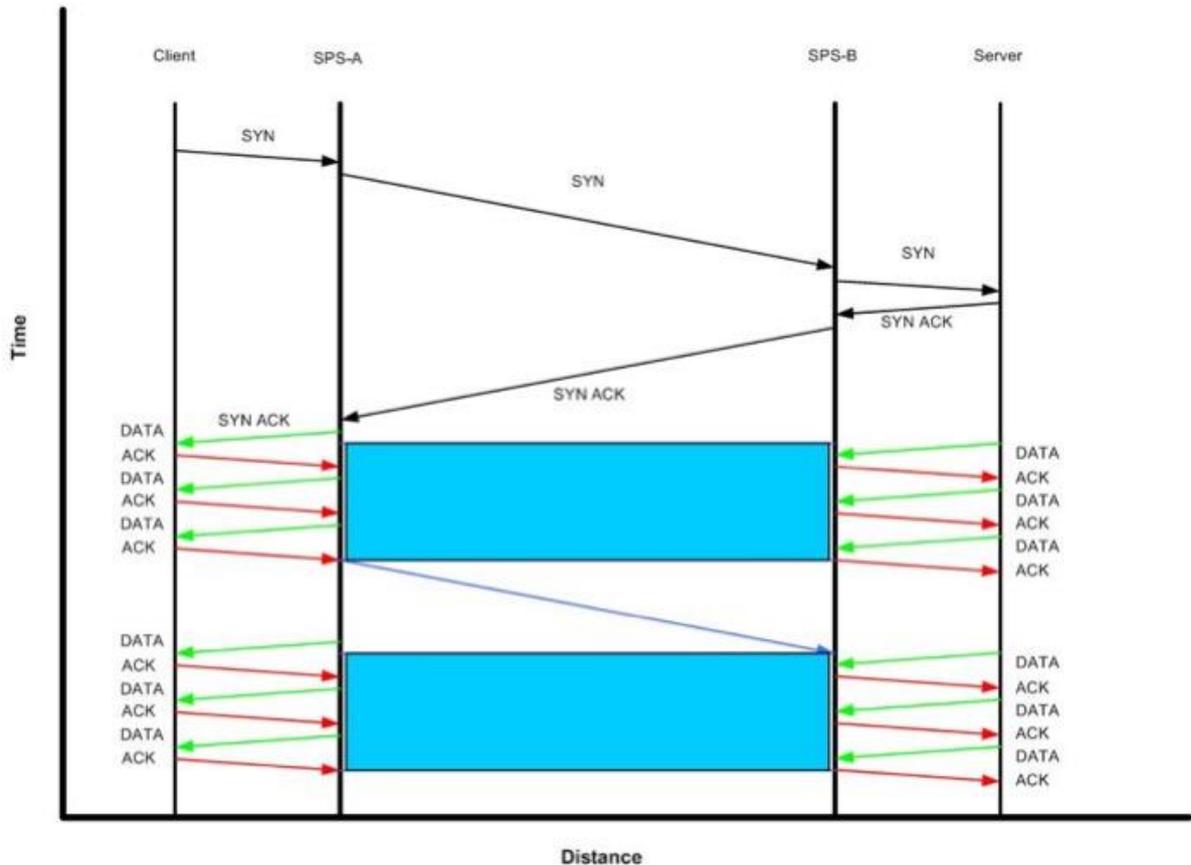


Figura 37 : TCP Selective Acknowledgements

Fonte: www.silverpeak.com

Em geral, as perdas de pacotes acabam fornecendo um baixo desempenho, devido à alta latência do enlace e, quando existe alguma perda de pacote, é necessário fazer o reenvio de toda sequência TCP novamente. Atuar com SACKs significa ter um mecanismo de controle de perdas de pacote e de transmissão de dados eficiente, diferentemente do modelo tradicional sem acelerador, que perdendo apenas um *frame* IP, já se descarta toda a sequência de transmissão e necessita iniciar tudo novamente.

O padrão TCP possui um mecanismo confiável de entrega de dados baseado em segmentos de frames IP, mas por outro lado ele não controla o intervalo de retransmissão de pacotes quando não é recebido o pacote "Ack". O controle é feito estaticamente e, muitas vezes devido às técnicas de roteamento dinâmico em redes compartilhadas, o protocolo TCP pode desconsiderar uma sequência toda de pacotes, apenas porque não recebeu um ACK no tempo previsto.

O acelerador atua com o TCP *Round-Trip Measurement* de cada *frame* TCP, realizando um controle dinâmico destes tempos de resposta para garantir que o frame sempre será entregue, pois o pacote "ACK", que informa que o dado chegou, sempre é enviado pelo acelerador mais próximo do lado que requisitou este "ACK".

Uma outra função do acelerador é o estabelecimento de um controle mais preciso do timeout, para os casos de perda total de comunicação do sistema de transmissão por razões diversas, neste cenário o acelerador descarta o envio de dados para evitar sobrecarga no retorno da comunicação.

Este *timeout* de retransmissão é determinado por uma média de variação de tempo do *Round-Trip Time* (RTT). Também, neste caso, é necessário que o mecanismo seja dinâmico, pois estes valores podem mudar em questão de milissegundos, caso o cenário apresente enlaces redundantes de arquiteturas diferentes, como um MPLS (*Multi Protocol Label Switching*), IP-VPN, satélite ou até mesmo um LAN to LAN.

Para cada tipo de enlace, o acelerador apresenta um comportamento, pois até mesmo o MTU (*Maximum Transmission Unit*) pode interferir nas aferições. Neste caso, o acelerador pode ser configurado de modo a encontrar uma forma automática para o MTU do enlace fim-a-fim. Assim o acelerador auto ajusta seus túneis de otimização para cada situação.

5.3 GERAÇÃO DO TRÁFEGO

A própria solução SCADA Proficy iFIX 4.5, adotada na plataforma P-1, será utilizada para gerar o tráfego de rede nesta pesquisa. Para escolha dos comandos a serem executados para geração de tráfego, utilizaram-se as seguintes premissas:

- Comandos frequentes e com importância operacional;
- Atuação física em equipamentos com mudança de status;
- Ações que recebem eventos de mudança de status e confirmação de execução;
- Não haver impacto operacional, como parada ou diminuição da produção;

Para enquadramento das premissas, foram definidas pelo gerente da plataforma, os seguintes comandos:

1. Chaveamento da bomba de injeção de MEG do sistema submarino;
2. Fechamento da válvula de bloqueio Shut Down Valve (SDV);
3. Verificação do nível do vazo da planta de MEG e o reconhecimento do evento gerado pelo sistema de detecção de gás inerte.

5.4 CARACTERIZAÇÃO DO TRÁFEGO NO MEIO SATÉLITE

Para o cenário do experimento, foi considerado o sistema satélite principal da unidade Multisat banda Ku de 2Mbps, que realiza a comunicação entre o ambiente em terra com a plataforma P-1. Como o meio satélite é compartilhado, foram realizadas medições utilizando a ferramenta Spetrum de consumo da banda ao longo do dia, durante um mês, associado aos processos de trabalho, identificou-se que o período da manhã, entre 10h e 11h, é o período onde a rede mantém-se mais estável em um tráfego médio de consumo 512Kbps e com sua latência média e sua latência variando de 500ms à 700ms, conforme apresentado na Figura 38.

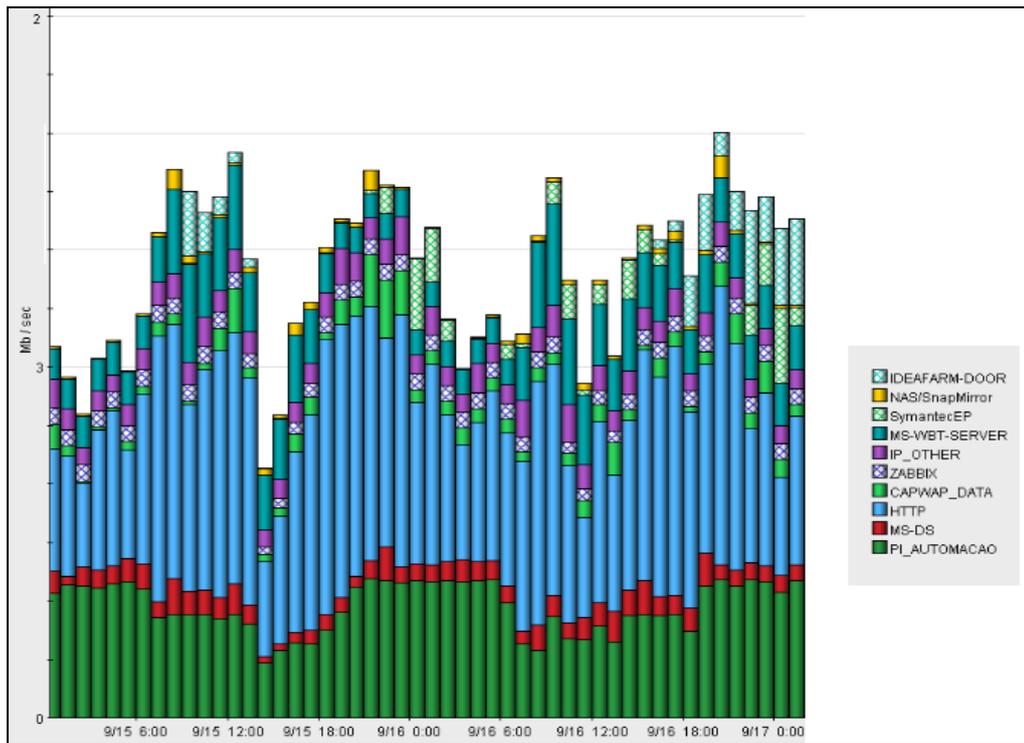


Figura 38 : Consumo compartilhado do link satélite

Fonte: Elaborado pelo autor

5.5 CENÁRIOS DE TESTE

Os cenários de testes visam associar um grau de complexidade operacional, versus a condição de rede. Os principais elementos envolvidos neste experimento são os computadores localizados na SCR e o servidor IFX SPMXLAS06.

5.5.1 Transmissão via satélite

Neste cenário foi considerado somente a rede WAN via satélite banda C com 2Mbps de banda compartilhada pelas demais aplicações que atendem a plataforma. Através do Trafip foi verificado o valor da latência registrado durante todo o período do teste.

5.5.2 Transmissão via satélite e aplicação de QoS

Além da infraestrutura satélite, descrita no item 5.5.1 para este cenário, está sendo considerada a aplicação de QoS na aplicação. Da mesma forma, os valores de latência serão verificados através da utilização o equipamento Trafip.

5.5.3 Transmissão via satélite, aplicação de QoS e acelerador de aplicações

Por fim, além da infraestrutura descrita no item 5.5.1 e a facilidade apresentada no item 5.5.2, será inserido um acelerador de aplicações no circuito que utiliza o protocolo RDP, entre a Sala de Controle Remoto e a Sala de Controle Local, registrando a latência também pelo equipamento Trafiip.

Para todos os cenários acima, foram realizados os três comandos conforme apresentado no item 5.3. Os valores registrados de latência estão relacionados conforme Apêndice C.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO DO ESTUDO DE CASO

6.1 PESQUISA QUANTITATIVA

Durante as operações remotas da empresa estudada, são realizadas atividades de suporte à tomada de decisões operacionais das unidades de produção. Estas atividades de suporte são realizadas 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. Conforme já relatado na Seção 3, foi feita uma pesquisa de campo, com perguntas específicas, que foram pontuadas conforme a Escala Likert, e totalizadas segundo o Sistema SPS, existente na plataforma Lotus Notes, utilizada amplamente na empresa, onde se deu o estudo de caso. A população e os grupos previamente selecionados também estão descritos na Seção 3.

O questionário foi aplicado em três ciclos, no período de 18/02/2019 à 22/02/2019, no período de 26/04/2019 à 30/04/2019 e, por fim, no período de 23/09/2019 à 27/09/2019, atendendo a totalidade dos operadores da plataforma P-1 e operadores de outras unidades de produção afretadas da bacia de Santos. No dia 27/09/2019, a pesquisa foi encerrada, uma vez que o percentual de respostas atingiu 75%, considerado razoável para o tratamento dos dados, conforme citado por Marconi e Lakatos (2003). A evolução das respostas ao questionário no sistema Lotus Notes está representada na figura 39.

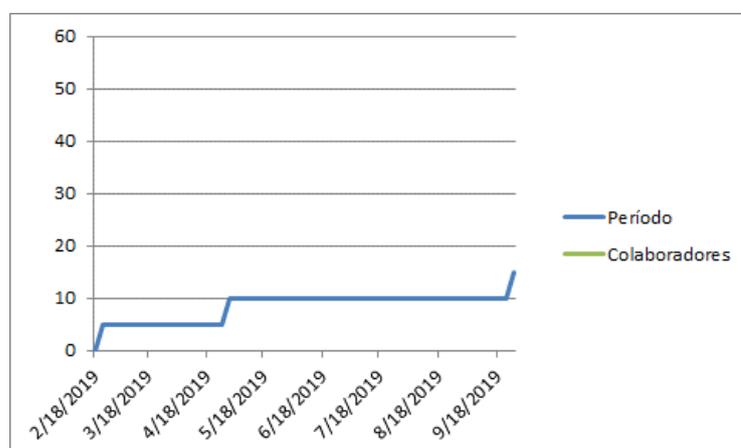


Figura 39 : Evolução das respostas

Fonte: Elaborado pelo autor

6.2 PERFIL DOS ENTREVISTADOS DA PESQUISA

A figura 40 apresenta o perfil obtido na primeira pergunta (A1), onde se buscou conhecer o tempo de experiência na indústria do petróleo. Constatou-se que 60% dos respondentes possuem experiência de 10 a 20 anos na atividade e 40% tem de 5 a 10 anos de experiência. Este número comprovou que a equipe alocada para operações em sala de controle, possui maior experiência em função da complexidade das atividades envolvidas, como o conhecimento abrangente da planta de produção.

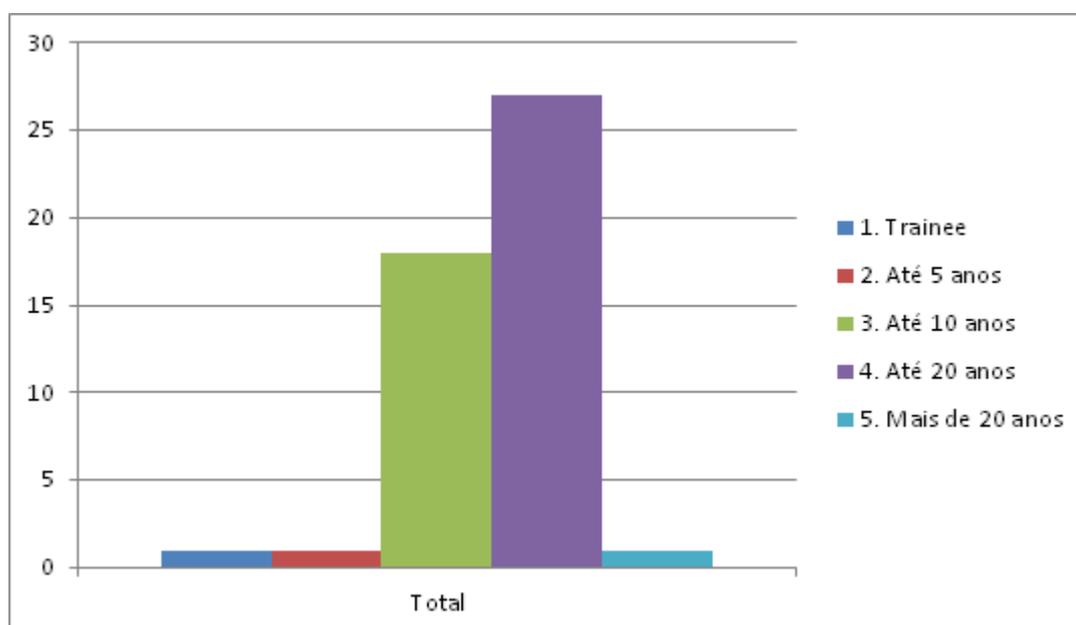


Figura 40 - Tempo de experiência (Questão A1)

Fonte: Elaborado pelo autor

Ainda dentro do objetivo de se caracterizar o perfil dos colaboradores, através da pergunta (A2), procurou-se saber quais são as funções que se incluem atualmente. A figura 41 apresenta o perfil obtido.

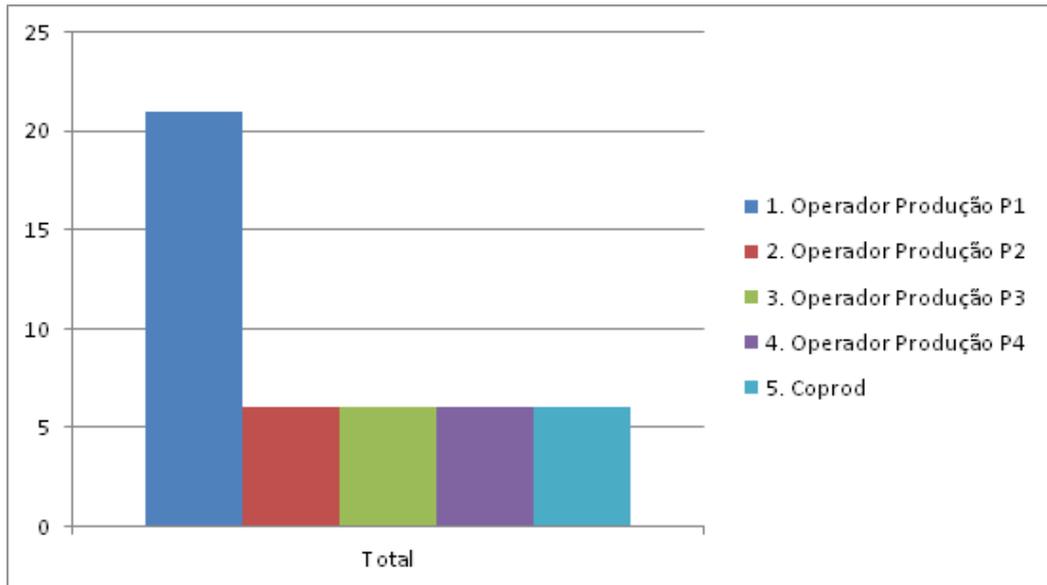


Figura 41 - Tempo de experiência (Questão A2)

Fonte: Elaborado pelo autor

Destaca-se a participação maciça dos colaboradores da função P1, com 47% do total. Conforme apresentando na Seção 3, o colaborador P1 é responsável pelo controle, operação e supervisão do sistema SCADA, sendo esta atribuição a que melhor definir a visão sistêmica de toda a operação de uma unidade de produção. Com relação ao grau de utilização do respondente, o perfil está apresentado na figura 42, através das respostas à terceira questão (A3).

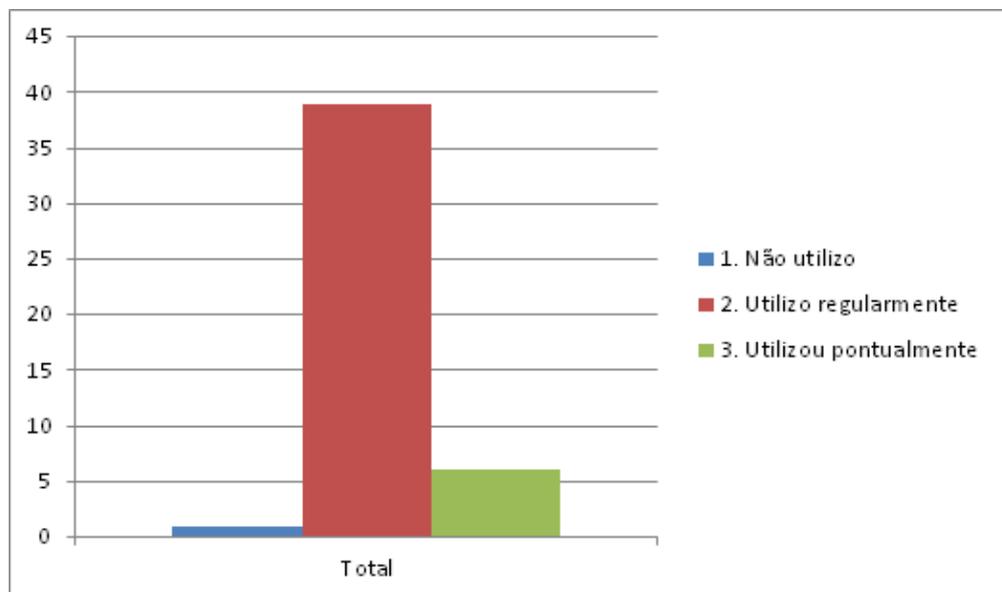


Figura 42 - Grau de utilização (Questão A3)

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que 87% dos respondentes, declaram utilizar regularmente o sistema SCADA da Sala de Controle Local (*off-shore*). Importante observar que as respostas foram obtidas de colaboradores de diferentes unidades de produção, conforme sinalizado no item 3.1 da seção 3.

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. O quadro 17 apresenta a estatística descritiva da pesquisa. 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 Grupo. A pesquisa foi baseada em uma Escala Likert de 1 a 5.

Grupos	Média	Desvio-Padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
Pessoas	4.02	0.58	3.20	4.40	5.00
Processos	4.01	0.66	3.20	4.20	4.60
Tecnologia	4.21	0.83	2.40	4.80	4.80
Organização	3.55	0.43	3.00	3.80	4.00

Quadro 17: Estatística descritiva

Fonte: o autor

Tendo em conta a média e a mediana da avaliação, pode-se observar que a opinião dos operadores é de que o desempenho do Grupo Pessoas e Tecnologia é melhor do que os outros dois grupos, processo e organização. A distribuição geral das avaliações para cada grupo é mostrada na Figura 43.

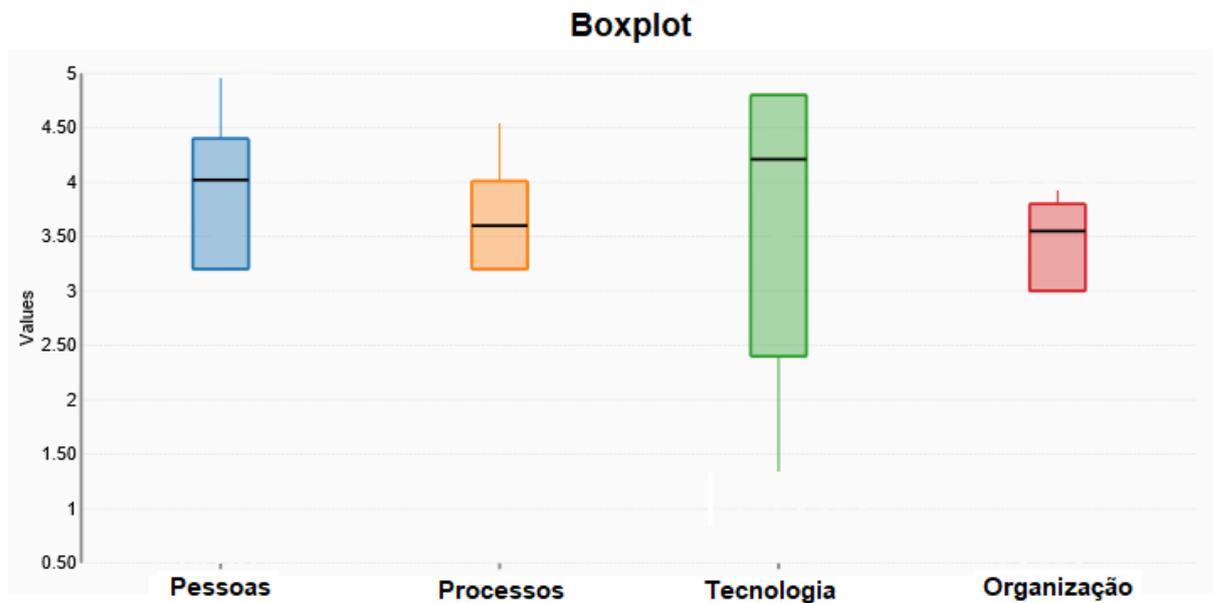


Figura 43 : Diagrama de Bloco (*Boxplot*) para avaliação dos grupos
Fonte: o autor

Os resultados do Grupo Tecnologia apresentado na figura 43, representa uma aderência do que foi encontrado na pesquisa bibliográfica. As operações remotas representam a nova forma de trabalho para a indústria de petróleo e gás, que começou a adotar essas tecnologias mundo a fora, melhorando a segurança e a saúde e aumentando a eficiência com uma variedade de iniciativas nos anos 2000. 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.

Os resultados das estatísticas descritivas acima, apresentam um pior desempenho para o grupo organizações, segundo os entrevistados. Isto denota a grande necessidade do modelo de operações remota estar incorporado nos padrões e política de recursos humanos na Companhia, estabelecendo os critérios e condições que recebem os profissionais que ocupam esta posição de Operador de unidades

remotas. Não muito distante, um desempenho ruim para processos. Isto denota a grande potencialidade no redesenho dos processos de trabalho na área de produção, bem como a importância das inúmeras interfaces que precisam ser melhor entendidas e mapeadas.

O bom desempenho das dimensões pessoas e tecnologia reflete os esforços da força de trabalho da estudada na aceitação neste novo modelo de operação, abraçando o conceito das Operações remotas e aceitando as limitações que existem devido as condições de infraestrutura de comunicação do cenário nacional.

Os grupos de perguntas Pessoas (D) e Tecnologia (E) buscam saber, como os cenários propostos de variação de latência (Satélite, Satélite com aplicação de QoS, Satélite QoS e acelerador de aplicação), a percepção do operador através do experimento sobre o desempenho operacional durante cada teste realizado. Segue, na figura 44, a média das respostas para as perguntas do Grupo D, referentes às análises da percepção pessoal de cada operador, comparando por cada cenário de Latência.

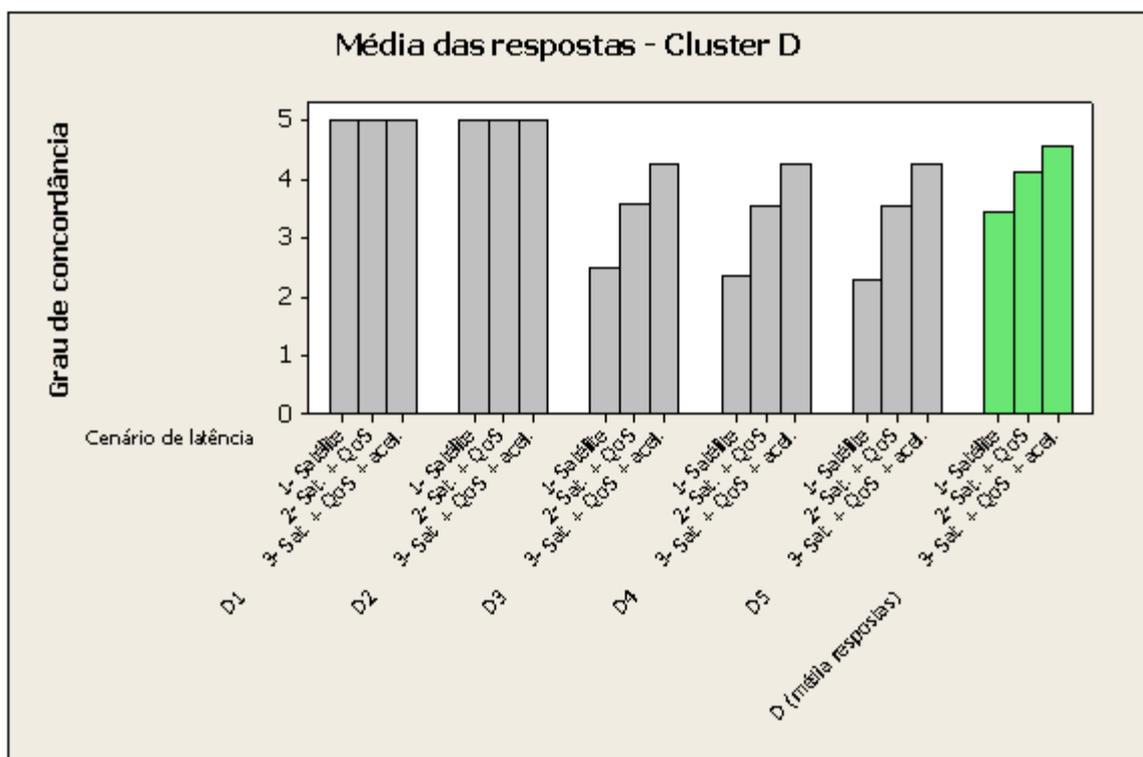


Figura 44 - Média das respostas para as perguntas do Grupo D

Fonte: Elaborado pelo autor

Outra abordagem estatística para medir a confiabilidade do questionário, foi aplicado o Alfa de Cronbach, com o objetivo de avaliar a consistência interna do questionário para um conjunto de dois ou mais indicadores. Os seus valores variam de 0 a 1. Quanto mais próximo de 1, maior a confiabilidade entre os indicadores.

No presente estudo, do grupo D, o Alfa de Cronbach foi utilizado para medir a consistência entre as questões D1 a D5, todas voltadas para medir a percepção dos respondentes em relação aos fatores influenciadores da latência, durante a realização dos comandos, apresentando o seguinte resultado:

Coeficiente Alfa de Cronbach = 0,9891

Como o valor apresentado foi superior a 0,70, não foi necessária uma depuração nas perguntas de forma a manter o Coeficiente mais próximo a 1. O coeficiente expressa uma boa inter-relação entre as questões, com um valor elevado. Elimina-se o efeito da redundância, bem como a repetibilidade do tema, fatores que poderiam mascarar o Coeficiente de Cronbach, uma vez que foram elencadas apenas 5 questões. Tais efeitos, nas condições escolhidas, são praticamente inexistentes. Assim, deduz-se que o valor obtido para o Coeficiente de Cronbach reflete boa coerência e inter-relação entre as questões.

Adicionalmente foi realizada uma avaliação da consistência interna entre um número reduzido de perguntas do grupo Pessoas (D) utilizando o Alfa de Cronbach, chegando ao seguinte resultado:

Perguntas consideradas	Alfa de Cronbach
D1, D2 e D3	N.A.*
D1, D2, D3 e D4	0,9812
D1, D2, D3 e D5	0,9759

As variáveis D1 e D2 não apresentam variação, todas respostas apresentaram nota máxima e é necessárias ao menos duas variáveis válidas com variação para cálculo do Alfa de Cronbach. Com os valores obtido próximos de 1 por um número menor de questões, pode-se concluir que o número de cinco perguntas é excessivo e em pesquisas futuras pode ser considerado um número menor de perguntas.

Para o teste de hipóteses, foi utilizado o teste estatístico não paramétrico Kruskal-Wallis para comparação entre os cenários de latência, o Valor p obtido, considerando a hipótese nula (H_0) de que todas as distribuições são idênticas, foi de 0,000, ou seja, menor do que 0,05 conforme apresentado na figura 45.

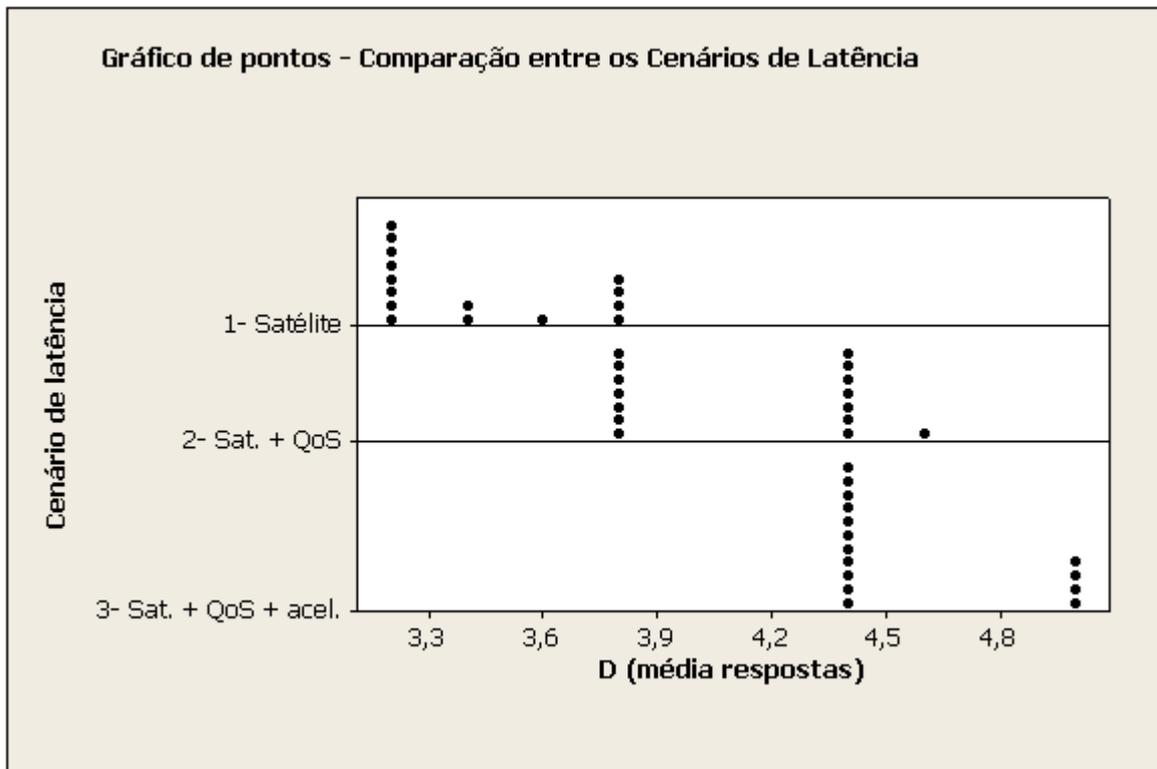


Figura 45 - Grupo D - Teste estatístico não paramétrico (Kruskal-Wallis).
Fonte: Elaborado pelo autor

Com isso, conclui-se que há diferenças estatisticamente significantes nos cenários de latência, ou seja, as distribuições são diferentes e a hipótese nula deve ser rejeitada. Em complemento à análise, observa-se que o cenário de latência, utilizando somente a infraestrutura de satélite, apresentou o valor de z fora dos limites de confiança ($z = -5,08$, conforme Apêndice B). Conclui-se que há diferença significativa entre os cenários de latência em relação às percepções capturadas no Grupo D, sendo que a percepção tende a ser mais positiva no cenário Satélite, QoS e Acelerador.

O grupo E (Tecnologia) apresenta os resultados da análise quantitativa do experimento, ou seja, do ponto de vista operacional. O resultado dos comandos aplicados retrata que foram realizados com sucesso durante cada cenário de

latência. A figura 46 apresenta a média das respostas para as perguntas do Grupo E, comparando por cada cenário de Latência.

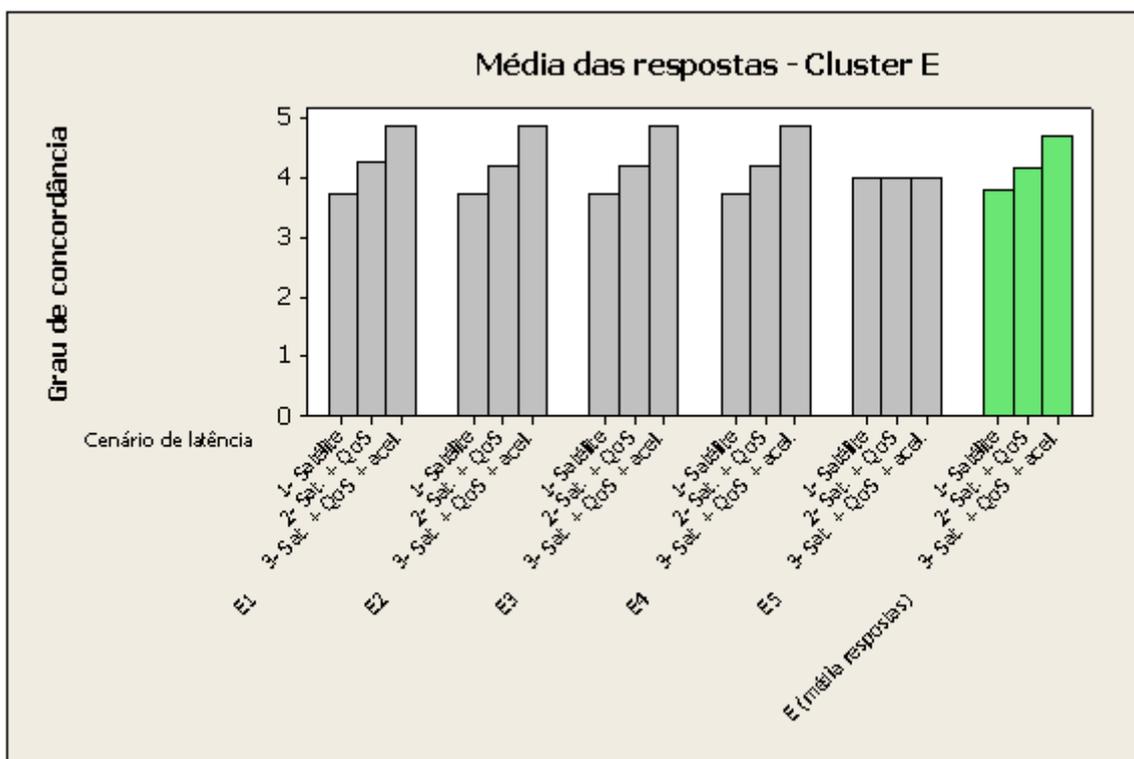


Figura 46- Média das respostas para as perguntas do Grupo E

Fonte: Elaborado pelo autor

Para medir a confiabilidade do questionário, foi aplicado o Alfa de Cronbach entre as Questões E1 a E5, todas voltadas para medir de forma quantitativa a variação da latência durante a realização dos comandos, apresentando o seguinte resultado:

Coeficiente Alfa de Cronbach = 0,9987

Como o valor apresentado foi superior a 0,70, não foi necessária uma depuração nas perguntas de forma a manter o Coeficiente mais próximo a 1. O coeficiente expressa uma boa inter-relação entre as questões, com um valor elevado. Assim, deduz-se que o valor obtido para o Coeficiente de Cronbach reflete boa coerência e inter-relação entre as questões. Foi também realizada uma avaliação da

Adicionalmente, observa-se que os cenários de latência, utilizando a infraestrutura de satélite e satélite mais QoS, apresentaram os valores de z estão fora dos limites de confiança ($z = -2,23$ e $-0,34$, conforme Apêndice B). Conclui-se que a percepção tende a ser positiva no cenário Satélite, QoS e Acelerador. O quadro 18 resume o resultado do teste estatístico e indica que há diferenças estatisticamente significantes nos cenários de latência para os Grupos Pessoas e Tecnologia, ou seja, as distribuições são diferentes e a hipótese nula deve ser rejeitada.

Gupos	Infraestrutura	Kruskal-Wallis	Alfa de Cronbach
		p-Value <0.001	
Pessoas	Satélite	0,000	0,9891
	Satélite + OoS		
	Satélite + QoS + Acelerador		
Tecnologia	Satélite	0,008	0,9987
	Satélite + OoS		
	Satélite + QoS + Acelerador		

Tabela 18: Testes estatísticos
Fonte: o autor

6.3 Correlação entre a latência e a média das respostas dos Grupos Pessoas e Tecnologia

Durante a realização do experimento, foram registrados os valores de latência de cada cenário de teste conforme o Apêndice B. A figura 48 apresenta os valores de latência obtidos por cada cenário testado.

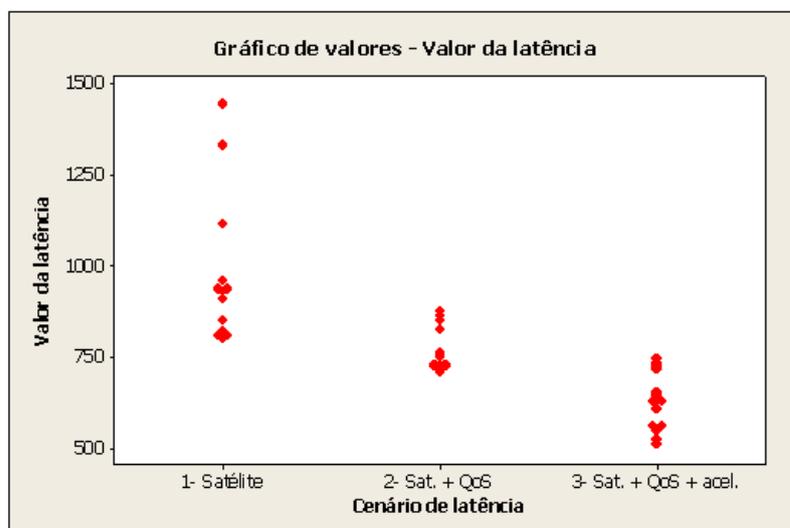


Figura 48 - Valores de latência em milisegundos registrados durante o experimento
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se, no cenário de utilização somente com a rede satélite, latências superiores a 800ms chegando até 1,44s. Para o cenário de utilização de Satélite com a aplicação das regras de qualidade de Serviços (QoS), foram registrados intervalos entre 708ms chegando até 876ms. Por fim, para o cenário com satélite, QoS e a utilização de aceleradores de aplicações, foram obtidos valores entre 512ms até 745ms. Com os valores de latência obtidos para cada cenário de testes, foi possível realizar a correlação entre os valores de latência e a média das respostas dos grupos D e E conforme apresentado no quadro 19.

Cenário	Grupo	Correlação com a Latência	Valor p
Satélite	Pessoas	-0,471	0,077
	Tecnologia	-0,703	0,003
Satélite + QoS	Pessoas	-0,668	0,006
	Tecnologia	-0,852	0,000
Satélite + QoS + Acelerador	Pessoas	-0,444	0,097
	Tecnologia	-0,523	0,045

Quadro 19: Correlação dos valores de latência e a média das respostas dos Grupos.

Fonte: Elaborado pelo autor

A correlação negativa apresentada em todos os cenários significa que quanto maior o valor na latência, menor nota é atribuída no questionário para a questão (utilizando a Escala Likert). O Valor p menor que 0,05, indica correlação significativa, sendo esta correlação encontrada nos cenários satélite do grupo E com Valor p 0,003, cenário satélite e QoS para ambos os grupos com Valor p de 0,006 e 0,000 e para o cenário de satélite, QoS e acelerador do grupo E com Valor p de 0,045.

Para o grupo D, nos cenários com satélite, o Valor p é de 0,077 e, no cenário com satélite, QoS e Acelerador Valor p de 0,097, os resultados estão próximos do nível de significância, porém não atingiram o valor de correlação significativa.

O intervalo da latência entre 512ms até 745ms, obtido nos testes com o cenário QoS e acelerador de aplicações, foi o cenário que obteve a maior avaliação por parte dos operadores, no qual a latência apresentada neste intervalo não provocou atraso no sequenciamento lógico das manobras operacionais realizadas.

6.4 RESULTADO DAS HIPÓTESES TESTADAS

Com o desenvolvimento da Seção 6, foi possível obter uma comparação, questão a questão, entre o encontrado na literatura com a percepção dos respondentes que participaram do experimento. O experimento foi realizado com base nas afirmações extraídas da literatura, com os cenários de infraestrutura de telecomunicações, suas relações e uma escala de medição.

Esta pesquisa analisou as relações do modelo PPTO (Pessoas, Processos, Tecnologia e Organização), os cenários de infraestrutura disponíveis para comunicação entre as plataformas de produção e os ambientes colaborativos (SCR's) em terra e a nova forma de trabalho, seguindo o modelo conceitual apresentado na figura 49.

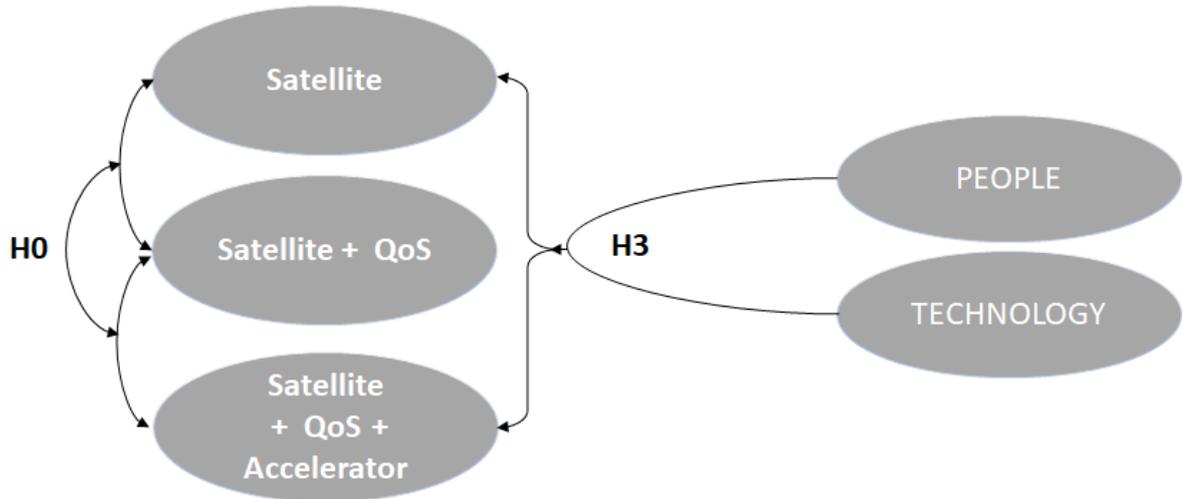


Figura 49 : Modelo Conceitual
Fonte: Elaborado pelo autor

Os testes estatísticos foram importantes para verificar as hipóteses do Quadro 12 (Capítulo 3). O teste de Kruskal-Wallis é utilizado para comparar três ou mais populações (grupos). Ele é usado, primeiro, 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

Para o Kruskal-Wallis o Valor de P obtido de 0,000 menor que 0,05, caracteriza que as distribuições dos cenários não são idênticas.

Para o Kruskal-Wallis o Valor de P obtido de 0,008 menor que 0,05, caracteriza que as distribuições dos cenários não são idênticas.

A rejeição da hipótese H_0 de que há igualdade na avaliação dos diferentes cenários de latência, foi comprovada com o valor de P obtido nos grupos Pessoas (0,000) e no Grupo Tecnologia (0,005), ambos menores que 0,05, caracterizando que as distribuições dos cenários não são idênticas.

Na segunda hipótese testada H_3 , observa-se que o cenário de latência, utilizando somente a infraestrutura de satélite, apresentou o valor de z fora dos limites de confiança ($z = -5,08$, conforme Apêndice B). Conclui-se que há diferença significativa entre os cenários de latência em relação às percepções capturadas no Grupo Pessoas, sendo que a percepção tende a ser mais positiva no cenário Satélite, QoS e Acelerador. Adicionalmente, para o Grupo Tecnologia, observa-se que os cenários de latência, utilizando a infraestrutura de satélite e satélite mais QoS, apresentaram os valores de z fora dos limites de confiança ($z = -2,23$ e $-0,34$, conforme Apêndice B). Conclui-se que a percepção tende a ser positiva no cenário Satélite, QoS e Acelerador. Ambos os grupos melhores avaliaram os cenários de comunicação, com menor valor na latência e pior avaliam para os cenários de comunicação com maior valor na latência, confirmando a segunda hipótese. Os resultados dos testes estatísticos estão resumidos no quadro 20.

HIPÓTESE	RESULTADO	DESCRIÇÃO
H0	Rejeitada	p-value < 0.001. Há diferença estatisticamente significativa entre os cenários de infraestrutura analisados.
H3	Não Rejeitada	p-value < 0.001. Há diferença entre os cenários de infraestrutura e o cenário de menor latência foi o melhor avaliado.

Quadro 20: Resultados dos testes estatísticos para as hipóteses

Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim, com os resultados obtidos no grupo Pessoas e Tecnologia, foi possível medir a latência em cada cenário proposto e seu comportamento nos comandos realizados. Foi realizada a correlação entre a latência e a média das respostas dos grupos Pessoas / Tecnologia. Como um resultado significativo da pesquisa, obteve-se o intervalo entre os valores de latência, no qual é possível operar melhor remotamente, sem a influência das características de latência do meio satélite de telecomunicações.

Os resultados obtidos nos grupos das questões relacionadas aos Grupos Classificação, Processos e Organização comprovam que os colaboradores, que participaram do experimento, possuem experiência na realização das atividades e não são influenciados por questões de ordem organizacional ou de comportamento, no novo modelo de operação proposto, remotamente, que possam influenciar no resultado dos testes.

Ainda, como produto da Seção 6, destaca-se a aceitação por parte dos operadores de novo modelo de operação. Apesar de diversos autores abordarem a operação remota em sistemas de comunicação de baixa latência como sendo um ganho para as frentes operacionais, este experimento comprovou que a operação remota de uma unidade de produção de petróleo pode ser realizada em determinado intervalo de latência para o meio de comunicação via satélite.

6.5 PESQUISA QUALITATIVA

A diversidade das pesquisas qualitativas, deve-se à sua relevância para diferentes disciplinas e áreas de especialização, representando um desafio para quem propõe uma definição precisa (YIN, 2010). Denzin (1994) apresentou seu mecanismo geral de estabelecimento destes conceitos, que define um pesquisador qualitativo sendo uma pessoa especializado em estudar as coisas no estado natural, explicando fenômenos de acordo com o significado que os entrevistados trazem para elas. Um dos maiores desafios da pesquisa qualitativa é encontrar o equilíbrio entre os métodos de entrevistas, o que permite que os participantes falem enquanto os entrevistadores encontrem respostas para as perguntas (MENDES, 2009).

Godoy (1995) afirma que o texto descrito ocupa uma posição importante nesse método qualitativo e desempenha um papel fundamental no processo de obtenção de dados e divulgação de resultados. O autor também acrescenta que os pesquisadores qualitativos começam com uma ampla gama de questões ou pontos de interesse, e essas questões ou preocupações se tornam mais diretas e específicas durante o processo de pesquisa.

Ao usar a tecnologia em pesquisa qualitativa, a simplicidade de todas essas operações também é benéfica para os pesquisadores e a liberdade de participação mais conveniente para os entrevistados (FREITAS, 2014). Segundo a pesquisa de Flick (2009), a pesquisa qualitativa está relacionada a decisões sobre quem entrevistar e de qual grupo essas pessoas vêm. Como uma coleção em um ambiente digital, é necessária supervisão e monitoramento abrangentes, o que foi muito rigoroso e doloroso no passado (FREITAS, 2014).

Portanto, para concluir a análise quantitativa da pesquisa neste trabalho, a pesquisa qualitativa foi realizada de maneira complementar e a pesquisa qualitativa foi enviada a 15 operadores da empresa pesquisada, os mesmos envolvidos na pesquisa quantitativa e nos experimentos. A ferramenta de coleta de dados desenvolvida na plataforma Lotus Notes e projetada pelo Lotus Software Group também é usada para pesquisas quantitativas.

A pesquisa qualitativa foi constituída de 04 perguntas conforme quadro 21. O acrônimo SCR significa Sala de Controle Remoto, que é a forma como a empresa estudada chama seu ambiente colaborativo remoto onde os operadores estarão controlando remotamente as plataformas de petróleo.

IDENTIFICADOR	PERGUNTA	COMENTÁRIO
P1	O que poderia ser feito para melhorar a atuação das pessoas na SCR?	Esta pergunta refere-se a dimensão pessoas do PPTO, que considera as habilidades, competências, comportamentos, colaboração, treinamento, autonomia para decisão e grau e nível de especialização necessários.
P2	Como os processos atuais de trabalho na SCR podem ser mais bem estruturados, automatizados, otimizados e padronizados?	Trata-se de um outro elemento importante, que é a dimensão processos, compreendendo a sequência das tarefas que agregam valor para a empresa estuda.
P3	Como você acredita que a tecnologia e a infraestrutura poderiam melhorar o trabalho da SCR?	A tecnologia e a infraestrutura também são elementos estruturantes para viabilização das SCRs e o modelo de operações remotas.
P4	O que deveria ser feito pela organização, para potencializar os resultados das SCR's, no que diz respeito as metas da empresa de aumento de eficiência e segurança operacional?	A organização é um elemento fundamental para a SCR, compreendendo a estrutura organizacional, cargos / salários e escala de trabalho.

Quadro 21: Pergunta da Pesquisa Qualitativa

Fonte: o próprio autor

Através do modelo PPTO, foram elaboradas as perguntas (de P1 a P4). As respostas desta pesquisa qualitativa foram analisadas e apresentadas no formato de nuvens de palavras.

Segundo Lee (2010), as nuvens de palavras são representações usadas para mostrar a frequência ou importância das palavras pelo importância da fonte dos dados. Podem sumarizar, de modo a apresentar uma melhor representação visual. Ainda de acordo com o autor, existem vários programas que podem ser usados para criar nuvens a partir de diferentes tipos de fontes de texto.

Na pesquisa deste artigo, as nuvens de palavras são geradas usando algoritmos em Python. Use o mesmo procedimento do item 3 deste artigo (discuta os resultados dos estudos bibliográficos)

6.5.1 Resultados e discussão da Pesquisa Qualitativa

A pesquisa qualitativa foi realizada pelo envio das perguntas do Quadro 7 para todos os operadores que anteciparam da pesquisa Quantativa e do experimento de testes. Foram obtidas 45 respostas que foram respondidas integralmente, cujos resultados são apresentados e discutidos a seguir.

6.5.1.1 Qualificação dos Entrevistados

A Figura 50 mostra o tempo de experiência dos respondentes à pesquisa qualitativa. Estas informações foram obtidas do Grupo A da pesquisa quantitativa.



Figura 50: Tempo de experiência dos respondentes à pesquisa
Fonte: o autor

Observa-se que 60% dos operadores possuem mais de 10 anos de experiência na área de produção. Na sua grande maioria, os respondentes são engenheiros ou profissionais especializados em um ramo da engenharia.

6.5.1.2 Análise Qualitativa

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

6.5.1.3 Nuvem de palavras da pergunta P1: O que poderia ser feito para melhorar a atuação das pessoas na SCR?

A Figura 51 representa a nuvem de palavras da P1.



Figura 51: Nuvem de palavras que representa os vocábulos de maior frequência nas respostas da pergunta P1 da Pesquisa Qualitativa.
 Fonte: o autor

Nas respostas da pergunta P1, as palavras com maior incidência são: “treinamentos”, “tempo” e “Experiência”. Pode-se concluir a importância relacionada a capacitação dos operadores para exercer este modelo de operação. Em destaque as componentes “tempo” e “treinamentos”. O “tempo” se relaciona à experiência profissional, mas também ao tempo de realização das tarefas, que é um foco muito importante a medida que diversas situações operacionais ocorreram ao longo dos anos, que os registros e as base de dados não disponibilizam estas lições aprendidas de forma a melhor dissimular e nivelar o conhecimento. Quanto aos “treinamentos”, eles são a fundamentação para todos envolvidos na operação remota, principalmente em situações de contingência e aspectos relacionados a infraestrutura, que antes não faziam parte da sua rotina de trabalho.

6.5.1.4 Nuvem de palavras da pergunta P2: Como os processos atuais de trabalho na SCR podem ser mais bem estruturados, automatizados, otimizados e padronizados?

A Figura 52, a seguir, representa a nuvem de palavras da P2.



Figura 52: Nuvem de palavras que representa os vocábulos de maior frequência nas respostas da pergunta P2 da Pesquisa Qualitativa.
 Fonte: o autor

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base na revisão bibliográfica, conclui-se que existem abordagens em várias organizações para a identificação de valores tangíveis e intangíveis projetos de operações remotas, conduzidas por empresas mundo a fora. Entretanto, esse estudo não encontrou uma abordagem sobre a latência no meio de transmissão via satélite, que possa ser utilizada de forma irrestrita na indústria de petróleo. Recomenda-se que este trabalho seja utilizado para minimizar essa lacuna de cenários *off-shore* que não dispõe de infraestrutura de telecomunicações de baixa latência.

A possibilidade de utilizar um cenário real operacional trouxe a tona a possibilidade de desenvolver uma metodologia, que permitiu estabelecer um modelo comparativo do desempenho dos vários cenários de operações remotas via satélite. Este modelo pode ser utilizado por todos na indústria do petróleo para os cenários que envolvam transmissão satélite, como operações de sonda de perfuração remota, navios de estimulação para área de perfuração, controle de lastro, Telemedicina e outras necessidades.

Todas estas iniciativas, visam reduzir a exposição humana aos riscos envolvidos nas operações de produção em uma plataforma petrolífera, diminuir a quantidade de viagens entre o continente e a unidade de produção, aumentar disponibilidade de pessoal experiente, prover um melhor gerenciamento das atividades de forma centralizada e diminuir os custos operacionais dos colaboradores embarcados.

O método proposto neste trabalho, utilizando os cenários de infraestrutura de transmissão via satélite, mostrou que há diferenças significativas em cada cenário, proporcionado identificar o intervalo de latência necessário para que não ocorram atrasos no sequenciamento lógico das manobras operacionais realizadas. Neste contexto, a utilização do meio de transmissão satélite, sem a utilização de mecanismos para a redução de atrasos gerados pela rede, foi descartada.

Para o cenário de transmissão via satélite utilizando as políticas de priorização de tráfego via satélite, 60% das medições realizadas no experimento estavam dentro do intervalo de latência recomendado por este trabalho e 40% dos

valores de latência estavam acima do intervalo, que indica ser um cenário não garantido para aplicações em operações remotas em unidades de produção de petróleo ou qualquer outra necessidade operacional do gênero.

Com 100% das medições realizadas dentro do intervalo de latência, o cenário, utilizando satélite, aplicação das regras de QoS e acelerador de aplicações, foi o cenário que obteve a maior avaliação por parte dos operadores. Este cenário poderá ser aplicado em qualquer necessidade operacional que envolva a utilização do meio de transmissão via satélite, proporcionando à empresa os ganhos obtidos com este modelo de operação em qualquer segmento com produção e exploração de petróleo. Por fim, foi possível concluir que a operação remota de unidades de produção é viável ser realizada com sistema de transmissão via satélite, desde que sejam utilizados mecanismos para a redução de atrasos gerados pela rede, para atingir os requisitos de intervalo de latência identificado por este trabalho.

Os resultados deste estudo revestem-se de grande importância para as unidades de produção *off-shore*, na medida em que a pesquisa quantitativa permite que se defina o foco 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.

7.1 ALCANCE DOS OBJETIVOS

Revisitando os objetivos desta pesquisa, apresentados no Item 1.5, observa-se que todos foram plenamente atingidos nesta pesquisa. Foi aplicado um método de análise sobre a variação de latência em três cenários operacionais reais de um supervisor de controle, de uma unidade de produção de petróleo, definindo os requisitos de latência necessários para este modelo de operação. Foi possível aplicar mecanismos para a redução de atrasos gerados pela rede, auxiliando na elaboração de projetos em que o desempenho seja significativo.

Esta pesquisa conseguiu quantificar a influência da variação da latência, sendo possível identificar o intervalo em quais unidades de produção a infraestrutura de telecomunicações possui condições de atendimento aos parâmetros operacionais necessários para a comunicação com as unidades de produção para o modelo de operações remotas e quais requisitos são necessários para melhorá-la.

Através do modelo PPTO aplicado a pesquisa qualitativa, foi possível identificar as questões organizacionais mais relevantes que possam influenciar neste novo modelo de operação. Por fim, foi construído um método de análise sobre a variação de sistema de alta latência, definindo as diretrizes necessárias para este modelo de operação, utilizando a infraestrutura satélite atual do contexto brasileiro

É importante salientar, entretanto, que independentemente da questão da influência da latência sobre o meio de transmissão via satélite, só será possível operar remotamente unidades de produção ou qualquer necessidade operacional que demande esta infraestrutura, se houver:

- a) A replicação total dos sistemas supervisórios SCADA das unidades a serem operadas remotamente;
- b) Os sistemas de comunicação via rádio UHF/VHF, telefonia fixa, telefonia satélite disponíveis e com alto grau de disponibilidade (redundância);
- c) Plano de contingência estabelecido e pronto para ser implementado em casos de perda total de comunicação com a unidade *off-shore*;
- d) Sistema de transmissão de imagens em tempo real replicando as imagens da unidade *off-shore*;

- e) Um método de gestão de riscos que auxilie a identificar, de forma sistemática, os riscos operacionais e suas possíveis causas e consequências;
- f) Definição do processo de trabalho neste modelo de operação e acordo com a alta gerência da companhia.

7.2 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Um aspecto relevante do método definido neste trabalho, que poderia ser explorado por outros trabalhos, é a sua aplicação a outros cenários de operações remotas, como sondas de perfuração, sistemas navais, barcos de estimulação de poços de petróleo, ou seja, qualquer cenário que necessite um alto desempenho das redes de comunicação de dados, mas que possuam restrições de infraestrutura de baixa latência disponíveis.

Outra opção seria realizar pesquisas abordando especificamente os ganhos de segurança, obtidos com a redução de pessoas a bordo, em uma unidade de produção de petróleo, utilizando o cenário de operações remotas.

Também seria de grande valia a aplicação do resultado deste trabalho a casos fora da indústria do petróleo, como a comunicação entre centros de comando e controle, sendo a comunicação via satélite o meio estabelecido em casos de ocorrências de desastres e qualquer outras intervenções, que possam interromper a comunicação com os sistema de baixa latência, como fibra óptica, cabos elétricos entre outras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRÃO, C. I. **Desempenho em ambientes de web considerando diferenciação de serviços (QoS) em caches, rede e servidor: modelagem e simulação**. 2008. 168 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de São Paulo – USP, São Carlos, 2008. Aquarius, Tela, disponível em http://www.aquarius.com.br/Boletim/Mecatronica_iFIX_nos_terminais_da_Transpetro_Jul-2012_artigo.pdf acesso em 10 de setembro 2014
2. ADEFULU, Y. **Enhancing Asset Performance: How Can the Benefits of Collaborative Work Environments be Effectively Measured?** SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition. Utrecht, The Netherlands: Society of Petroleum Engineers. 2: 1044-1063 p. 2010.
3. AGAWANI, M. M., Abdalla, T. S., Almustafa, F. Z., & Ho, K. M. (2017, March 6). **Developing Home Grown Talent Operations' Manpower**. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/183774-MS
4. ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações. **Sistemas Satélites de média órbita** <https://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2018>. Acesso em: 01/10/2018 às 17:08h.
5. AL-JASMI, A. K., Al-Zaabi, H., Goel, H. K., AL-Hamer, M., Vellanki, R., Singh, S., Moricca, G. (2015, March 3). **Next Generation Diagnosis and Optimization Workflow for Digital Oilfield**. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/173403-MS
6. ATEMIN, A., Iskandar, F. F., & Abd Aziz, A. (2017, November 13). **Real-Time Operation: Game Changer Towards Effective and Collaborative Drilling Operation**. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/188904-MS
7. BEHOUNEK, M., Nguyen, D., Halloran, S., Isbell, M., Mandava, C., Vinay, N., Hoefling, C. (2018, March 6). **Operators' Group, Rig Contractors, and OEM/Service Company Work to Solve Rig Data Quality Issues**. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/189626-MS
8. BICAS, Harley E.A. 2008. **Ineditismo, Originalidade, Importância, Publicidade, Interesse e Impacto de Artigos Científicos**. Arq. Bras. Oftalmol. 71(4):473-474.
9. BOGAERT, P. M. et al. **Improving Oil Production Using Smart Fields Technology in the SF30 Satellite Oil Development Offshore Malaysia**. 2004. Offshore Technology Conference. Houston, Texas.
10. BOGAERT, P.M., Yang, W., Meijers, H.C., van Dongen, J.C.M and Konopczynski, M. 2004. **Improving Oil Production Using Smart Fields Technology in the SF30 Satellite Oil Development Offshore Malaysia**. Paper presented at the Offshore Technology
11. BOOM, L.; FOOK, L. **Journey towards remote operation in Sabah offshore operations**. 2003. SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition held, 2003, Jakarta, Indonesia. Proceedings... Richardson: Society of Petroleum Engineers.

12. BOOTH, J.E., **Real-Time Drilling Operations Centers: A History of Functionality and Organizational Purpose - The Second Generation**. 2011. SPE Drilling & Completion. 26(02):295-302. SPE-126017-PA. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/126017-PA>
13. BRANNIGAN, J.; VEENINGEN, D. **Human factor principles in remote operation centers**. 2008. SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition held, 2008a, Amsterdam, The Netherlands. Proceedings... Richardson: Society of Petroleum Engineers.
14. BREU, L, **Traffic Analysis of Servers**. 2007. TeseTIK- Institut Technische Informatik und Kommunikationsnetze. Zurich.
15. BRULÉ, M.R., Charalambous, Y., Crawford, M.L and Crawley, C.M. 2008. **Bridging the Gap Between Real Time Optimization and Information Based Technologies**. 2008. SPE 116758. Paper presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Denver, Colorado, USA, doi: <http://dx.doi.org/10.2118/116758-MS>
16. CABRAL, J. et al. **Multimedia Systems for Telemedicine and Their Communications Requirements**. 2006. Washington, EUA. Image Computing Sytems Laboratory – University of Washington, 0163-6804, Washington, USA, 2006.Conference held in Houston, Texas, U.S.A., 3–6 May. OTC 16162. doi: <http://dx.doi.org/10.4043/16162-MS>
17. CAMERON, Kim S.; QUINN, Robert E. **Diagnosing and changing organizational culture**. San Francisco: Jossey-Bass, 2006.
18. CERUTTI, F. A. **Uma Abordagem de Plano de Controle Para QoS Dinâmica em Fluxos de Voz nas Redes IP**. 2006. 227 f. Tese - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
19. COELHO, Larissa de Lima Vieira and PAPARELLI, Renata. **A experiência do trabalhador offshore: o caso de operadores de ROV**. In Proceedings of the 1nd Seminário de Saúde do Trabalhador de Franca, 2010, Franca (SP, Brazil) [online]. 2010 [cited 07 January 2020]. Available from: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000112010000100009&lng=en&nrm=iso> .
20. CHATAR, C., Stepnov, A., Mardyashov, A., & Gonzalez, J. R. E. (2016, March 1). **Remote Directional Drilling and Logging While Drilling Operations in the Arctic**. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/178873-MS
21. CHOI, Y. et al. Telemedicine in the USA: **Standardization through Information Management and Technical Applications**. 2006. IEEE Communications Magazine – James Madison University, 29071, Harrisonburg, USA.
22. CRESWEEL, J. Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research. New York: Pearson. Creative Education, Vol.6 No.15, September 10, 2015
23. CLYDE, R., Akinniranye, G., Goobie, R., Alvarez, C. E. and Gorgone, I. 2007. **Mobile Support Center Provides Cost-Effective Alternative to Dedicated Facility**. paper presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition held in Anaheim, California, U.S.A, SPE 108706. doi: <https://doi.org/10.2118/108706-MS>

24. CRAWFORD, M. L., Hoefner, M. L. and Oakes, J. E. **A Standard Solution for Upstream Oil and Gas Surveillance**. 2008. Presented at the Intelligent Energy Conference and Exhibition. Amsterdam, The Netherlands: Society of Petroleum Engineers. SPE 112152. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/112152-MS>
25. CREMONEZI, R. et al. **Implantação da sala de controle remoto (SCR) para a plataforma de Mexilhão**. 2014. CICAP – Congresso de Instrumentação Controle e Automação da Petrobras. São Paulo, Brasil. Disponível em: <<http://blogdomontanha.wordpress.com/2012/05/09/3-cicap-congresso-de-instrumentacao-controle-e-automacao-da-petrobras/>>. Acesso em: 30 mar. 2014.
26. CRONIN, Blaise. **Esquemas conceituais e estratégicos para a gerência da informação**. 1990. Revista da Escola de Biblioteconomia da UFMG, v. 19, n. 2, p. 195-220.
27. DICKSON, W., Ogolo, F., & Delbianco, A. (2015, June 1). **Project Options to Monetize Stranded Gas**. 2015. Offshore Mediterranean Conference.
28. EDWARDS, A.R. **Integrated Operations (IO) in Mining and Oil and Gas, What can we learn from each other?** 2015. Presented at the SPE Middle East Intelligent Oil and Gas Conference and Exhibition, 15-16 September, Abu Dhabi, UAE. SPE-176814-MS. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/176814-MS>
29. EDWARDS, A.R. and Gordon, B. **Using Unmanned Principles and Integrated Operations to Enable Operational Efficiency and Reduce Capex and Opex Costs**. 2015. Paper presented and the SPE Middle East Intelligent Oil & Gas Conference & Exhibition held in Abu Dhabi, UAE, SPE-176813. doi: <https://doi.org/10.2118/176813-MS>
30. EDWARDS, T., Mydland, O. and Henriquez, A. **The Art of Intelligent Energy (iE) - Insights and Lessons Learned From the Application of iE**. 2010. SPE 128669. Presented at the SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition, 23-25 March, Utrecht, The Netherlands. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/128669-MS>
31. ELLENDER, D. **Digital Architecture Technology Brings Full-Scale Automations To Remote Oil, Gas Fields**. 2005. The American Oil & Gas Reporter. Disponível em: <https://www.emersonprocess.com/Remote/Emerson/success_stories/AOGR%20Eprint%200805.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2014.
32. França, Josue & Haddad, Assed & Luquetti, Isaac & Santos,. (2018). **Estudo de Caso: Análise de Tarefas Cognitivas do Trabalho do Posto de Operação de um Terminal de Transferência e Estocagem de Petróleo com Foco nos Fatores Humanos**.
33. FONSECA, B. et al. **Análise de desempenho de protocolos em redes ethernet para aplicações em tempo real**. 2011. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia de Computação e Automação) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2011.
34. FALK, R.; FRIES, S. **Profiling the Protection of Sensitive Enterprise Multimedia Communication**. In: Fourth International Conference on Internet and Web Applications and Services. 2009. Proceedings. IEEE Computer Society. 2009. p. 239-246.
35. FUKS, H. et al. **Towards the Use of Collaborative Virtual Environments to Crew Unmanned Oil Platforms**. 13th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, 2009. p.462-467.

36. FLICK, U. **Introdução à Pesquisa Qualitativa**, 3ª Edição, Artmed Ed., São Paulo, Brasil, 2009.
37. GILSINN, J. **Ethernet/IP Race Track: Performance Metrics & Testing for your Industrial Network Interface** In: ISA Industrial Ethernet Technical Conference. 2003. Disponível em: <http://www.isa.org/Template.cfm?Section=Technical_Paper_Collections&template=/ProductDisplay.cfm&ProductID=12866.pdf>. Acesso em: 10 out. 2013.
38. GOMES, R. D., et al. **Modelo para simulação realista de redes de sensores sem fio industriais**. XXXIII Simpósio Brasileiro de Telecomunicações. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/281559505_Modelo_para_Simulacao_Realista_de_Redes_de_Sensores_sem_Fio_Industriais>. Acesso em: 03. set. 2016.
39. GORGONE, I. A., Gomez, J. E., & Uddenberg, G. **Remote Operations, The Future of Drilling: Directional Drilling Remote Control**. 2008. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/112599-MS
40. GODOY, A.S. Introdução à Pesquisa Qualitativa e suas Possibilidades. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995.
41. GÜNTHER, H. Pesquisa Qualitativa Versus Pesquisa Quantitativa: Esta é a Questão? **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, V. 22, n. 2, pp. 201-210, 2006.
42. HENDERSON, G. The Impact of Digital Technologies on the Global Shell EP Business. Offshore Technology Conference. Houston, Texas 2005.
43. HENDERSON, J., Hepsø, V. and Mydland, Ø. **What is a Capability Platform Approach to Integrated Operations? An Introduction to Key Concepts**. 2013. In: Rosendal, T. and Hepsø, V. Integrated Operations in the Oil and Gas Industry: Sustainability and Capability Development. IGI Global. USA. pp. 1-19. doi: 10.4018/978-1-4666-2002-5.ch001
44. HERBERT, M., Pedersen, J. and Pedersen T. **A step change in collaborative decision making - Onshore drilling center as the new work space**. 2003. Paper presented at the SPE Annual Conference and Exhibition, Denver, Colorado, U.S.A. SPE-84167-MS. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/84167-MS>
45. HERKENHOFF, D. A. **Estudo de diretrizes para avaliação de maturidade de processos: o caso de uma empresa de energia**. 2011. (Dissertação de Mestrado). Mestrado em Sisemas de Gestão, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil.
46. HEPSE, 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.
47. HUCKEBY, J. (2017, March 14). **Developing Remote Operations Capabilities in the US Land Market**. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/184733-MS
48. IFE, Institute for Energy Technology. **Integrated operations**. Disponível em: <https://ife.no/en/>, Acesso em: 02/01/2020 às 14:18h.

49. KAPLOWITZ, M. D., Hadlock, T. D. and Levine, E. R. **A Comparison of Web and Mail Survey Response Rates.** 2004. Public Opinion Quarterly, 68(1):98-101. doi: 10.1093/poq/nfh006
50. KAPTEIJN, P. K. A. **Smart Fields: How to Generate More Value from Hydrocarbon Resources.** 2002. 17th World Petroleum Congress. Rio de Janeiro, Brazil: World Petroleum Congress 2002.
51. Kuga, H.K. Técnicas de determinação de órbita de satélites artificiais. In: Prado, A.F.B.A.; Kuga, H.K. (eds.) Fundamentos de tecnologia espacial. São José dos Campos: INPE, 2001. p.137-169.
52. LANDGREN, K. et al. **Progress in integrated operations centers. Intelligent Energy Conference and Exhibition.** Amsterdam, The Netherlands: Society of Petroleum Engineers. 1: 158-162 p. 2008.
53. LAPOINT E, D., WINSLOW, J; **Analyzing and Simulating Network Traffic.** In: **A MAJOR QUALIFYING PROJECT REPORT SUBMITTED TO THE FACULTY OF THE WORCESTER POLYTECHNIC INSTITUTE.** In partial fulfillment of the Degree of Bachelor of Science, 2001.
54. LEVETT, B. **Remotely operated platforms: Fact, Fiction or Future.** In: SPE Annual Technical Conference and Exhibition Held, 2006, Texas, U.S.A. Proceedings... Richardson: Society of Petroleum Engineers, 2006.
55. LIMA, C.B.C and Gomes, J.A.T. 2013. **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. doi: 10.4018/978-1-4666-2002-5.ch014
56. LIMA, C.B.C., Lima G.B.A., Quelhas, O.L. G. and Ferreira, R. N. 2015. **Integrated Operations: Value and Approach in the Oil Industry.** Brazilian Journal of Operations & Production Management 12(1):74-87. doi: 10.14488/BJOPM.2015.v12.n1.a8
57. MacLEOD, M. October 2016. **What makes interdisciplinarity difficult? Some consequences of domain specificity in interdisciplinary practice.** Synthese. pp 1-24. doi: 10.1007/s11229-016-1236-4
58. MATHEUS, C.E.M. 2012. **Filosofia da Pesquisa, Capítulo 1.** In: Perdigão, D.M., Herlinger, M. and White, O.M. Teoria e Prática da Pesquisa Aplicada. Rio de Janeiro, Brasil, Elsevier Editora Ltda, pp. 21-31
59. MALIARDI, A. and Renzo, D. 2014. **Real-Time Well Operations Centres to Enhance Performances in Drilling & Well Productivity.** Presented at the International Petroleum Technology Conference, 10-12 December, Kuala Lumpur, Malaysia. IPTC-18017-M. doi: <http://dx.doi.org/10.2523/IPTC-18017-MS>
60. MEMULETIWON, D. T., Zimughan, J. T., Etukudoh, B. I., Olami, O., Ntemuse, J. S., Roberts, E. N., & Oranye, I. C. (2018, April 30). **Virtualization: An Innovative Way to Reducing CAPEX and OPEX for Control Systems.** Offshore Technology Conference. doi:10.4043/28998-MS
61. MENEZES, L. E. **Predição da indisponibilidade por chuvas em redes VSAT no Brasil.** 2004. (Tese de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro).

Mestrado em engenharia de redes, Pontifca Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

62. 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. (Tese de Mestrado, Universidade Federal Fluminense). Mestrado em Sistemas de Gestão, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil.
63. MOORE-CERNOCH, K. 2010. **Advanced Collaborative Environments Stay the Course, Transform the Business. Presented at the Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference held in Abu Dhabi, UAE, 1–4 November**. SPE 138595. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/138595-MS>
64. MORESI, E. A. D. **Delineando o valor do sistema de informação de uma organização**. Ciência da Informação, Brasília, v.29, n.1,p.14-24, jan./abr. 2000. 575 Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ci/v29n1/v29n1a2>>. Acesso em: 02 fev. 2017.
65. MORO, M. P. **Análise e Estimativa de Desempenho de Redes Profibus**. Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. 104 F. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em computação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
66. MUSTAQUIM, M.M. 2015. **A reflection on interdisciplinarity research in universal design toward sustainability**. Univ Access Inf Soc. 16(1):73–83 doi: 10.1007/s10209-015-0425-0
67. MULTIREDE INFORMÁTICA LTDA. **BGP Configuração e depuração**. São Paulo, 2008.
68. NASSIF, L. N. **Internet via satélite: as expectativas da comunicação em banda larga e as implicações tecnológicas**. Belo Horizonte: Centro de Desenvolvimento e Estudos da Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte, 2016.
69. NORMAN, G. 2010. **Likert scales, levels of measurement and the “laws” of statistics**. Advances in Health Science Education, 15:625-632. doi:10.1007/s10459-010-9222-y
70. Neto, A. R. da S., Shimoda, E., Martins, S. N., & Junior, M. E. (2015). **SELEÇÃO DE CRITÉRIOS PARA PRIORIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE TELECOMUNICAÇÕES EM PLATAFORMAS DE PETRÓLEO**. Exatas & Engenharias, 5(12). <https://doi.org/10.25242/885X5122015657>
71. PANDE, A. **Digital Oilfield Workflows for increased automation**. SPE Oil and Gas India Conference and Exhibition. Mumbai, India: Society of Petroleum Engineers 2010.
72. PATEL, K., Bakhurji, A., Salloum, H., Kim, H., Winarno, M., & Mubarak, S. (2018, August 16). **Use of Advanced Process Control for Automating Conventional Oilfield Operations**. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/192393-MS

73. PETROBRAS. **Gasoduto Lula Mexilhão começa a operar na Bacia de Santos.** Disponível em: <http://fatosedados.blogspot.com.br/2011/09/19/gasoduto-lula-mexilhao-comeca-a-operar-na-bacia-de-santos>, Acesso em: 01/10/2018 às 18:00h.
74. PETROBRAS. **Utilizamos alta tecnologia com fibra óptica para monitorar faixa de dutos.** Disponível em: <http://www.petrobras.com.br/fatos-e-dados/utilizamos-alta-tecnologia-com-fibra-optica-para-monitorar-faixa-de-dutos.htm>, Acesso em: 01/10/2018 às 17:08h.
75. PETROBRAS. **Plano de negócios.** Disponível em: <http://www.investidorpetrobras.com.br/pt/plano-de-negocios/plano-de-negocios-2012-2016.htm>, Acesso em: 06/10/2018 às 12:26h.
76. PIRES, M, A. **A importância dos sistemas supervisórios no controle de processos industriais.** Ouro Preto, Minas Gerais, 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de controle e automação) - Universidade federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2009.
77. PHILLIPS, Estelle M. and Pugh, Derek, S. 2005. **How to get a PhD, 4th Edition**, Open University Press, Buckingham.
78. ROBERT, S., Fiffick, W., Davis, D., Guillory, R., Myers, J., & Mandava, C. (2018, March 6). **Optimizing Remote Operations Support Using an Effective Real-Time Model for Improved Drilling Performance.** Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/189663-MS
79. RODRIGUEZ, J.M. 2016. **Disciplinarity and interdisciplinarity in citation and reference dimensions: knowledge importation and exportation taxonomy of journals.** *Scientometrics*. 110(2):617–642. doi: 10.1007/s11192-016-2190-0
80. ROSENDAHL, T.; HEPSØ, V. **Integrated Operations in the Oil and Gas Industry: Sustainability and Capability Development. 1ª Edição.** Hershey, EUA: Business Science Reference (an imprint of IGI Global), 2013. ISBN 978-1-4666-2003-2.
81. SALVADOR, F, J. **Utilização de novas Tecnologias de Telecomunicações em plataformas petrolíferas offshore.** Rio Grande do Norte, Natal, 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.
82. SILVA, I, M, D. **Análise de desempenho de sistemas de comunicação sem-fio para monitoramento de unidade de produção de poços petrolíferos terrestres.** Rio Grande do Norte, Natal, 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.
83. SOUZA, A.B.S. 2010. **Modelo de Avaliação das Atividades da Gestão do Conhecimento no Sistema De Gestão Ambiental, tese de doutorado**, apresentada junto à Universidade Federal de Santa Catarina
84. SOUZA, R. (2013, October 29). **Original View on Brazilian Local Content Regulatory Environment.** Offshore Technology Conference. doi:10.4043/24363-MS
85. STENHOUSE, B.J. 2008. **Modelling and Optimisation in BP Exploration and Production; Case Studies and Learnings.** Presented at the SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition held in Amsterdam, The Netherlands. SPE 112148. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/112148-MS>

86. STRASUNSKAS, D.; TOMASGARD, A. **A method to access value of Integrated Operations.** AMCIS Proceedings 2010.
87. STRASUNSKAS, D.; TOMASGARD, A.; NYSTAD, A. N. **A framework to assess value of intelligent petroleum fields and integrated operations.** SPE Intelligent Energy International. Utrecht, The Netherlands: Society of Petroleum Engineers. 2: 825-835 p. 2012.
88. SVENES, M. et al. **Enhanced awareness of offshore teleoperation.** In: SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition held, 2008b, Amsterdam, The Netherlands. Proceedings... Richardson: Society of Petroleum Engineers, 2008.
89. SYLTHE, O., & Brewer, T. (2018, April 30). **The Impact of Digitalization on Offshore Operations.** Offshore Technology Conference. doi:10.4043/28689-MS
90. 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.
91. TARAPANOFF, Kira (Org.). **Inteligência, informação e conhecimento** [em corporações]. Brasília: Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia: Ibict; UNESCO, 2006. 453 p.
92. TARRANT, S. P. and Thiele, L. P. 2017. **Enhancing and promoting interdisciplinarity in higher education.** J Environ Stud Sci. 7, (2):355-360. doi: 10.1007/s13412-016-0402-9
93. THOMAS, J. E. **Fundamentos de engenharia de petróleo.** 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2001. 161p.
94. THOROGOOD, M. et al. **The Right People, Process and Technology: A Formula to Value-Added.** Offshore Mediterranean Conference and Exhibition. Ravenna, Itália 2009.
95. THORSEN, A. K., Undheim, M., & Ferrero, R. (2014, April 1). **Factors Affecting Implementation of Global Remote Operations.** Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/167865-MS
96. THORSEN, A.K., Erland, S. and Dagestad, J.O. 2013. Remote Operations Center – **An Efficient and Highly Competent Environment to Optimize Operational Performance and Reduce Risk.** Presented at the SPE/IADC Drilling Conference, Amsterdam, The Netherlands. SPE 163431. doi: <http://dx.doi.org/10.2118/163431-MS>
97. TOTH, D. A., Dickens, J., & Overton, D. (2008, January 1). **Pace and Scale Deployment of a Real-Time Information System.** Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/112118-MS
98. URDANETA, P Iraset. **De que falamos quando falamos de informação?** INFOLAC, Caracas. v. 4, n. 1, p. 3-5, mar. 1991.
99. WANG, X., Wang, Z., Huang, Y., Chen, Y., Zhang, Y., Ren, H., Li, R. and Pang, J. 2017. **Measuring interdisciplinarity of a research system: detecting distinction between publication categories and citation categories.** *Scientometrics*. In press. pp 1-17. Doi: 10.1007/s11192-017-2348-4

100. VERGARA, Sylvia Constant, **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**, 13ª Edição, São Paulo, Atlas, 2011.
101. YIN, Robert K, **Estudo de caso: planejamento e métodos, 2ª Ed.**, Porto Alegre: Bookman, 2001
102. ZHU, L. et al. **A Seamless Handoff Scheme for Train-Ground Communication Sytems in CTBC**. Ottawa, ON, Canada, 2010. Department of Systems and Computer Engineering – Carleton University, 0163-6804, Ottawa, ON, Canada, 2010.

APÊNDICE A – ARQUIVO HOSTS DE CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA SCADA

```
# Copyright (c) 1993-1999 Microsoft Corp.
#
# This is a sample HOSTS file used by Microsoft TCP/IP for Windows.
#
# For example:
#
# 102.54.94.97 rhino.acme.com    # source server
# 38.25.63.10 x.acme.com       # x client host

127.0.0.1 localhost
10.136.13.151 MX1ELES1
10.136.13.152 MX1ELES1_2
10.136.13.153 MX1ELES2
10.136.13.154 MX1ELES2_2
10.136.13.155 MX1E_FS1
10.136.13.156 MX1E_FS1_2
10.136.13.157 MX1E_FS2
10.136.13.158 MX1E_FS2_2
10.136.13.159 MX1CONS1
10.136.13.160 MX1CONS1_2
10.136.13.161 MX1CONS2
10.136.13.162 MX1CONS2_2
10.136.13.163 MX1PACS1
10.136.13.164 MX1PACS1_2
10.136.13.165 MX1PACS2
10.136.13.166 MX1PACS2_2
10.136.13.167 MX1HISTS1
10.136.13.168 MX1HISTS2
10.136.13.169 MX1C1
10.136.13.170 MX1C2
10.136.13.171 MX1C3
10.136.13.172 MX1C4
10.136.13.173 MX1C5
10.136.13.174 MX1MNT1
10.136.13.175 MX1MNT2
10.136.13.176 MX1ENG1
10.136.13.7 PLCELEA
10.136.13.17 PLCELEB
10.136.13.28 PLCESDA
10.136.13.38 PLCESDB
10.136.13.46 PLCFEGA
10.136.13.56 PLCFEGB
10.136.13.2 PLCELEteste
10.136.13.23 PLCESDteste
10.136.13.39 PLCFEGteste
10.136.13.42 PLCELE
10.136.13.43 PLCESD
10.136.14.252 MX1HISTS1SQL
10.136.14.253 MX1HISTS1SR
10.136.13.219 EMED
10.136.13.194 MSUB
10.152.21.34 S6020TS15
10.136.13.194 MCSA-EWS-01
10.136.13.195 MCSB-EWS-01
10.136.14.248 HMIIB
```

APÊNDICE B – TESTES DE HIPÓTESES

Grupo D - Coeficiente Alfa de Cronbach (D1 a D5) = 0,9891

Grupo D – Teste de hipóteses para avaliar se há diferença estatisticamente significativa nas respostas de cada cenário de latência (Teste de Kruskal-Wallis):

Kruskal-Wallis Test on D (média respostas)

Cenário de latência	N	Median	Ave Rank	Z
1- Satélite	15	3,200	8,9	-5,08
2- Sat. + QoS	15	4,400	25,4	0,85
3- Sat. + QoS + acel.	15	4,400	34,7	4,23
Overall	45		23,0	

H = 29,60 DF = 2 P = 0,000

H = 32,33 DF = 2 **P = 0,000** (adjusted for ties)

Grupo E - Coeficiente Alfa de Cronbach (E1 a E5) = 0,9987

Grupo E – Teste de hipóteses para avaliar se há diferença estatisticamente significativa nas respostas de cada cenário de latência (Teste de Kruskal-Wallis):

Kruskal-Wallis Test on E (média respostas)

Cenário de latência	N	Median	Ave Rank	Z
1- Satélite	15	4,000	16,8	-2,23
2- Sat. + QoS	15	4,800	22,1	-0,34
3- Sat. + QoS + acel.	15	4,800	30,1	2,56
Overall	45		23,0	

H = 7,77 DF = 2 P = 0,021

H = 9,77 DF = 2 **P = 0,008** (adjusted for ties)

Avaliação da consistência interna dos grupos de perguntas Pessoas (D) e Tecnologia (E) utilizando o Alfa de Cronbach

Saídas do software Minitab 18

Análise de Itens de D1; D2; D3

* NOTA * As seguintes variáveis tinham variação zero e foram omitidas dos cálculos: D1; D2

* ERRO * São necessárias no mínimo duas variáveis

Análise de Itens de D1; D2; D3; D4

* NOTA * As seguintes variáveis tinham variação zero e foram omitidas dos cálculos: D1; D2

* NOTA * O cálculo das estatísticas de um item omitido exige mais de 2 variáveis.

Matriz de Correlação

Correlação de Pearson de D3 e D4 = 0,963

Estatísticas de Itens e Gerais

Variável	Contagem		
	Total	Média	DesvPad
D3	45	3,4444	0,9184
D4	45	3,3778	0,9364
Total	45	6,8222	1,8376

Alfa de Cronbach

Alfa

0,9812

Análise de Itens de D1; D2; D3; D5

* NOTA * As seguintes variáveis tinham variação zero e foram omitidas dos cálculos: D1; D2

* NOTA * O cálculo das estatísticas de um item omitido exige mais de 2 variáveis.

Matriz de Correlação

Correlação de Pearson de D3 e D5 = 0,954

Estatísticas de Itens e Gerais

Variável	Contagem		
	Total	Média	DesvPad
D3	45	3,4444	0,9184
D5	45	3,3556	0,9572
Total	45	6,8000	1,8537

Alfa de Cronbach

Alfa

0,9759

Análise de Itens de D1; D2; D3; D4; D5

* NOTA * As seguintes variáveis tinham variação zero e foram omitidas dos cálculos: D1; D2

Matriz de Correlação

	D3	D4
D4	0,963	

D5 0,954 0,988

Conteúdo da Célula

Correlação de Pearson

Estatísticas de Itens e Gerais

Variável	Contagem		
	Total	Média	DesvPad
D3	45	3,444	0,918
D4	45	3,378	0,936
D5	45	3,356	0,957
Total	45	10,178	2,782

Alfa de Cronbach

Alfa

0,9891

Estatísticas de item omitido

Variável Omitida	Média		DesvPad Total Ajust.	Item - Corr Total Aj.	Múltiplas Corr. Quadradas	Alfa de Cronbach
	Total	Ajust.				
D3	6,733	1,888	0,9613	0,9279	0,9938	
D4	6,800	1,854	0,9872	0,9807	0,9759	
D5	6,822	1,838	0,9800	0,9759	0,9812	

Análise de Itens de E1; E4; E5

* NOTA * As seguintes variáveis tinham variação zero e foram omitidas dos cálculos: E5

*** NOTA * O cálculo das estatísticas de um item omitido exige mais de 2 variáveis.**

Matriz de Correlação

Correlação de Pearson de E1 e E4 = 0,990

Estatísticas de Itens e Gerais

Variável	Contagem		
	Total	Média	DesvPad
E1	45	4,2889	0,9914
E4	45	4,2667	1,0313
Total	45	8,5556	2,0176

Alfa de Cronbach

Alfa

0,9945

Análise de Itens de E1; E2; E4; E5

* NOTA * As seguintes variáveis tinham variação zero e foram omitidas dos cálculos: E5

Matriz de Correlação

	E1	E2
E2	0,990	
E4	0,990	1,000

Conteúdo da Célula

Correlação de Pearson

Estatísticas de Itens e Gerais

Variável	Contagem		
	Total	Média	DesvPad
E1	45	4,289	0,991
E2	45	4,267	1,031
E4	45	4,267	1,031
Total	45	12,822	3,047

Alfa de Cronbach

Alfa

0,9976

Estatísticas de item omitido

Variável Omitida	Média	DesvPad	Item - Corr Total Aj.	Múltiplas Corr. Quadradas	Alfa de Cronbach
	Total	Total			
	Ajust.	Ajust.			
E1	8,533	2,063	0,9899	0,9799	1,0000
E2	8,556	2,018	0,9976	1,0000	0,9945
E4	8,556	2,018	0,9976	1,0000	0,9945

Análise de Itens de E1; E3; E4; E5

* NOTA * As seguintes variáveis tinham variação zero e foram omitidas dos cálculos: E5

Matriz de Correlação

	E1	E3
E3	0,990	
E4	0,990	1,000

Conteúdo da Célula

Correlação de Pearson

Estatísticas de Itens e Gerais

Variável	Contagem		
	Total	Média	DesvPad
E1	45	4,289	0,991
E3	45	4,267	1,031
E4	45	4,267	1,031
Total	45	12,822	3,047

Alfa de Cronbach

Alfa

0,9976

Estatísticas de item omitido

Variável Omitida	Média	DesvPad	Item - Corr Total Aj.	Múltiplas Corr. Quadradas	Alfa de Cronbach
	Total	Total			
	Ajust.	Ajust.			
E1	8,533	2,063	0,9899	0,9799	1,0000
E3	8,556	2,018	0,9976	1,0000	0,9945
E4	8,556	2,018	0,9976	1,0000	0,9945

Análise de Itens de E1; E2; E3; E4; E5

* NOTA * As seguintes variáveis tinham variação zero e foram omitidas dos cálculos: E5

Matriz de Correlação

	E1	E2	E3
E2	0,990		
E3	0,990	1,000	
E4	0,990	1,000	1,000

Conteúdo da Célula

Correlação de Pearson

Estatísticas de Itens e Gerais

Variável	Contagem		
	Total	Média	DesvPad
E1	45	4,289	0,991
E2	45	4,267	1,031
E3	45	4,267	1,031
E4	45	4,267	1,031
Total	45	17,089	4,078

Alfa de Cronbach

Alfa

0,9987

Estatísticas de item omitido

Variável Omitida	Média	DesvPad	Item - Corr Total Aj.	Múltiplas Corr. Quadradas	Alfa de Cronbach
	Total	Total			
E1	12,800	3,094	0,9899	0,9799	1,0000
E2	12,822	3,047	0,9989	1,0000	0,9976
E3	12,822	3,047	0,9989	1,0000	0,9976
E4		3,047	0,9989	1,0000	0,9976

APÊNDICE C – VALORES DA LATÊNCIA REGISTRADOS

Cenário de latência (Satélite / Satélite + QoS / Satélite + QoS + acelerador)	Valor da latência antes do comando (ms)	Nome	Lotação
1	850	Colaborador 1	P1
2	708	Colaborador 1	P1
3	512	Colaborador 1	P1
1	820	Colaborador 2	P1
2	715	Colaborador 2	P1
3	525	Colaborador 2	P1
1	910	Colaborador 3	P1
2	750	Colaborador 3	P1
3	560	Colaborador 3	P1
1	930	Colaborador 4	P1
2	726	Colaborador 4	P1
3	550	Colaborador 4	P1
1	935	Colaborador 5	P1
2	730	Colaborador 5	P1
3	560	Colaborador 5	P1
1	960	Colaborador 1	Outras unidades
2	850	Colaborador 1	Outras unidades
3	720	Colaborador 1	Outras unidades
1	1.332	Colaborador 2	Outras unidades
2	862	Colaborador 2	Outras unidades
3	735	Colaborador 2	Outras unidades
1	1.445	Colaborador 3	Outras unidades
2	876	Colaborador 3	Outras unidades
3	725	Colaborador 3	Outras unidades
1	1.114	Colaborador 4	Outras unidades
2	825	Colaborador 4	Outras unidades
3	745	Colaborador 4	Outras unidades
1	935	Colaborador 5	Outras unidades
2	730	Colaborador 5	Outras unidades
3	627	Colaborador 5	Outras unidades
1	805	Colaborador 1	Outras unidades
2	762	Colaborador 1	Outras unidades
3	606	Colaborador 1	Outras unidades
1	810	Colaborador 2	Outras unidades
2	725	Colaborador 2	Outras unidades
3	642	Colaborador 2	Outras unidades
1	802	Colaborador 3	Outras unidades

2	710	Colaborador 3	Outras unidades
3	653	Colaborador 3	Outras unidades
1	803	Colaborador 4	Outras unidades
2	712	Colaborador 4	Outras unidades
3	630	Colaborador 4	Outras unidades
1	810	Colaborador 5	Outras unidades
2	725	Colaborador 5	Outras unidades
3	627	Colaborador 5	Outras unidades

APÊNDICE D – Algoritmo em Python_Wordcloud

```

from wordcloud import (WordCloud, get_single_color_func)
import matplotlib.pyplot as plt

class SimpleGroupedColorFunc(object):
    """Create a color function object which assigns EXACT colors
    to certain words based on the color to words mapping

    Parameters
    -----
    color_to_words : dict(str -> list(str))
        A dictionary that maps a color to the list of words.

    default_color : str
        Color that will be assigned to a word that's not a member
        of any value from color_to_words.
    """

    def __init__(self, color_to_words, default_color):
        self.word_to_color = {word: color
                               for (color, words) in color_to_words.items()
                               for word in words}

        self.default_color = default_color

    def __call__(self, word, **kwargs):
        return self.word_to_color.get(word, self.default_color)

class GroupedColorFunc(object):
    """Create a color function object which assigns DIFFERENT SHADES of
    specified colors to certain words based on the color to words mapping.

    Uses wordcloud.get_single_color_func

    Parameters
    -----
    color_to_words : dict(str -> list(str))
        A dictionary that maps a color to the list of words.

    default_color : str
        Color that will be assigned to a word that's not a member
        of any value from color_to_words.
    """

```

```

def __init__(self, color_to_words, default_color):
    self.color_func_to_words = [
        (get_single_color_func(color), set(words))
        for (color, words) in color_to_words.items()]

    self.default_color_func = get_single_color_func(default_color)

def get_color_func(self, word):
    """Returns a single_color_func associated with the word"""
    try:
        color_func = next(
            color_func for (color_func, words) in self.color_func_to_words
            if word in words)
    except StopIteration:
        color_func = self.default_color_func

    return color_func

def __call__(self, word, **kwargs):
    return self.get_color_func(word)(word, **kwargs)

text = """The Zen of Python, by Tim Peters
Beautiful is better than ugly.
Explicit is better than implicit.
Simple is better than complex.
Complex is better than complicated.
Flat is better than nested.
Sparse is better than dense.
Readability counts.
Special cases aren't special enough to break the rules.
Although practicality beats purity.
Errors should never pass silently.
Unless explicitly silenced.
In the face of ambiguity, refuse the temptation to guess.
There should be one-- and preferably only one --obvious way to do it.
Although that way may not be obvious at first unless you're Dutch.
Now is better than never.
Although never is often better than *right* now.
If the implementation is hard to explain, it's a bad idea.
If the implementation is easy to explain, it may be a good idea.
Namespaces are one honking great idea -- let's do more of those!"""

# Since the text is small collocations are turned off and text is lower-cased
wc = WordCloud(collocations=False).generate(text.lower())

color_to_words = {
    # words below will be colored with a green single color function
    '#00ff00': ['beautiful', 'explicit', 'simple', 'sparse',
                'readability', 'rules', 'practicality',
                'explicitly', 'one', 'now', 'easy', 'obvious', 'better'],
    # will be colored with a red single color function
    'red': ['ugly', 'implicit', 'complex', 'complicated', 'nested',
            'dense', 'special', 'errors', 'silently', 'ambiguity',
            'guess', 'hard']
}

# Words that are not in any of the color_to_words values
# will be colored with a grey single color function
default_color = 'grey'

```

```
# Create a color function with single tone
# grouped_color_func = SimpleGroupedColorFunc(color_to_words, default_color)

# Create a color function with multiple tones
grouped_color_func = GroupedColorFunc(color_to_words, default_color)

# Apply our color function
wc.recolor(color_func=grouped_color_func)

# Plot
plt.figure()
plt.imshow(wc, interpolation="bilinear")
plt.axis("off")
plt.show()
```