

ERIK EIKI HASHINAGA

Uso da metodologia *Lean* na cadeia de petróleo *upstream*

**Trabalho de Conclusão do curso de
graduação do departamento de
Engenharia de Minas e Petróleo da
Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo**

São Paulo

2019

ERIK EIKI HASHINAGA

Uso da metodologia *Lean* na cadeia de petróleo *upstream*

**Trabalho de Conclusão do curso de
graduação do departamento de
Engenharia de Minas e Petróleo da
Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo**

**Área de Concentração: Setor
upstream da cadeia de petróleo**

**Orientadora: Prof^a. Dra. Regina
Meyer Branski**

São Paulo

2019

FICHA CATALOGRÁFICA

Hashinaga, Erik Eiki, 1996

Uso da metodologia *Lean* na cadeia *upstream* de petróleo / Erik Eiki Hashinaga – 2019

Orientador: Prof^a. Regina Meyer Branski

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Universidade de São Paulo, Curso de Engenharia de Petróleo, 2019.

1. *Lean*. 2. Cadeia de petróleo. 3. Otimização. 4. *Upstream*. 5. *Offshore*. I. Branski, Regina Meyer. II. Uso da metodologia *Lean* na cadeia *upstream* de petróleo

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer e dedicar este trabalho para as seguintes pessoas, que me instruíram muitos ensinamentos durante meus anos de vida:

Primeiramente à minha família que sempre esteve ao meu lado nesse meu caminho. Ao meu pai Eurico, à minha mãe Sandra e ao meu irmão Cesar.

Aos meus amigos que estiveram ao meu lado em todos esses anos.

Aos meus professores do colégio e da faculdade, pelos ensinamentos.

A minha orientadora Regina.

E a todas as outras pessoas que me ensinaram algo e contribuíram, durante minha vida, para ser quem eu sou.

RESUMO

O pensamento enxuto ou *Lean thinking*, também conhecido como Sistema Toyota de produção, pode ser definido como uma filosofia ou método, que agrupa técnicas e ferramentas que buscam essencialmente a eliminação de desperdícios nas operações. Há relatos na literatura de experiências bem-sucedidas na aplicação da metodologia *Lean* no setor de petróleo. O objetivo do trabalho é identificar ferramentas e técnicas *Lean* já utilizadas nas atividades da cadeia de petróleo *offshore* e apontar novas possibilidades de uso. O trabalho foi desenvolvido em duas etapas: revisão sistemática da literatura e entrevistas com especialistas da área de petróleo e de *Lean*. A revisão sistemática abrangeu artigos publicados em periódicos científicos, revistas especializadas e congressos da área de petróleo entre os anos de 2009 a 2019. Foi possível identificar 23 estudos publicados, que compreenderam as principais ferramentas e técnicas *Lean* utilizadas na cadeia de petróleo *upstream*. As entrevistas mostraram que muitas ferramentas já estão incorporadas no dia a dia das empresas, mas de forma isolada, sem a sistematização exigida para a implantação da filosofia *Lean*.

Palavras-chave: *Lean*, Cadeia de petróleo, *Upstream*, Otimização, *Offshore*

ABSTRACT

Lean thinking, also known as the Toyota Production System, can be defined as a philosophy or method that compose techniques and tools that essentially seek to eliminate waste in operations. There are reports in the literature of successful experiences in applying the Lean methodology in the oil sector. The objective of this work is to identify Lean tools and techniques already used in offshore oil chain activities and point out new possibilities for use. The work was developed in two steps: systematic literature review and interviews with oil and Lean experts. The systematic review covered articles published in scientific journals, journals and oil congresses from 2009 to 2019. It was possible to identify 23 published studies that comprised the main Lean tools and techniques used in the upstream oil chain. Interviews showed that many tools are already incorporated into companies' daily lives, but in isolation, without the systematization required to implement the Lean philosophy.

Keywords: Lean, Oil chain, Upstream, Optimization, Offshore

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. <i>Lean thinking</i>	5
Figura 2. Etapas do Trabalho de Conclusão de Curso.....	9
Figura 3. Número de publicações por ano.....	12
Figura 4. Meio de publicação.....	12
Figura 5. Detalhamento do meio de publicação.....	13
Figura 6. Ferramentas utilizadas.....	14
Figura 7. Atividades contempladas.....	15

LISTA DE SIGLAS

5S	<i>Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke</i>
AHP	<i>Analytical Hierarchy Process</i>
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEO	<i>Chief Executive Officer</i>
DMAIC	Definir, medir, analisar, melhorar e controlar
E&P	Exploração e produção
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
PSV	<i>Platform Supply Vessel</i>
JTI	<i>Just-in-time</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
MPT	Manutenção Preventiva Total
MVP	<i>Minimum Viable Product</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OTC	<i>Offshore Technology Conference</i>
PPM	<i>Project Portfolio Management</i>
SciELO	<i>Science Eletronic Library Online</i>
SIPOC	<i>Suppliers, Inputs, Process, Outputs and Customers</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
SPE	<i>Society of Petroleum Engineering</i>
TQC	<i>Total Quality Control</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>

GLOSSÁRIO

Análise geofísica:	Análise e interpretação de dados geofísicos obtidos por softwares.
Árvore de natal:	Conjunto de válvulas instalado na cabeça do poço, responsáveis por regular a produção de hidrocarbonetos.
Bomba de haste:	Equipamento que eleva os fluídos do reservatório para a superfície.
Completação:	Processo de estruturação do poço recém perfurado, para deixá-lo pronto para funcionamento.
Descomissionamento:	Desmontagem e desativação da plataforma.
Faturamento:	Utilizar a pressão de fluídos para criar microfraturas na rocha.
Jazida:	Poço de petróleo.
Navio de sísmica:	Utilizado para obter dados de uma região através da sísmica, na parte <i>upstream</i> da cadeia de petróleo.
Perfil geológico:	Representação vertical da geologia para definição dos segmentos do terreno.
Pré-sal:	Região sob uma camada de sal.
Rocha circundante:	Envoltório rochoso de granulometria mais fina.
<i>Shale gas</i> :	Gás de xisto.
Tubagem de produção:	Tubos utilizados no processo de produção.
Xisto:	Rocha metamórfica, que pode ser dividida em finas lâminas.

SUMÁRIO

1.	Introdução	1
2.	Objetivo.....	2
3.	Revisão da literatura	2
3.1.	Cadeia de petróleo <i>upstream</i>	2
3.2.	<i>Lean Thinking</i>	4
4.	Metodologia	8
5.	Resultados e discussão	11
5.1.	Classificação e análise das publicações	11
5.2.	Classificação e análise dos artigos	13
6.	Entrevistas	16
6.1.	Entrevista 1	16
6.2.	Entrevista 2	18
7.	Considerações finais.....	20
8.	Referências Bibliográficas	22
ANEXO	1 - Compilação dos artigos estudados	27
ANEXO	2 – Artigo Síntese.....	29

1. INTRODUÇÃO

Durante os últimos anos, a indústria de petróleo experimentou um considerável aumento nas atividades de exploração e produção (E&P) devido à descoberta de novos campos e ao desenvolvimento de tecnologias que possibilitaram a obtenção de óleo e gás por outros meios, como a exploração *offshore* e o *shale gas*.

Por outro lado, os preços do óleo têm declinado desde meados de 2014 e é esperado que continuem com um valor baixo por algum tempo. As empresas de E&P priorizaram o crescimento da produção quando os preços do petróleo ainda estavam altos, adquirindo novos ativos e empregando pessoal adicional, com pouca atenção ao controle de custos e à eficiência (MARTÉN; WHITTAKER, 2015). Esse cenário levou a uma diminuição considerável da margem de lucro das empresas de exploração e produção de 8% em 2012 para 0,5% em 2015 (SANTAMARTA *et al.*, 2016).

Esse panorama de queda nos lucros fez com que companhias procurassem implementar estratégias confiáveis com o objetivo de reduzir custos. A aplicação de metodologias como *Lean* e *Six Sigma* pode contribuir para reduzir custos e otimizar a cadeia de produção.

Lean visa remover atividades sem valor agregado e alinhar a produção aos requisitos do cliente. O método *Lean* agiliza e otimiza os processos. O *Six Sigma* tem como objetivo identificar e remover as causas de defeitos e erros, reduzindo a variabilidade dos processos. Ambos promovem melhorias e entregam produtos a um custo menor e com melhor qualidade.

Lean e *Six Sigma* vêm sendo usados com sucesso em indústrias manufatureiras e de serviços, mas foram pouco aplicados na área petrolífera. Empresas do setor de petróleo precisam se manter competitivas e a aplicação de *Lean* e do *Six Sigma* pode reduzir custos e melhorar a competitividade das empresas quando enfrentam queda no preço do petróleo (RACHMAN; RATNAYAKE, 2018).

2. OBJETIVO

O objetivo trabalho é identificar ferramentas e técnicas *Lean* já utilizadas nas atividades da cadeia de petróleo *offshore* e apontar novas possibilidades de uso. O trabalho foi desenvolvido em duas etapas. Na primeira etapa é realizada uma revisão sistemática da literatura onde são identificadas ferramentas e técnicas *Lean* já utilizadas nas atividades de exploração e produção. Na segunda etapa foram realizadas entrevistas semiestruturadas com especialistas em *Lean* e do setor de petróleo.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Cadeia de petróleo upstream

A cadeia de petróleo é composta por atividades que estão divididas em *downstream*, *upstream* e *midstream*.

O setor *upstream* compreende as atividades de exploração e produção de petróleo, podendo ser em terra ou no mar denominadas, respectivamente, *onshore* e *offshore*. *Downstream* é um termo usado para definir, essencialmente, as atividades de transporte, comercialização e refino de petróleo e derivados. Para os autores que consideram três segmentos, *upstream* está relacionado a produção de petróleo, *midstream* ao processamento de petróleo e, o *downstream*, a logística e distribuição dos derivados.

O trabalho corrente abordará o seguimento *upstream* da cadeia petrolífera, o qual compreende as atividades de exploração, desenvolvimento e produção de petróleo, integralmente *offshore*.

A exploração tem início com o levantamento sísmico que identifica possíveis jazidas. Envolve quatro atividades: coleta de informações geológicas do subsolo, processamento dos dados, conversão dos dados em modelos para análise e interpretação de perfil geológico para definir onde será perfurado os poços de exploração (SILVA, 2012).

O desenvolvimento do campo começa com a perfuração do poço de exploração. A partir dele é confirmada a viabilidade e começa o processo de preparação do poço denominado completação. Nessa fase, são feitas pequenas

perfurações nos poços revestidos que fornecem um caminho para que o óleo flua a partir da rocha circundante através da tubagem de produção. Depois, ácidos e fluidos de fraturamento são bombeados para dentro do poço para limpeza ou para preparar e estimular a produção de hidrocarbonetos no poço (SILVA, 2012).

A produção de petróleo e gás é a fase mais importante da vida de um poço. Neste período, os equipamentos produtores de petróleo e sonda de perfuração usadas para perfurar e completar o poço são retiradas, e a parte superior é equipada com um conjunto de válvulas chamado de árvore de Natal ou de árvore de produção. Estas válvulas regulam pressões, fluxos de controle e permitem o acesso ao poço. A partir da válvula de saída da árvore de produção, o fluxo pode ser ligado a uma rede de distribuição de tubos e tanques para fornecer o produto para refinarias, estações de compressão de gás natural, ou terminais de exportação de petróleo (SILVA, 2012).

A rede logística que dá suporte às operações *upstream* é complexa. Envolve um conjunto de plataformas de perfuração e produção, bases logísticas em terra para armazenamento das peças e equipamentos, frota terrestre e marítima, que incluem navios de sísmica e de apoio logístico, navios petroleiros para o transporte do óleo e gás para a terra, terminais para armazenamento e portuários, dutos, entre outros. O papel do porto é central, já que gargalos ou ineficiências em suas operações podem se refletir a partir desse local para toda a cadeia logística (SPAGNOL *et al*, 2018).

As restrições de espaço nas plataformas são severas e, por isso, a maior parte do estoque permanece armazenada em bases logísticas localizadas em terra. Os pedidos são enviados para os fornecedores, que remetem para as bases *onshore* onde são consolidados e transportados para os portos (OLEIVSGARD, 2003).

Os desafios logísticos envolvidos nas operações *upstream* são grandes, entre eles, garantir o abastecimento de materiais e equipamentos, o transporte eficiente de pessoas e o escoamento da produção de óleo e gás de plataformas localizadas a quilômetros da costa. As operações logísticas incluem desde suprimentos, como materiais, equipamentos e fluidos químicos, até a

contratação de inúmeros serviços especializados, entre eles, análise geofísica, perfuração, completação, entre outros. Portanto, a cadeia de petróleo é abastecida por muitos operadores e fornecedores com diferentes tamanhos e graus de complexidade. Por exemplo, há os *Platform Supply Vessel (PSV)*, navios especialmente planejados para o abastecimento de plataformas offshore, entregam os pedidos e trazem de volta os resíduos remanescentes dos processos: aproximadamente 75% do material levado para as plataformas retornam para as bases. Isso inclui contêineres, embalagens, além da água utilizada na perfuração que não pode ser descartada no mar (MORAIS, 2013).

Os estudos acerca da aplicabilidade do *Lean* na cadeia petrolífera já existem há alguns anos. Um dos primeiros estudos em destaque foi feito por Buell e Turnipseed (2004), que apresentaram o uso das ferramentas de otimização nas regiões da América do Norte e Ásia, em projetos da seção *upstream* de operações de óleo e gás, os quais são: testes de poço, reparo de bomba de haste, tratamento de água, estimulação de poço e registro de produção.

3.2 Lean thinking

Lean é um método de aprimoramento da eficiência com a utilização da menor quantidade de recursos possíveis (tempo, força de trabalho, equipamento e espaço), mantendo a qualidade e focando na otimização da cadeia de produção e seus aspectos operacionais e técnicos, relações entre contratantes e fornecedores, organização dos trabalhadores e gerenciamento de processos (RACHMAN *et al.*, 2018).

Aplicado inicialmente na manufatura, o pensamento enxuto vem sendo adotado em outras áreas como saúde, construção civil, logística e gestão da cadeia de suprimentos. Estudos realizados com fabricantes de avião, de navios, de equipamentos industriais, entre outros, mostraram ser possível a aplicação das técnicas e ferramentas *Lean* – com algumas adaptações – em setores que produzem sob encomenda (MELCHERT *et al.*, 2006).

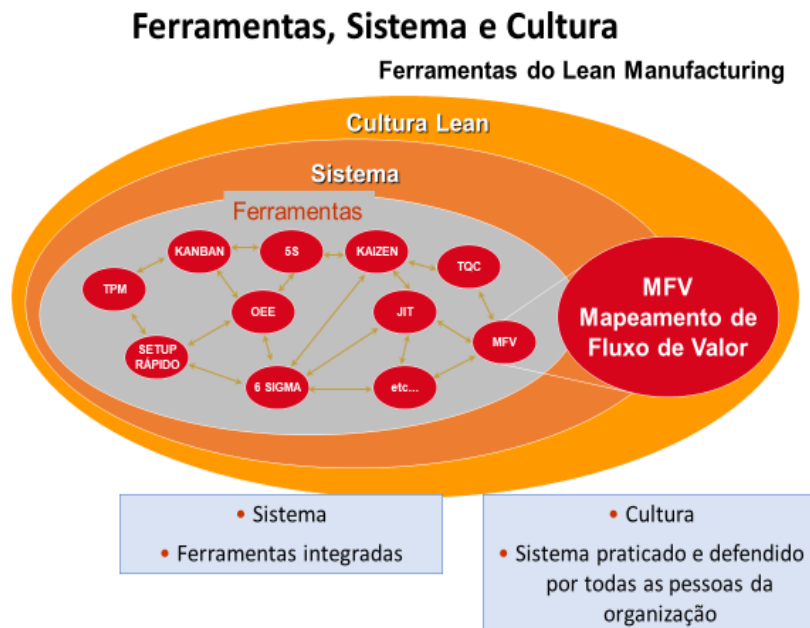
O *Lean* é baseado em uma relação estável entre quatro elementos: liderança e comprometimento da gestão, envolvimento dos trabalhadores, cooperação e confiança entre contratantes e fornecedores com a administração do projeto *Lean* (RACHMAN *et al.*, 2018).

O termo *Lean* foi originado do termo “*Lean production*”, popularizado no livro *The Machine that Changed the World* escrito por James Womack (1990). O estudo foi conduzido pelo *International Motor Vehicle Program* no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), a partir de uma pesquisa sobre a competição na indústria automobilística mundial, em que os sistemas Fordista e Toyotista de produção foram analisados. Em 1996, Womack e Jones lançaram *Lean thinking*, outro estudo onde aprofundam a filosofia do método.

O método *Lean* enfatiza a importância de criação de valor sem interrupções, eliminando tudo o que é desnecessário, os chamados desperdícios. Estes são: defeito, superprodução, espera, transporte, movimentação desnecessária, superprocessamento e estoque (RACHMAN *et al.*, 2018).

Womack e Jones (2010) descreveram o conceito *Lean* como uma abordagem para realizar atividades de maneira mais eficiente, ou seja, com menos recursos (tempo, força de trabalho, equipamento e espaço). O conceito enfatiza a importância de atender as especificações de valor dos clientes, bem como a criação e entrega de valor sem interrupções.

Figura 1. Lean thinking



Fonte: Slack (2018)

As principais ferramentas utilizadas pelo *Lean* para combater os desperdícios são: análise do fluxo de valor, *Poka-yoke*, *Takt time*, *Kaizen*, controle visual, 5S (ordenar, configurar, brilhar, padronizar e sustentar), trabalho padronizado, *Kanban*, *Just-in-time* (JIT), fluxo de uma peça, troca rápida, Manutenção Preventiva Total (MPT), Eficácia geral do equipamento (OEE) e *Six Sigma*, as quais serão abordadas a seguir (BUELL, 2004).

- *Just in Time*: sistema de gerenciamento no qual materiais ou produtos são produzidos ou adquiridos somente conforme a demanda.
- *Kaizen*: solução de problemas existentes em um ambiente de trabalho, a partir de um problema definido anteriormente.
- *Kanban*: cartão para controlar a ordem das atividades em um processo sequencial, indicando a necessidade de se produzir ou não mais material.
- 5S: refere-se às palavras *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*. Ambiente de trabalho deve ser higiênico, limpo, organizado, arrumado e agradável. Ponto inicial para a implantação de atividades de qualidade e de melhoria da produção.
- *Poka Yoke*: construir processos ou produtos que minimizem defeitos causados por falhas ou erros humanos.
- Fluxo Contínuo: baseado no *one piece flow* (uma peça por vez), que diminui a quantidade de material para uma peça em cada estação de trabalho.
- *Takt Time* (tempo de ciclo): ritmo de produção necessário para atender a demanda.
- *Heijunka*: nivelamento de produção, ou seja, fazer a produção em intervalos repetitivos de curta duração, produzindo constantemente itens diferentes, garantindo um fluxo contínuo, onde são nivelados os recursos da produção.
- Trabalho padronizado: método efetivo e organizado para produzir sem perdas. A padronização almeja o desempenho máximo dos colaboradores em suas atividades ou operações através da repetição.
- *Jidoka*: conferir ao operador a autonomia necessária para paralisar a máquina ou a produção em situações de defeito ou sempre que uma anormalidade for detectada.

- Manutenção Preventiva Total (MPT): melhorar a eficácia e a longevidade das máquinas. Baseada em 5 pilares: eficiência, auto reparo; planejamento, treinamento e ciclo de vida.
- Célula de Manufatura: estações de trabalho (*workstations*) dispostas com o intuito de melhorar a velocidade de produção.
- *Total Quality Control* (TQC): Construir e inspecionar qualidade para melhorar e evitar futuros erros ou desvios.
- *Value Stream Mapping* (VSM): mapeamento do fluxo de material e informações, além do tempo de execução associado (*lead time*).
- SIPOC: formulário para ajudar a definir um processo antes de começar a mapeá-lo, mensurá-lo ou melhorá-lo.
- DMAIC: roteiro que significa definir, medir, analisar, melhorar e controlar.
- *Ishikawa*: diagrama desenvolvido com o objetivo de representar a relação entre um efeito e suas possíveis causas, também chamado de “Diagrama de Causa e Efeito”.
- SMED: conjunto de técnicas que visam reduzir o tempo de *setup* de uma máquina. Quando bem aplicado garante maior flexibilidade à linha.
- Processo hierárquico analítico (AHP): técnica estruturada para organizar e analisar decisões complexas, baseadas em matemática e psicologia.
- *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA): ferramenta útil na análise de causa-e-efeito e para garantir o desaparecimento das causas de falha de um produto.
- *Gemba*: local onde as coisas acontecem. O gestor deve ir ao *gemba* para entender problemas e ajudar suas equipes na solução adequada, identificar melhorias, auditar o trabalho padronizado, entre outros.
- *Minimum Viable Product* (MVP): gerar uma versão simplificada do produto, com suas principais funcionalidades.
- *Six Sigma*: melhora a qualidade dos *outputs* dos processos pela identificação e remoção da causa de defeitos/erros e reduz a variabilidade na manufatura e nos processos para, com isso, entregar produtos a um custo menor, com melhor qualidade e menor tempo de ciclo. Esse método procura compreender as necessidades dos clientes, através de fatos, dados e análises estatísticas

e da atenção diligente à gestão, melhoria e reinvenção dos processos de negócios.

- *Project Portfolio Management (PPM)*: é o gerenciamento centralizado dos processos, métodos e tecnologias usados pelos gerentes de projetos para analisar e gerenciar coletivamente projetos com base em certas características-chave.

Embora o *Lean* tenha sido inicialmente desenvolvido para o setor de manufaturas, pode ser utilizado em outras indústrias como, por exemplo, a petrolífera (RACHMAN; RATNAYAKE, 2018). Mas sua implementação apresenta desafios devido às diferenças operacionais do setor (HINES et al., 2004). Na indústria do petróleo o processo de produção é contínuo, e não discreto como na manufatura (PANWAR et al., 2015). A prevalência do conceito *Lean* nas indústrias de processo contínuo é menor que na indústria manufatureira (GEBAUER et al., 2009).

4. METODOLOGIA

O objetivo do trabalho é identificar ferramentas e técnicas *Lean* utilizadas nas atividades da cadeia de petróleo *upstream* e apontar perspectivas e tendências futuras para o setor. O trabalho foi desenvolvido em duas etapas:

1. Revisão sistemática da literatura: permite sumarizar o conhecimento acumulado no campo de interesse, identificar os métodos de pesquisa que predominam na área e, ainda, determinar onde existem lacunas para futuras pesquisas (PRAÇA, 2015).
2. Entrevistas: são uma ferramenta efetiva para captar dados subjetivos como opinião e indicar tendências (MARCONI, 1996).

A figura 1 mostra as principais atividades desenvolvidas para a revisão sistemática da literatura: definição dos objetivos e estratégias de busca (seleção das bases, período, palavras-chave, critérios de inclusão e exclusão de artigos), identificação e seleção dos trabalhos e, finalmente, análise criteriosa da literatura levantada.

Figura 2. Etapas do Trabalho de Conclusão de Curso



Como estratégia de busca foram seguidos os seguintes procedimentos:

- O trabalho teve como base o portal de periódicos mantido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – que abrange mais de 37 mil publicações de bases como *Science Direct*, *ProQuest*, *Academic OneFile*, *Emerald*, *Sage Journals*, *Science Electronic Library Online (SciELO)*, entre outros –, no *Google Academics* e em congressos da área de petróleo.
- Foram pesquisados artigos revisados por pares e na língua inglesa, entre os anos de 2009 até maio de 2019.
- As palavras-chave utilizadas foram de um lado, o objeto do estudo (*petroleum and oil*) e, de outro, as diversas ferramentas *Lean*, *Value Stream Mapping (VSM)*, *Visual control*, *Kanban*, *5S*, *SMED*, *Gemba*, *Just in time (JIT)*, *Lean Six Sigma*, *Kaizen*, *Continuous improvement*, *Total Preventive Maintenance (TPM)*, *DMAIC*, *Poka-yoke*, *PDCA*, *Ishikawa* e *FMEA*.

Foram selecionados 26 artigos que, depois de lidos, foram classificados de acordo com as ferramentas utilizadas e as atividades contempladas. Os artigos estão disponíveis na planilha ao final do trabalho (Anexo 1), onde estão destacadas as seguintes informações: periódico, autores, problema abordado, objetivo, ferramentas *Lean* identificadas e resultados alcançados.

Na etapa seguinte foram realizadas entrevistas com especialistas em *Lean*. A preparação do pesquisador para a entrevista é fundamental, porque precisa ter

clareza de seus objetivos e conhecer com profundidade o tema estudado. Assim, é requisito fundamental a realização de revisão bibliográfica e, no caso das entrevistas semiestruturadas, a execução de um roteiro. Embora exista um roteiro previamente definido, o entrevistador não fica restrito a ele, dando ao entrevistado liberdade para discorrer sobre o tema proposto e conduzir a conversa. O roteiro de perguntas é um guia para evitar lacunas (TRIVIÑOS, 1987).

Além do roteiro, outro elemento importante é o protocolo. Protocolo são as regras e procedimentos para a coleta dos dados. Devem estar detalhadas no protocolo as formas de condução das atividades antes, durante e depois das entrevistas. Antes da entrevista define o perfil desejado dos entrevistados e como os dados serão tratados e organizados.

As entrevistas semiestruturadas foram realizadas com dois profissionais especialistas da área. O primeiro foi escolhido devido sua experiência na área de petróleo, onde atua no setor de suporte operacional de uma empresa de petróleo. O segundo entrevistado foi selecionado por causa de seu conhecimento adquirido em uma consultoria em *Lean*.

Antes da realização das entrevistas o pesquisador:

- Coletou o máximo de informações sobre as empresas dos entrevistados.
- Montou um protocolo para as entrevistas
- Enviou o roteiro da entrevista para que os entrevistados pudessem entender os objetivos da pesquisa.

As entrevistas ocorreram ao longo dos meses de setembro e outubro de 2019. Com o engenheiro da operadora foi realizada presencialmente. E, com o consultor, foi realizada via *Skype™*. As entrevistas não tiveram tempo de duração pré-estabelecido e demoraram em torno de uma hora e meia.

O roteiro de entrevista foi composto de perguntas abertas e foi dada total liberdade para o entrevistado discorrer sobre os aspectos que considerava mais importantes. Ao final da entrevista, o roteiro era consultado e as eventuais lacunas preenchidas. O roteiro abrangia as seguintes questões:

- Formação, cargo, experiência, entre outros.
- Área de atuação da empresa.

Consultoria:

- Quais as principais dificuldades para aplicação do *Lean* nas empresas?
- Como você acha que o *Lean* poderia ser aplicado no petróleo?
- Tem exemplos/experiências em aplicações?
- Há outros setores semelhantes com petróleo que vocês utilizaram o *Lean*? Pode comentar acerca dessas aplicações?

Operador

- Por quanto tempo vocês estão utilizando o *Lean*?
- Quais as ferramentas mais utilizadas? Em quais áreas?
- Em quais áreas vocês estão aplicando *Lean* atualmente?
- Houve uma grande melhora nos processos (dados e exemplos)?
- Em que áreas ainda podem ser aplicadas futuramente?

Os dois entrevistados concordaram com a gravação das entrevistas, garantindo maior fidedignidade na coleta das informações. Posteriormente, as entrevistas foram transcritas pelo pesquisador. Foi elaborado um texto que procurou relatar o que foi coletado nas entrevistas.

5. Resultados e discussão

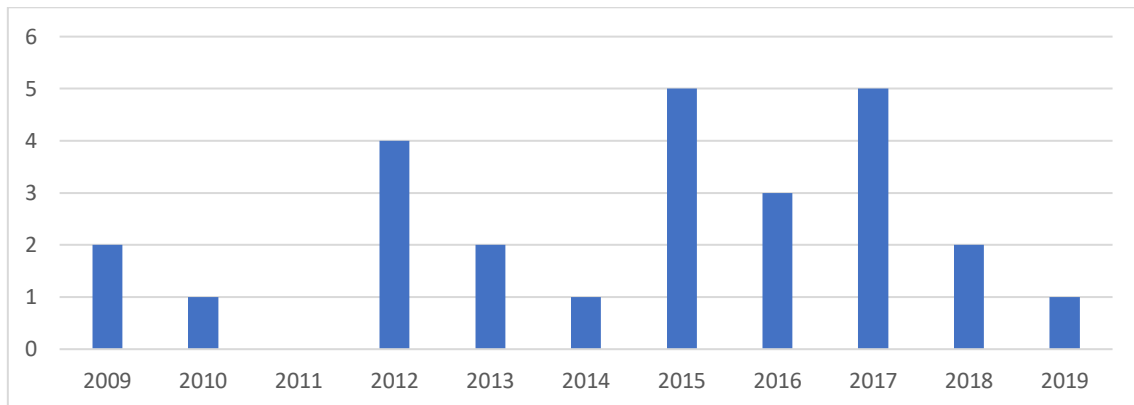
Inicialmente foi feita uma análise das publicações e, em seguida, dos artigos selecionados.

5.1 Classificação e análise das publicações

Nos dez anos pesquisados, de 2009 até maio de 2019, o número de artigos publicados oscilou entre 0 e 5 por ano. O interesse pela área começou a crescer a partir de 2012, com o aumento da produção no pré-sal e nos Estados Unidos e a consequente superação da demanda pela oferta, além da diminuição do

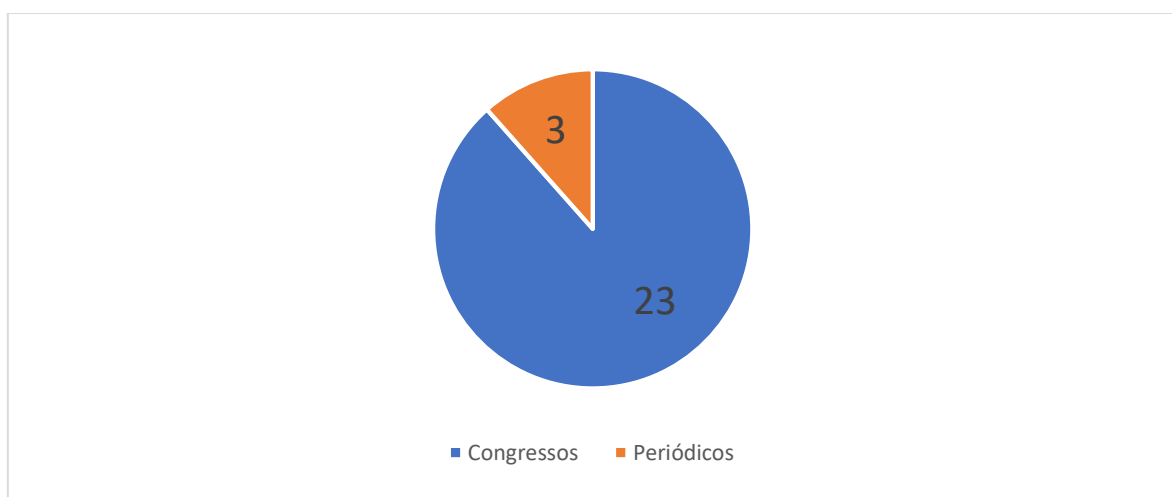
preço do barril de petróleo. Manteve-se um novo patamar de pelo menos uma publicação por ano desde então (Figura 2).

Figura 2. Número de publicações por ano



Na Figura 3 foram destacados o meio de publicação dos estudos. Os congressos foram o principal meio de publicação dos artigos (23 artigos), e somente 3 foram publicados em periódicos.

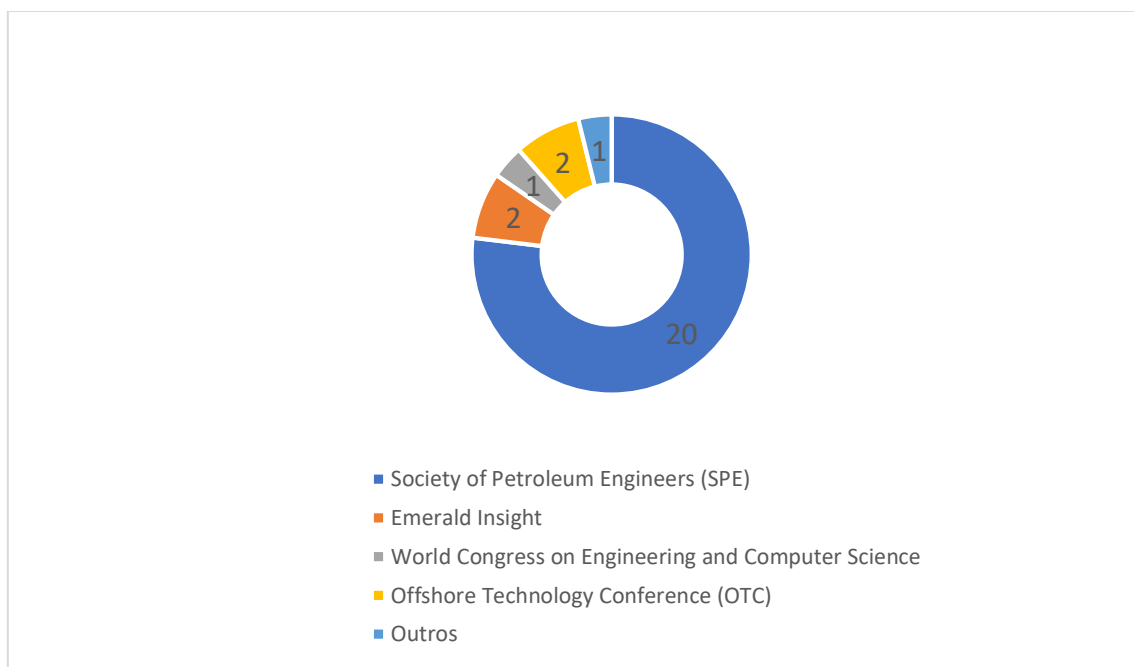
Figura 3. Meio de publicação



A Figura 4 detalha os meios de publicação. OnePetro – congresso mantido pela *Society of Petroleum Engineering* (SPE) – é onde estão concentrados o maior

número de publicações: vinte artigos. *Offshore Technology Conference* (OTC) e o periódico *Emerald Insight* contam com dois artigos cada; e um único artigo foi publicado no *World Congress on Engineering and Computer Science*.

Figura 4. Detalhamento do meio de publicação

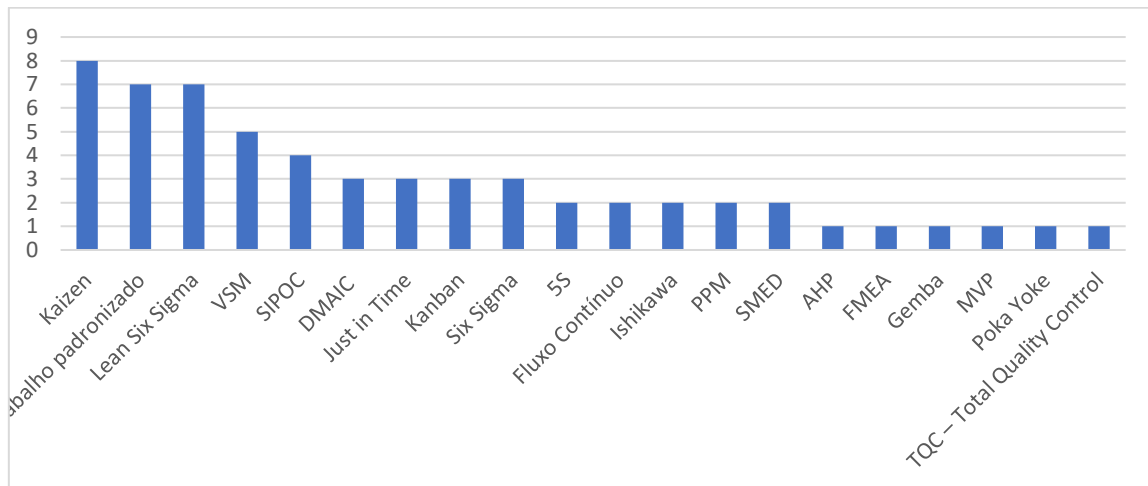


5.2 Classificação e análise dos artigos

Para classificação e análise dos artigos foi buscado nos textos citações às diversas ferramentas *Lean* e, também, identificação das atividades da cadeia de petróleo onde foram empregadas.

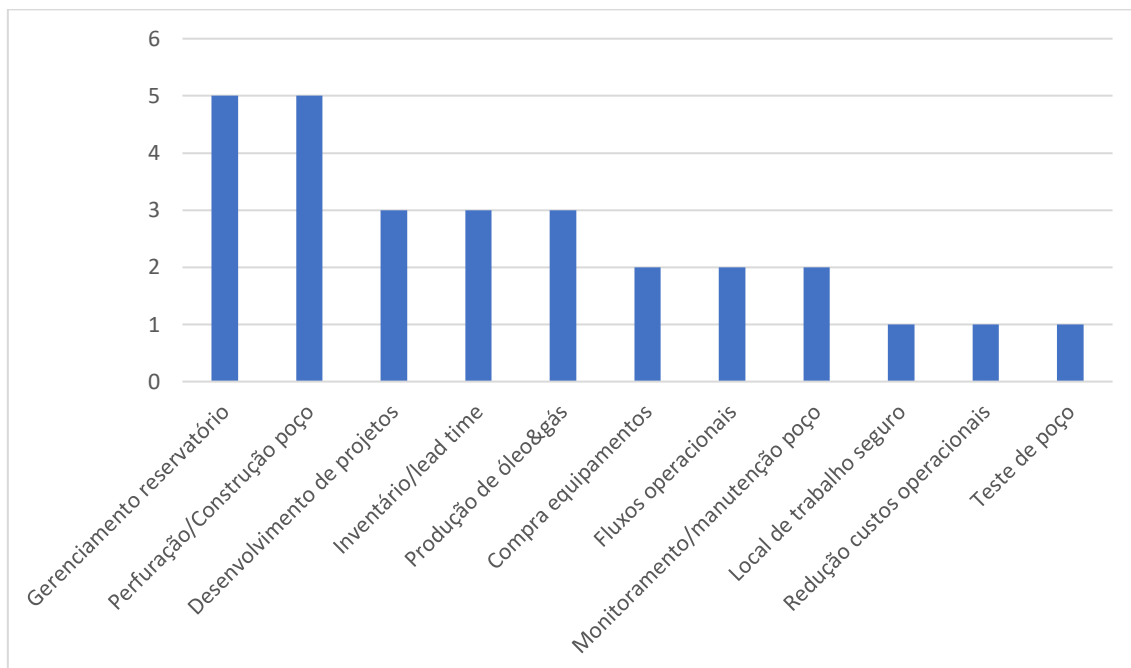
Como pode ser observado na Figura 5, houve 59 citações das ferramentas *Lean* na literatura estudada, dentre elas, *Kaizen*, trabalho padronizado e *Lean Six Sigma* foram mencionadas 22 vezes, o que corresponde a 37,3% do total de aparições dos métodos observados. As ferramentas VSM, SIPOC, DMAIC, *Just in time*, *Kanban* e *Six sigma*, apareceram 35,6% das vezes. Finalmente, nos 27,1% das ferramentas citadas restantes, destacam-se o emprego do 5S, Fluxo contínuo, *Ishikawa*, PPM e SMED, além das indicadas no gráfico, mencionadas apenas uma vez nas pesquisas.

Figura 5. Ferramentas utilizadas



A Figura 6 mostra as atividades onde foram aplicadas as ferramentas *Lean*. Foi observado uma mudança gradual das áreas onde ocorre a aplicabilidade das ferramentas *Lean* ao longo do período analisado. Nos primeiros anos o foco dos estudos foi na perfuração dos poços de petróleo, que logo após foi alterado para o desenvolvimento de projetos de reservatórios. Essa mudança de panorama se deve inicialmente pela queda no preço do petróleo a partir de 2008, o que levou as empresas a buscar formas de diminuir os custos de exploração, principalmente, e produção e otimizar os processos da cadeia de petróleo. Apenas nos últimos três anos é que foram encontrados uma maior frequência de estudos na área de produção de óleo e gás, devido a uma nova queda nos preços quando a oferta de petróleo ultrapassou a demanda, principalmente nos Estados Unidos, depois do aprimoramento da técnica de fraturamento hidráulico em rochas, como o xisto.

Figura 6. Atividades contempladas



A implementação do *Lean* produziu resultados positivos, com a maioria das publicações relatando reduções no tempo de ciclo e nos custos. Nos projetos de construção de poços, o conceito enxuto reduziu o tempo necessário para desenvolvimento de campo de 3 para 2 anos (TØNNESEN *et al.*, 2015). A padronização do design de topo do poço foi outra técnica citada que reduziu gastos e tempo de construção de dois a seis meses (CHESSA *et al.*, 2013). Romero *et al.* (2015) relataram redução do tempo de ciclo na intervenção do poço com uma economia de custo total.

Nas atividades de manutenção, *Lean* reduziu o tempo de inatividade. A utilização de instruções padronizadas na manutenção de um compressor de cabeça de poço aumentou com sucesso o tempo de operação do compressor e melhorou o tempo de resposta de manutenção não planejada (MUSTAPHA *et al.*, 2012). Itua e Shamuganathan (2015) descreveram como a implementação enxuta permitiu a seleção de atividades e o planejamento adequados.

Nos processos operacionais, as ferramentas *Lean* permitiram otimização dos procedimentos e redução dos custos. Skilbrei e van Zandvoord (2009) relataram

que a utilização de equipes facilita a comunicação entre os membros da equipe, agilizando a resolução de problemas e o processo todo conseqüentemente, reduzindo o tempo do ciclo entre a identificação do problema e a mitigação. No artigo de Allan (2014) foram observados que os esforços de implementação do *Lean* agilizaram o fluxo de atividades nas operações, gerando, assim, um tempo mais longo para elaboração da execução de um trabalho mais essencial.

Rachman e Ratnayake (2018) fizeram revisão sistemática dos trabalhos publicados entre 1990 e 2017, mostrando uso de *Lean* nos diferentes processos da cadeia de petróleo. Os resultados mostraram aumento no desempenho operacional e melhoria nos aspectos técnicos, nas relações com fornecedores, nas práticas de gerenciamento de projetos e na organização do ambiente de trabalho.

6. Entrevistas

6.1 Entrevista 1

A primeira entrevista foi com um engenheiro químico formado na Universidade de São Paulo no ano de 1998. O entrevistado tem experiência na área industrial no tratamento de água e, atualmente, trabalha em uma das maiores empresas do setor petrolífero. Já atuou como coordenador de produção em uma plataforma de petróleo e hoje trabalha no suporte operacional da empresa.

A área em que atua é responsável pelo controle estatístico de processo, análise de causa raiz e desenvolvimento de códigos de programação, para automação dos processos de toda a cadeia petrolífera.

Segundo o engenheiro, “a plataforma tem uma gestão que envolve vários macroprocessos – logística, suprimentos, planejamento de manutenção, disponibilidade de equipamentos – os quais são passíveis da adoção dos métodos e ferramentas *Lean*”.

Devido a limitação de espaço em uma plataforma de petróleo, a qual comporta apenas 150 pessoas, e a alta demanda de produção, “trabalhar de forma otimizada, eficaz e eficiente é essencial”, segundo o entrevistado. Ainda de

acordo com ele, “*Lean* é fundamental para se ter produtividade na plataforma e manter as questões de segurança em dia”.

Segundo o entrevistado, na empresa em que trabalha, o *Lean* atua nas questões de controle de tempo e capacidade ociosa, visando a organização semanal através de programação das máquinas e controle das ações dos trabalhadores.

A empresa em que o engenheiro trabalha não só tem conhecimento como aplica as ideias do *Lean*. O entrevistado observou o emprego dos métodos e ferramentas desde que começou a trabalhar na empresa, em diversas áreas. Ele relatou o emprego dos métodos em treinamentos presenciais e a distância divulgando ferramentas *Lean*. Além disso, é comum o uso do 5s – para organização do ambiente de trabalho – e *Kanban* – em forma quadros e portais *online*.

Outra ferramenta citada por pelo engenheiro é o *Just in time*. Segundo relatado na entrevista, um barco atende a demanda de várias plataformas e demora de 2 a 3 dias para completar o percurso definido. Cada plataforma recebe informação 5 horas antes sobre a chegada do barco para descarregamento, para se preparar antecipadamente e sincronizar as operações para recebimento das cargas programadas.

Essa logística é necessária devido ao estoque enxuto mantido na plataforma, o que obriga o operador a criar um estoque estratégico no continente ou, em casos mais críticos, a usar estoques sobressalentes de plataformas vizinhas.

Segundo o entrevistado, as ferramentas *Lean* se aplicam na indústria de petróleo, porém precisam ser adaptadas a cada processo individualmente, pois são diferentes da indústria manufatureira convencional. A troca de equipamentos é um exemplo, pois no setor de petróleo é priorizada a segurança e não a velocidade. Mas, ao mesmo tempo, precisa ser eficaz e não estar suscetível a erros. Em vista disso, a utilização do SMED adaptado é de extrema importância – a ideia de troca rápida da ferramenta visando aumentar a capacidade produtiva dos equipamentos se aplica a plataforma – mas em um tempo consideravelmente maior que da indústria. Porém é feito com muito mais rapidez – e com controle de velocidade – em comparação ao que era feito no começo dos anos 2000, por exemplo.

A manutenção preventiva é um dos principais alicerces para o pleno funcionamento da plataforma. Esse método é utilizado diariamente, por uma equipe totalmente dedicada à verificação dos equipamentos. A qual é responsável por definir um cronograma até o fim da semana anterior para calibração, limpeza, verificação da vida útil e medição do funcionamento da peça, com a finalidade de deixá-la o mais próximo dos padrões de fábrica.

Outra área de extrema importância para garantir a plena produção da cadeia é a de mapeamento de processos. Essa é responsável por escrever os padrões de trabalho, treinar as equipes de funcionários e garantir o pleno desempenho dos processos. Isso é feito através de indicadores pré-definidos que mostram se os parâmetros estão de acordo. Caso contrário é feita uma correção nos processos buscando seu pleno funcionamento.

De acordo com o engenheiro, “os tempos são medidos na plataforma para otimizar os processos e detectar ineficiências”. O *Lean* já está incorporado e adaptado à indústria de petróleo com a finalidade de agregar valor. Não obstante, há formas de melhorar, à medida que, nas palavras do entrevistado “cada área pode apresentar um plano de melhoria explicitamente – dando voz àqueles que observam os processos todos os dias – não apenas indiretamente, em reuniões, como acontece atualmente”.

6.2 Entrevista 2

A segunda entrevista foi com um consultor em *Lean*, formado em engenharia mecânica pela UNICAMP, com mestrado e PhD em engenharia industrial. Foi professor da UNICAMP onde desenvolveu pesquisas e projetos com base no sistema *Lean* de produção. Desde 2001 é fundador e CEO de uma empresa de consultoria em *Lean* onde participou de diversos projetos de otimização e redução de custos.

De acordo com o entrevistado, o objetivo da implementação do *Lean* é dar estabilidade, melhorar os fluxos e otimizar os processos produtivos e administrativos. Para difundir e incorporar a filosofia *Lean* no dia a dia das empresas, ele adotou o *Lean management*. Esse método tem como base a realização de reuniões diárias para identificação e resolução de problemas em todos os níveis da empresa, desde o chão da fábrica até a diretoria se

necessário. Por meio das reuniões é possível desenvolver a liderança e incorporar ferramentas e comportamentos para a otimização dos fluxos de valor na empresa. Dentro dessas ferramentas, destacam-se quadros para melhor comunicação, como *infocenters* e indicadores claros de desempenho.

O *Lean management* funciona com base na divisão dos grupos de trabalho, cada qual com supervisores responsáveis por relatar os problemas de maior complexidade de cada área para os níveis superiores de comando da empresa. Esse filtro de adversidades seleciona apenas os piores obstáculos para serem discutidos pelas camadas superiores da empresa em fóruns de discussão. Cada camada precisa ter a capacidade de lidar com problemas simples de forma rápida e eficiente.

Os fatores que levam ao sucesso do *Lean management* são, segundo o consultor:

- Comunicação diária – reuniões diárias e dinâmicas.
- Priorização dos principais problemas – endereçamento de soluções.
- *Go & see* – visualização dos problemas.
- Solução estruturada de problemas – capacitação das pessoas.
- Confirmação dos processos – garantir a efetividade das ações.

Esse método de solução dos problemas classificados pelos níveis organizacionais da empresa é chamado árvore de decisão. Tem início no relato dos operadores que descrevem o desempenho do dia anterior e as falhas observadas. Quando possível, as falhas já são solucionadas. Em seguida, um *team leader* relata os resultados e os principais problemas para os supervisores, que resolvem o que for possível ou passam para o nível superior. Esse método envolve a identificação do problema e do seu impacto, sua contenção e posterior solução.

O entrevistado também destacou a necessidade de um acompanhamento da implementação do *Lean* nas bases da empresa por parte dos supervisores e líderes do local. Isto leva à uma mudança na cultura da empresa, que passa a tratar com transparência os problemas para melhorar seu desempenho. Em vista

disso, toda a equipe adota a filosofia *Lean* e acaba entendendo o novo padrão da empresa.

Segundo o consultor, a incorporação do método na filosofia da empresa e na mentalidade dos trabalhadores demora cerca de um ano e aproximadamente 60 a 70% das pessoas mudam sua forma de trabalhar. A partir do desenvolvimento dessa parte da empresa, o lado dos processos é automaticamente beneficiado, de acordo com o entrevistado.

Embora sejam tratadas com nomes diferentes dos padrões adotados pelo método *Lean*, pode ser observado o implemento das ferramentas AHP e *Gemba* nos estudos desenvolvidos pelo consultor, modificadas para as diferentes situações tratadas diariamente pela sua consultoria.

Quanto a aplicabilidade na cadeia de petróleo *upstream*, o entrevistado destacou a utilização da ferramenta TPM – manutenção preventiva total – visando tornar os processos mais confiáveis, além do *Lean management* nos procedimentos produtivos e administrativos, assim como na logística geral de suporte à cadeia de petróleo. Ao ser perguntado sobre sua experiência no setor de petróleo, relatou uma consultoria realizada junto a uma empresa de fornecimento de plataformas de petróleo, localizada em Santos. A companhia é responsável pelo transporte da plataforma *offshore* por meio de rebocadores e navios de suporte.

7. Considerações finais

O objetivo do trabalho era identificar, na literatura, aplicações de técnicas e ferramentas *Lean* utilizadas nas atividades da cadeia de petróleo (*upstream*) e apontar novas possibilidades de uso. O trabalho foi desenvolvido em duas etapas: revisão sistemática da literatura e entrevistas com especialistas.

Na revisão sistemática foram analisados 26 artigos buscando: motivação da pesquisa, objetivo, metodologia e resultados. Os artigos foram classificados por local de publicação, ferramentas utilizadas e atividades contempladas.

A maior parte dos artigos foi publicada em congressos científicos e trazem relatos da aplicação de ferramenta *Lean* no setor de petróleo. Assim, é possível observar pouco interesse da academia pelo tema.

Por meio da revisão bibliográfica foi possível observar que existem algumas lacunas que precisam ser preenchidas. Há poucos estudos sobre estoques *onshore* e descomissionamento de plataformas *offshore*, atividades importantes que precisam ser mais exploradas. A gestão dos estoques *onshore* é atividade de elevada complexidade e fundamental para a eficiência da cadeia de petróleo. Plataformas operam com quantidade elevada de itens de diferentes tipos, tamanhos, ciclos de vida e importância. Além disso, a demanda por suprimentos é incerta, afetando toda a cadeia e tornando a gestão dos estoques um desafio. Temas voltados para bases de apoio *onshore* e seus estoques, consolidação da carga, operações portuárias, gestão de risco na cadeia, entre outros, merecem atenção dos pesquisadores (SPAGNOL *et al*, 2018).

No caso do Brasil, a cadeia de suprimentos do petróleo é bastante complexa, sendo composta por uma grande quantidade de unidades operacionais, um sistema de transportes abrangente (dutos, terminais, navios), e uma variedade de atuações no mercado, como produção, venda, importação e exportação de petróleo e derivados. Nos últimos anos é crescente o interesse por formas para reduzir os custos e otimizar a produção de óleo e gás *offshore*, devido à baixa nos preços do petróleo. Nesse contexto é importante divulgar as oportunidades que o uso ferramentas *Lean* pode oferecer para o setor de petróleo.

Nos artigos estudados não foi mencionado o MPT como uma possível ferramenta aplicável na cadeia *upstream*, contudo é de extrema importância sua utilização, visto que essa indústria trabalha com pequenas margens para erros. Portanto, quanto mais próximo dos padrões originais as máquinas estiverem trabalhando, maior será a estabilidade da cadeia e melhor serão os fluxos por ela.

Quanto às entrevistas, elas foram fundamentais para destacar pontos importantes do trabalho e confirmar os estudos realizados. As entrevistas mostraram que muitas ferramentas já estão incorporadas no dia a dia das empresas, mas de forma isolada, sem a sistematização exigida para a implantação da filosofia *Lean*.

A entrevista 1, em que o entrevistado faz parte da área de suporte operacional de uma empresa petrolífera de grande renome no mercado, foi essencial para ratificar o uso do método *Lean* na indústria petroleira do Brasil. Muitas das ferramentas *Lean* são utilizadas pela empresa sem que seja adotada a denominação tradicional das técnicas. Entretanto, os funcionários possuem o conhecimento do conceito e sabem como aplicá-lo. Ademais, o entrevistado reportou que há ineficiências que ainda podem ser solucionadas para gerar mais valor na produção, como, por exemplo, fornecendo mais autonomia para os funcionários reportarem as improdutividades da cadeia.

Conversar com o consultor especializado em *Lean*, na segunda entrevista, foi importante para concluir o trabalho. A entrevista corroborou a importância da incorporação da filosofia *Lean* pela empresa para que a melhoria de fluxos e otimização dos processos produtivos e administrativos seja contínua. Isso exige que a empresa mude não só sua forma de operação, mas, também, sua forma de gestão dos processos e das pessoas.

Embora exista um interesse crescente em pesquisa, o assunto *Lean* na indústria do petróleo ainda é imaturo, tendo em vista os tipos de literatura identificados, que carecem de profundidade nas metodologias de pesquisa, bem como em descrições sucintas e não aprofundadas das ferramentas e técnicas utilizadas.

Esse trabalho foi importante para guiar os futuros trabalhos acerca da aplicabilidade do *Lean* na cadeia de petróleo. Foram apontados os estudos feitos, mas ainda há muitas lacunas a serem estudadas para otimizar continuamente a cadeia petrolífera nos próximos anos como, por exemplo, estudos no setor onshore da cadeia upstream.

8. Referência bibliográfica

AL KADEM, M. S.; AL YATEEM, K. S.; AL-KHAMIS, M. N. Enriching Field Real-Time Data Reliability via the Implementation of Lean Six Sigma Concept. **SPE Kingdom of Saudi Arabia Annual Technical Symposium and Exhibition**, Dammam, Saudi Arabia, 2017.

- ALLAN, M. E.; GOLD, D. K.; REESE, D. W. Application of Toyota's Principles and Lean Processes to Reservoir Management: More Tools To Overload the Toolbox or a Step Change in Our Business?. **SPE Economics & Management**, p. 67-87, 2014.
- ATANAS, J. P.; RODRIGUES, C. C.; SIMMONS, R. J. Lean Six Sigma Applications in Oil and Gas Industry: Case Studies. **International Journal of Scientific and Research Publications**, Volume 6, p. 540-544, 2016.
- AWAN, K. et al. Maximizing production of lowest-cost oil and gas from existing integrated production systems using the sweating the asset change management process. **Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference**, Abu Dhabi, UAE, 2018.
- BASBAR, A. E. A.; AL KHARUSI, A. Reducing NPT of Rigs Operation through Competency Improvement: A Lean Manufacturing Approach. **SPE Bergen One Day Seminar**, Bergen, Norway, 2016
- BUBSHAIT, A. A.; AL-DOSARY, A. A. Application of Lean Six-Sigma Methodology to Reduce the Failure Rate of Valves at Oil Field. **World Congress on Engineering and Computer Science Vol II**, San Francisco, California, USA, 2014.
- BUELL, R. S.; TURNIPSEED, S. P. Application of Lean Six Sigma in Oilfield Operations. Society of Petroleum Engineers. **SPE Production & Facilities**, volume 19, 2004.
- CHARLES, S. R.; DEUTMAN, R.; GOLD, D. K. Implementing Lean Manufacturing Principles in New Well Construction. **SPE Heavy Oil Conference Canada**, Calgary, Alberta, Canada, 2012.
- CHESSA, C.; MAGNANI, F.; FIORIDO, F. De. Value Creation Through an Integrated Approach to Performance Improvement. **SPE Annual Technical Conference and Exhibition**, New Orleans, Louisiana, USA, 2013.
- CICCARELLI, J. et al. Agile field development planning: A systems approach. **SPE Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition**, Brisbane, Australia, 2018.
- FILARDIA, F.; BERTI, D.; MORENO, V. Implementation analysis of Lean Sigma in IT applications. A multinational oil company experience in Brazil. **Procedia Computer Science 55**, p. 1221 – 1230, 2015.

- GEBAUER, H.; KICKUTH, M.; FRIEDLI, T. Lean management practices in the pharmaceutical industry. **International Journal of Services and Operations Management**, Vol. 5 No. 4, p.463-481, 2009.
- GHANY, W. A. 5S and its Effect on HSE Performance. **SPE Middle East Health, Safety, Security, and Environment Conference and Exhibition**, Manama, Bahrain, 2009.
- IBRAHIM, M. W. Implementation of lean thinking in planning piping hydro-testing activities. **SPE Middle East Oil & Gas Show and Conference**, Manama, Kingdom of Bahrein, 2017.
- ITUA, O. J.; SHAMUGANATHAN, G. Lean Methods Application to Frontend Petroleum Engineering Project. **Nigeria Annual International Conference and Exhibition**, Lagos, Nigeria, 2015.
- JÚNIOR, V. G. F. Fluxos de Informação em Cadeia de Suprimentos de Derivados de Petróleo: caso Petrobras. *In*: PUC-Rio, **Anais [...]**. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.pucRio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=21014@1>. Acesso em 25/06/2019.
- MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1996, p78-91.
- MARTÉN, I.; WHITTAKER, P. (2015) Killing the complexity monster in E&P, *In*: The Boston Consulting Group, **Anais [...]**. Disponível em: www.bcgperspectives.com/content/articles/energy_and_environment_killing_complexity_monster/. Acesso em 13/05/2019.
- MATOS, F. L. et al. **Planned Shutdown Time Optimization Using Lean Six Sigma. Offshore Technology Conference Brasil**, Rio de Janeiro, Brazil, 2017.
- MCCALL, J.; SMART, P.; MCNEIL, D. Application of Continuous Improvement Methods to the Petroleum Upstream Business. **SPE Annual Technical Conference and Exhibition**, New Orleans, Louisiana, USA, 2009.
- MELCHERT, E. R.; MESQUITA, M. A.; FRANCISCHINI, P. G. Lean manufacturing on make-to-order suppliers: a case study. **XII ICIEOM**, Fortaleza, Ceará, Brazil, 2006.

- MORAIS, J. M. de; **Petróleo em águas profundas**: uma história tecnológica da PETROBRAS na exploração e produção offshore. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, p.45-50.
- MUSTAPHA, A. et al. Improving Efficiency of Oil & Gas Development through Lean Concept. **SPE Nigerian Annual International Conference and Exhibition**, Abuja, Nigeria, 2012.
- OLEIVSGARD, A. Planning and disruption challenges in the logistical offshore supply chain based on a simulation model. **Department of Marine Technology. Norwegian University of Science and Technology**, 2003.
- PANWAR, A.; JAIN, R.; RATHORE, A. P. S. Lean implementation in Indian process industries – some empirical evidence. **Journal of Manufacturing Technology Management**, Vol. 26 No. 1, p.131-160, 2015.
- PRAÇA, F. S. G. **Metodologia da pesquisa científica**: organização estrutural e os desafios para redigir o trabalho de conclusão. *Diálogos Acadêmicos*, nº 1, 2015, p. 72-87.
- RACHMAN, A.; RATNAYAKE, R. M. C. Adoption and implementation potential of the lean concept in the petroleum industry: state-of-the-art. **International Journal of Lean Six Sigma**, 2018.
- RATNAYAKE, R. M. C.; CHAUDRY, M. O. Performance Improvement of Oil and Gas Industry via Lean Concept: A Case Study from Valves Requisition. **International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management**, IEEM, p. 1472-1479, 2015.
- RATNAYAKE, R.M. C.; CHAUDRY, O. Maintaining sustainable performance in operating petroleum assets via a lean-six-sigma approach: A case study from engineering support services. **International Journal of Lean Six Sigma**, Vol. 8, Issue: 1, p.33-52, 2017.
- RAWLINS, S. et al. Improved Performance in Real-Time Operational Support Processes through Application Process Work Flow Optimization in Russia. **SPE Intelligent Energy International, Utrecht**, Netherlands, 2012.
- ROMERO, J.; JANUSZ, N.; FAREI, I. LEAN Methodology in a Long Term Velocity String Campaign, a Step Forward in Snubbing Operations. **SPE Middle East Intelligent Oil & Gas Conference & Exhibition**, Abu Dhabi, UAE, 2015.

- SANTAMARTA, S.; MARTEN, I.; HEGNSHOLT, E. (2016) Big oil's road to reinvention: restoring value creation through business model revolution, *In: The Boston Consulting Group, Anais [...]*. Disponível em: www.bcgperspectives.com/content/articles/energy-environment-big-oil-road-reinvention/. Acesso em 12/04/2019.
- SHENOY, R. G. Finding the repeatability in one-off projects to improve projects. **Offshore Technology Conference**, Houston, Texas, 2019.
- SILVA, C. D. dos S. Análise do Impacto dos Erros de Previsão no Processo de Planejamento de Produção de uma Empresa Petrolífera. *In: PUC-RIO. Anais [...]*. Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/21199/21199_1.PDF. Acesso em 13/07/2019.
- SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**: 8. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2018, p. 454-457.
- SPAGNOL, G.S. et al.; **Lean na Prática**, 1a edição, Global South Press, 2018, p.30-79.
- TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987, p.23-53.
- TØNNESEN, R. et al. Application of Lean Principles to Accelerate Project Development. **SPE/IADC Drilling Conference and Exhibition**, London, United Kingdom, 2015.
- VARGAS, C. M.; SCOTT, H. Continuous Improvement Strategy To Stimulate Sustainability and To Enhance Environmental Management. **Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference**, Abu Dhabi, UAE, 2015
- WARDT, J. P. de. Manufacturing Wells: Myth or Magic. **IADC/SPE Drilling Conference and Exhibition**, San Diego, California, USA, 2012.
- ZANDVOORD, W. E. J. J. van et al. Applying LEAN Principles to Achieve Breakthrough Performance Gains from Existing Assets. **SPE Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition**, Jakarta, Indonesia, 2009.

Anexo 1 – Compilação dos artigos estudados

Ano	Título	Autor	Journal	Local aplicável	Ferramenta utilizada
2009	<i>Application of Continuous Improvement Methods to the Petroleum Upstream Business</i>	John McCall, Peggy Smart, and Dale McNeil	One Petro	Perfuração, Construção de poço, Teste de poço	Trabalho padronizado
2009	<i>Applying LEAN Principles to Achieve Breakthrough Performance Gains from Existing Assets</i>	Walrick E.J.J. van Zandvoord, Oddbjorn Skilbrei, Wong Sim-Siong, Jeremy Wong and Nelson Nones	One Petro	Redução custos operacionais, perfuração	Kaizen, Trabalho padronizado, TQC – Total Quality Control
2010	<i>5S and its Effect on HSE Performance</i>	Wael Abdel Ghany	One Petro	Local de trabalho seguro	5S, Six Sigma
2012	<i>Improving Efficiency of Oil & Gas Development through Lean Concept</i>	Adetoun Mustapha, Ebenezer Ageh, Emeka Maduekwe and Bayo Ojulari	One Petro	Produção de óleo&gás	Just in Time, Kaizen, Trabalho padronizado
2012	<i>Manufacturing Wells: Myth or Magic</i>	John P de Wardt	One Petro	Construção de poço	Just in Time, fluxo contínuo
2012	<i>Improved Performance in Real-Time Operational Support Processes through Application Process Work Flow Optimization in Russia</i>	Sheldon Rawlins, Todd Giasson, Zim Okafor, Anton Bokarev, and Pavel Moroz	One Petro	Fluxos operacionais	Six Sigma e Lean Six Sigma
2012	<i>Implementing Lean Manufacturing Principles in New Well Construction</i>	Steven R. Charles, Robert Deutman, David K. Gold	One Petro	Construção de poço	Just in Time, kaizen, Six Sigma
2013	<i>Value Creation Through an Integrated Approach to Performance Improvement</i>	Costantino Chessa, Franco Magnani, Fabrizio De Florido	One Petro	Fluxos operacionais	Lean Six Sigma, SMED, Ishikawa
2013	<i>Application of Toyota's Principles & Lean Processes to Reservoir Management: More Tools to Overload the Toolbox or a Step Change in Our Business?</i>	Malcolm E. Allan (SPE), David K. Gold (SPE), Dyke W. Reese (SPE)	One Petro	Gerenciamento do poço	Poka Yoke, kanban, fluxo contínuo
2014	<i>Application of Lean Six-Sigma Methodology to Reduce the Failure Rate of Valves at Oil Field</i>	Abdulaziz A. Bubshait, Member, IAENG and Abdullah A. Al-Dosary	World Congress on Engineering and Computer Science 2014	Manutenção poço	Lean Six Sigma: DMAIC, SIPOC, FMEA
2015	<i>Performance Improvement of Oil and Gas Industry via Lean Concept: A Case Study from Valves Requisition</i>	R.M. Chandima Ratnayake, M.O. Chaudry	2015 IEEE IEEM	Especificação técnica para o processo de requisição de compra, processo de requisição de válvulas	Trabalho padronizado, VSM

2015	<i>Implementation analysis of Lean Sigma in IT applications. A multinational oil company experience in Brazil</i>	Fernando Filardi, Debora Berti, Valter Moreno	Elsevier	Gestão de reservatórios	Lean Six Sigma, Trabalho padronizado
2015	<i>LEAN Methodology in a Long Term Velocity String Campaign, a Step Forward in Snubbing Operations</i>	Javier Romero, Norbert Janusz, and Ibrahim Farei	One Petro	Manutenção poço	<i>Kaizen</i> , VSM, Trabalho padronizado
2015	<i>Application of Lean Principles to Accelerate Project Development</i>	Roger Tønnessen, Statoil; Richard Byrnes, Miguel Franco, and Keith Romaine	One Petro	Desenvolvimento de projetos	Trabalho padronizado
2015	<i>Lean Methods Application to Frontend Petroleum Engineering Project</i>	Osazua J. Itua and Gomathi Shamuganathan	One Petro	Desenvolvimento de projetos	<i>Kaizen</i> , <i>Kanban</i> , 5s, SIPOC
2016	<i>Lean Six Sigma Applications in Oil and Gas Industry: Case Studies</i>	Atanas J.P., Rodrigues C.C., Simmons, R.J.	International Journal of Scientific and Research Publications	Inventário, <i>lead time</i>	DMAIC, <i>Kaizen</i> , SIPOC,
2016	<i>Reducing NPT of Rigs Operation through Competency Improvement: A Lean Manufacturing Approach</i>	Ashraf E. A. Basbar and Ahmed Al Kharusi	One Petro	Perfuração de poços	<i>Ishikawa</i> , SMED, VSM
2016	<i>Maintaining sustainable performance in operating petroleum assets via a lean-six-sigma approach</i>	R.M.Chandima Ratnayake and Osman Chaudry	Emerald Insight	Especificação técnica para o processo de requisição de compra, processo de requisição de válvulas	VSM, Lean Six Sigma
2017	<i>Adoption and implementation potential of the lean concept in the petroleum industry: state-of-the-art</i>	Andika Rachman, R.M. Chandima Ratnayake,	International Journal of Lean Six Sigma	Aplicação do método <i>Lean</i> e ferramentas na indústria de petróleo	Citação das principais ferramentas <i>Lean</i>
2017	<i>Enriching Field Real-Time Data Reliability via the Implementation of Lean Six Sigma Concept Mohammad</i>	Mohammad S. Al Kadem, Karam S. Al Yateem and Mohammed N. Al-Khamis	One Petro	Gerenciamento do poço	Lean Six Sigma
2017	<i>Implementation of Lean Thinking in Planning Piping Hydro-Testing Activities</i>	Mohamed Walid Ibrahim	One Petro	Inventário, <i>lead time</i>	<i>Kaizen</i> , <i>Kanban</i> , GEMBA
2017	<i>Continuous Improvement Strategy To Stimulate Sustainability and To Enhance Environmental Management</i>	Cheryll Manlapaz Vargas and Hannah Scott	One Petro	Gerenciamento do poço	DMAIC, Lean Six Sigma
2017	<i>Planned shutdown time optimization using lean six sigma</i>	Matos, F. L.; Pereira, T. D.; Bonini, C. H. K.; Carocha, D. M.	One Petro	Otimização de tempo, <i>lead time</i>	Lean Six Sigma
2018	<i>Agile field development planning</i>	Ciccarelli, J.; McLachlan, D.; Singh H.; Thomson, R.	One Petro	Desenvolvimento de projetos	MVP, AHP
2018	<i>Maximizing production of lowest cost oil and gas from existing integrated production systems using the sweating the asset change management process</i>	A.; Al Zaabi, Y.; Al Busaidi, S.	One Petro	Produção de óleo e gás	<i>Kaizen</i> , VSM, SIPOC
2019	<i>Finding the repeatability in one-off projects to improve projects</i>	Ramachandra Ganesh Sheno	One Petro	Gerenciamento do poço, produção de óleo&gás	PPM (product production management)



Uso da metodologia *Lean* na cadeia *upstream* de petróleo

Erik Eiki Hashinaga

Orientador: Prof^a. Regina Meyer Branski

Artigo Sumário referente à disciplina PMI1096 – Trabalho de Formatura para Engenharia de Petróleo II
Este artigo foi preparado como requisito para completar o curso de Engenharia de Petróleo na Escola Politécnica da USP. Template versão 2018v11.

Resumo

O pensamento enxuto ou *Lean thinking*, também conhecido como Sistema Toyota de produção, pode ser definido como uma filosofia ou método, que agrupa técnicas e ferramentas que buscam essencialmente a eliminação de desperdícios nas operações. Há relatos na literatura de experiências bem-sucedidas na aplicação da metodologia *Lean* no setor de petróleo. O objetivo do trabalho é identificar ferramentas e técnicas *Lean* já utilizadas nas atividades da cadeia de petróleo *offshore* e apontar novas possibilidades de uso. O trabalho foi desenvolvido em duas etapas: revisão sistemática da literatura e entrevistas com especialistas. A revisão sistemática abrangeu artigos publicados em periódicos científicos, revistas especializadas e congressos da área de petróleo entre os anos de 2009 a 2019. Foi possível identificar os estudos já publicados e as principais ferramentas e técnicas *Lean* utilizadas na cadeia de exploração e produção de petróleo. As entrevistas mostraram que muitas ferramentas já estão incorporadas no dia a dia das empresas, mas de forma isolada, sem a sistematização exigida para a implantação da filosofia *Lean*.

Abstract

Lean thinking, also known as the Toyota Production System, can be defined as a philosophy or method that combine techniques and tools that essentially seek to eliminate waste in operations. There are reports in the literature of successful experiences in applying the Lean methodology in the oil sector. The objective of this work is to identify Lean tools and techniques already used in offshore oil chain activities and point out new possibilities for use. The work was developed in two steps: systematic literature review and interviews with experts. The systematic review covered articles published in scientific journals, specialized journals and oil congresses from 2009 to 2019. It was possible to identify the studies already published and the main Lean tools and techniques used in the oil exploration and production chain. Interviews showed that many tools are already incorporated into companies' daily lives, but in isolation, without the systematization required to implement Lean philosophy.

1. Introdução

Durante os últimos anos, a indústria de petróleo experimentou um considerável aumento nas atividades de exploração e produção (E&P) devido à descoberta de novos campos e ao desenvolvimento de tecnologias que possibilitaram a obtenção de óleo e gás por outros meios, como a exploração *offshore* e o *shale gas*.

Por outro lado, os preços do óleo têm declinado desde meados de 2014 e é esperado que continuem com um valor baixo por algum tempo. As empresas de E&P priorizaram o crescimento da

produção quando os preços do petróleo ainda estavam altos, adquirindo novos ativos e empregando pessoal adicional, com pouca atenção ao controle de custos e à eficiência (Martén e Whittaker, 2015). Esse cenário levou a uma diminuição considerável da margem de lucro das empresas de exploração e produção de 8% em 2012 para 0,5% em 2015 (Santamarta *et al.*, 2016).

Esse panorama de queda nos lucros fez com que companhias procurassem implementar estratégias confiáveis com o objetivo de reduzir custos. A aplicação de metodologias como *Lean* e *Six sigma* pode contribuir para reduzir custos e otimizar a cadeia de produção.

Lean e *Six sigma* são processos que promovem melhorias e entregam produtos a um custo menor e com melhor qualidade. Essas ferramentas vêm sendo usadas com sucesso em indústrias manufatureiras e de serviços, mas foram pouco aplicadas na área petrolífera. Empresas do setor de petróleo precisam se manter competitivas e a aplicação de *Lean* e do *Six sigma* pode reduzir custos e melhorar a competitividade das empresas quando enfrentam queda no preço do petróleo (Rachman e Ratnayake, 2018).

2. Metodologia

O objetivo do trabalho é identificar ferramentas e técnicas *Lean* utilizadas nas atividades da cadeia de petróleo *upstream* e apontar perspectivas e tendências futuras para o setor. O trabalho foi desenvolvido em duas etapas:

1. Revisão sistemática da literatura: permite sumarizar o conhecimento acumulado no campo de interesse, identificar os métodos de pesquisa que predominam na área e, ainda, determinar onde existem lacunas para futuras pesquisas (Praça, 2015).
2. Entrevistas: são uma ferramenta efetiva para captar dados subjetivos como opinião e indicar tendências (Lakatos, 1996).

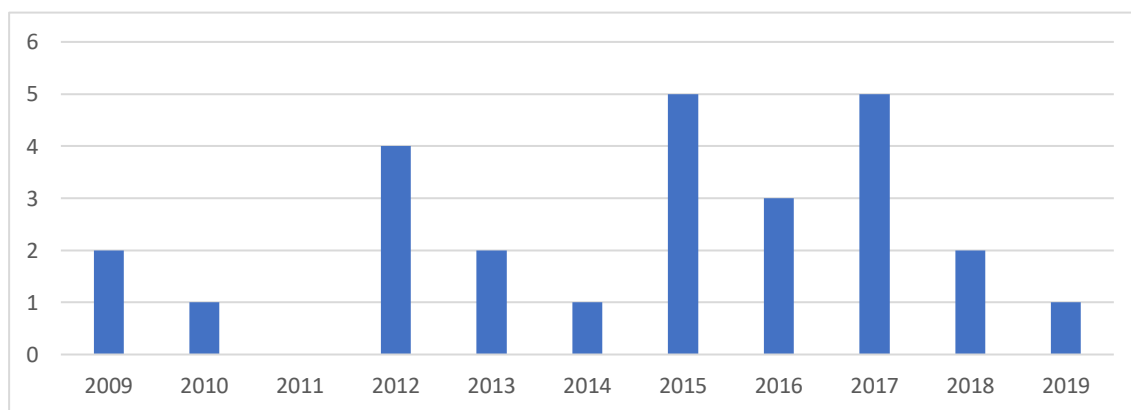
3. Resultados e discussão

Inicialmente foi feita uma análise das publicações e, em seguida, dos artigos selecionados.

3.1 Classificação e análise das publicações

Nos dez anos pesquisados, de 2009 até maio de 2019, o número de artigos publicados oscilou entre 0 e 5 por ano. O interesse pela área começou a crescer a partir de 2012, com o aumento da produção no pré-sal, mantendo um novo patamar de pelo menos uma publicação por ano desde então (Figura 1).

Figura 1. Número de publicações por ano

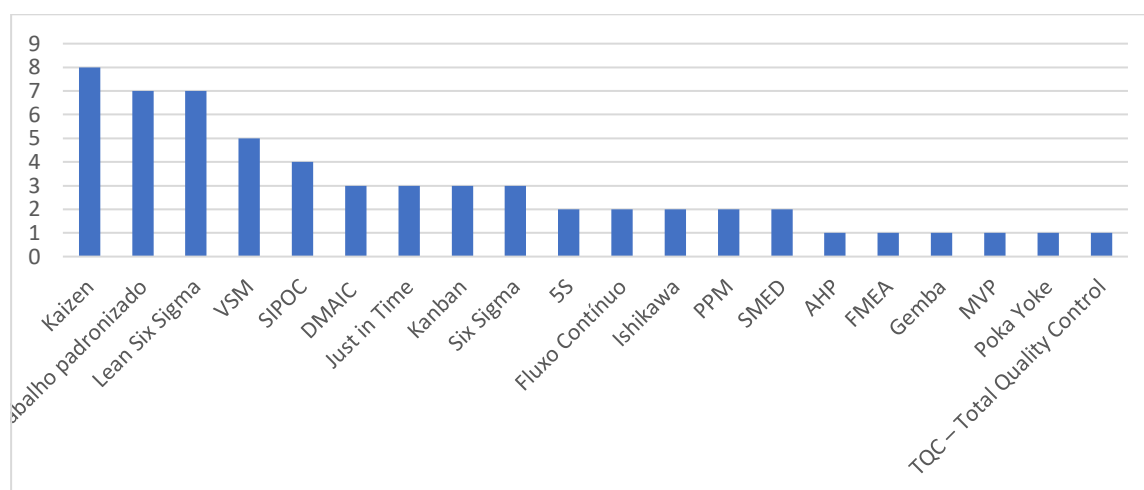


3.2 Classificação e análise dos artigos

Para classificação e análise dos artigos foi buscado nos textos citações às diversas ferramentas *Lean* e, também, identificação das atividades da cadeia de petróleo onde foram empregadas.

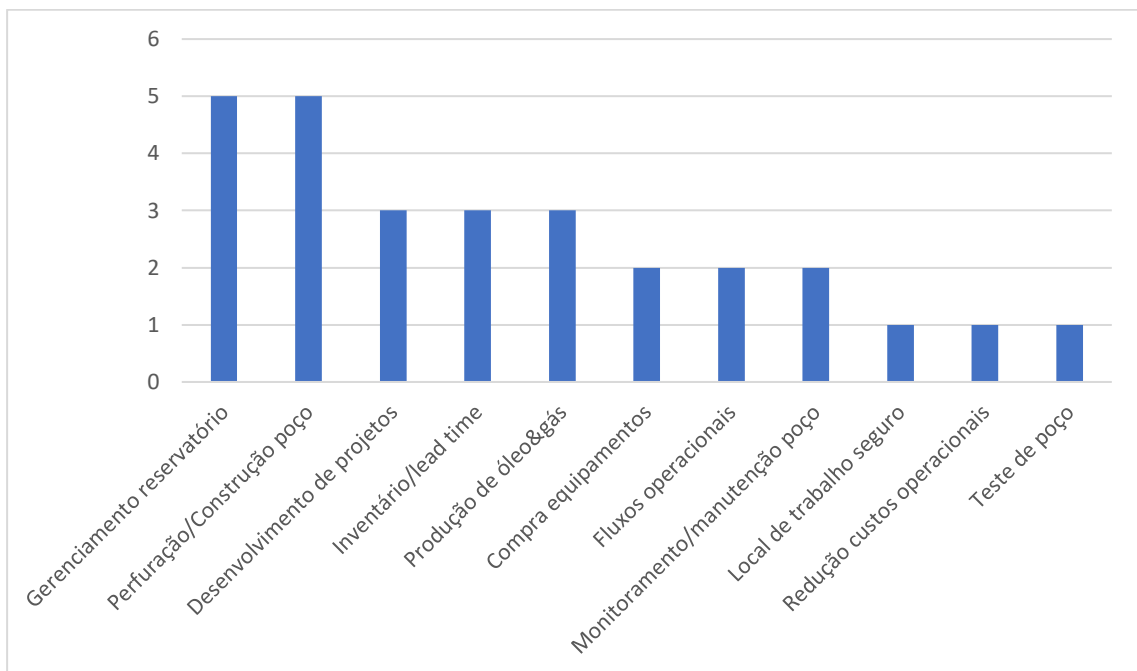
Como pode ser observado na Figura 2, houve 59 citações das ferramentas *Lean* na literatura estudada, dentre elas, *Kaizen*, trabalho padronizado e *Lean Six sigma* foram mencionadas 22 vezes, o que corresponde a 37,3% do total de aparições dos métodos observados. As ferramentas VSM, SIPOC, DMAIC, *Just in time*, *Kanban* e *Six sigma*, apareceram 35,6% das vezes. Finalmente, nos 27,1% das ferramentas citadas restantes, destacam-se o emprego do 5S, Fluxo contínuo, *Ishikawa*, PPM e SMED, além das indicadas no gráfico, mencionadas apenas uma vez nas pesquisas.

Figura 2. Ferramentas utilizadas



A Figura 3 mostra as atividades onde foram aplicadas as ferramentas *Lean*. Foi observado uma mudança gradual das áreas onde ocorre a aplicabilidade das ferramentas *Lean* ao longo do período analisado. Nos primeiros anos o foco dos estudos foi na perfuração dos poços de petróleo, que logo após foi alterado para o desenvolvimento de projetos de reservatórios. Essa mudança de panorama se deve inicialmente pela queda no preço do petróleo a partir de 2008, o que levou as empresas a buscar formas de diminuir os custos de exploração, principalmente, e produção e otimizar os processos da cadeia de petróleo. Apenas nos últimos três anos é que foram encontrados uma maior frequência de estudos na área de produção de óleo e gás, devido a uma nova queda nos preços quando oferta de petróleo ultrapassou a demanda, principalmente nos Estados Unidos, depois do aprimoramento da técnica de fraturamento hidráulico em rochas, como o xisto.

Figura 3. Atividades contempladas



A implementação do *Lean* produziu resultados positivos, com a maioria das publicações relatando reduções no tempo de ciclo e nos custos.

4. Entrevistas

4.1 Entrevista: Rafael Mendonça

Segundo Mendonça, o *Lean* atua nas questões de controle de tempo e capacidade ociosa, visando a organização para semana através de programação e controle das ações, tanto das máquinas, quanto dos trabalhadores.

A manutenção preventiva é um dos principais alicerces para o pleno funcionamento da plataforma. Esse método é utilizado diariamente, por uma equipe totalmente dedicada à verificação dos equipamentos. A qual é responsável por definir um cronograma até o fim da semana anterior para calibração, limpeza, verificação da vida útil e medição do funcionamento da peça, com a finalidade de deixá-la o mais próximo dos padrões de fábrica.

Outra área de extrema importância para garantir a plena produção da cadeia é a de mapeamento de processos. Essa é responsável por escrever os padrões de trabalho, treinar as equipes de funcionários e garantir o pleno desempenho dos processos. Isso é feito através de indicadores pré-definidos que mostram se os parâmetros estão de acordo. Caso contrário é feita uma correção nos processos buscando seu pleno funcionamento.

De acordo com Mendonça, “os tempos dos processos são medidos na plataforma para otimizar os processos e detectar ineficiências”. O *Lean* já está incorporado e adaptado à indústria de petróleo com a finalidade de agregar valor. Não obstante, há formas de melhorar, à medida que, nas palavras do entrevistado “pode-se aplicar o conceito de que cada área possa apresentar um plano de melhoria explicitamente, não apenas indiretamente, como acontece atualmente”.

4.2 Entrevista: Paulo Lima

De acordo com Paulo, o objetivo da implementação do *Lean* é dar estabilidade, melhorar os fluxos e otimizar os processos produtivos e administrativos. Para difundir e incorporar a filosofia *Lean*

no dia a dia das empresas, ele adotou o *Lean* management. Esse método tem como base a realização de reuniões diárias para identificação e resolução de problemas em todos os níveis da empresa, desde o chão da fábrica até a diretoria se necessário. Por meio das reuniões é possível desenvolver a liderança e incorporar ferramentas e comportamentos para a otimização dos fluxos de valor na empresa. Dentro dessas ferramentas, destacam-se quadros para melhor a comunicação, como *infocenters* e indicadores claros de desempenho.

O *Lean management* funciona com base na divisão dos grupos de trabalho, cada qual com supervisores responsáveis por relatar os problemas de maior complexidade de cada área para os níveis superiores de comando da empresa. Esse filtro de adversidades seleciona apenas os piores obstáculos para serem discutidos pelas camadas superiores da empresa em fóruns de discussão. Cada camada precisa ter a capacidade de lidar com problemas simples de forma rápida e eficiente.

5. Conclusão

Foram analisados 26 artigos buscando: motivação da pesquisa, objetivo, metodologia e resultados. Os artigos foram classificados por local de publicação, ferramentas utilizadas e atividades contempladas.

A maior parte dos artigos foi publicada em congressos científicos e trazem relatos da aplicação de ferramenta *Lean* no setor petróleo. Assim, é possível observar pouco interesse da academia pelo tema.

Algumas lacunas ainda precisam ser preenchidas. Há poucos estudos sobre estoques *onshore* e descomissionamento de plataformas *offshore*, atividades importantes que precisam ser mais exploradas. A gestão dos estoques *onshore* é atividade de elevada complexidade e fundamental para a eficiência da cadeia de petróleo. Plataformas operam com quantidade elevada de itens de diferentes tipos, tamanhos, ciclos de vida e importância. Além disso, a demanda por suprimentos é incerta, afetando toda a cadeia e tornando a gestão dos estoques um desafio. Temas voltados para bases de apoio *onshore* e seus estoques, consolidação da carga, operações portuárias, gestão de risco na cadeia etc., merecem atenção dos pesquisadores (Spagnol *et al*, 2018).

No caso do Brasil, a cadeia de suprimentos do petróleo é bastante complexa, sendo composta por uma grande quantidade de unidades operacionais, um sistema de transportes abrangente (dutos, terminais, navios), e uma variedade de atuações no mercado, como produção, venda, importação e exportação de petróleo e derivados. Nos últimos anos é crescente o interesse por formas para reduzir os custos e otimizar a produção de óleo e gás *offshore*, devido à baixa nos preços do petróleo. Nesse contexto é importante divulgar as oportunidades que o uso ferramentas *Lean* pode oferecer para o setor de petróleo.

6. Referências

ALLAN, M. E.; GOLD, D. K.; REESE, D. W. Application of Toyota's Principles and Lean Processes to Reservoir Management: More Tools To Overload the Toolbox or a Step Change in Our Business?. **SPE Economics & Management**, p. 67-87, 2014.

BUELL, R. S.; TURNIPSEED, S. P. Application of Lean Six Sigma in Oilfield Operations. Society of Petroleum Engineers. **SPE Production & Facilities**, volume 19, 2004.

CHESSA, C.; MAGNANI, F.; FIORIDO, F. De. Value Creation Through an Integrated Approach to Performance Improvement. **SPE Annual Technical Conference and Exhibition**, New Orleans, Louisiana, USA, 2013.

GEBAUER, H.; KICKUTH, M.; FRIEDLI, T. Lean management practices in the pharmaceutical industry. **International Journal of Services and Operations Management**, Vol. 5 No. 4, p.463-481, 2009.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**: planejamento e execução de

pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1996, p78-91.

MARTÉN, I.; WHITTAKER, P. (2015) Killing the complexity monster in E&P, In: The Boston Consulting Group, Anais [...]. Disponível em: www.bcgperspectives.com/content/articles/energy_and_environment_killing_complexity_monster/. Acesso em 13/05/2019.

MELCHERT, E. R.; MESQUITA, M. A.; FRANCISCHINI, P. G. Lean manufacturing on make-to-order suppliers: a case study. **XII ICIEOM**, Fortaleza, Ceará, Brazil, 2006.

MORAIS, J. M. de; **Petróleo em águas profundas: uma história tecnológica da PETROBRAS na exploração e produção offshore**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, p.45-50.

MUSTAPHA, A. et al. Improving Efficiency of Oil & Gas Development through Lean Concept. **SPE Nigerian Annual International Conference and Exhibition**, Abuja, Nigeria, 2012.

OLEIVSGARD, A. Planning and disruption challenges in the logistical offshore supply chain based on a simulation model. **Department of Marine Technology. Norwegian University of Science and Technology**, 2003.

PANWAR, A.; JAIN, R.; RATHORE, A. P. S. Lean implementation in Indian process industries – some empirical evidence. **Journal of Manufacturing Technology Management**, Vol. 26 No. 1, p.131-160, 2015.

PRAÇA, F. S. G. **Metodologia da pesquisa científica: organização estrutural e os desafios para redigir o trabalho de conclusão**. Diálogos Acadêmicos, nº 1, 2015, p. 72-87.

SANTAMARTA, S.; MARTEN, I.; HEGNSHOLT, E. (2016), *Big oil's road to reinvention: restoring value creation through business model revolution*, The Boston Consulting Group, disponível em: www.bcgperspectives.com/content/articles/energy-environment-big-oil-road-reinvention/. Acesso em 12/04/2019.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**: 8. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2018, p. 454-457.

RACHMAN, A.; RATNAYAKE, R. M. C. Adoption and implementation potential of the lean concept in the petroleum industry: state-of-the-art. **International Journal of Lean Six Sigma**, 2018.

SILVA, C. D. dos S. Análise do Impacto dos Erros de Previsão no Processo de Planejamento de Produção de uma Empresa Petrolífera. In: PUC-RIO. **Anais [...]**. Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/21199/21199_1.PDF. Acesso em 13/07/2019.

SPAGNOL, G.S. et al.; **Lean na Prática**, 1a edição, Global South Press, 2018, p.30-79.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987, p.23-53.

TØNNESSEN, R. et al. Application of Lean Principles to Accelerate Project Development. **SPE/IADC Drilling Conference and Exhibition**, London, United Kingdom, 2015.