RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 02/09/2026 | aceito: 07/10/2026 | publicação: 12/11/2026

Lições da indústria automotiva para o setor de óleo e gás e a transferência de práticas de qualidade, manutenção e produção enxuta para operações terrestres

Lessons from the automotive industry for the oil and gas sector and the transfer of quality, maintenance and lean production practices to onshore operations

Lecciones de la industria automotriz para el sector de petróleo y gas y la transferencia de prácticas de calidad, mantenimiento y producción esbelta a las operaciones terrestres

Daniel Haddad Cavalcante
Engenheiro Mecânico de Produção pela Universidade Paulista (2005) e MBA em Gestão Empresarial pela Fundação Getúlio Vargas (2009).

RESUMO
A indústria automotiva consolidou, ao longo da segunda metade do século XX, um conjunto de métodos de gestão que se tornou referência para outros setores, entre eles o sistema Toyota de produção, a manutenção produtiva total, os sistemas de gestão da qualidade orientados a fornecedores e a resolução estruturada de problemas. Este artigo discute quais desses métodos podem ser transferidos para o setor de óleo e gás, com foco nas operações terrestres de perfuração e intervenção em poços. Trata-se de pesquisa exploratória e qualitativa, baseada em revisão bibliográfica, análise documental de normas técnicas e registros públicos e relato de experiência profissional do autor, que atuou por mais de duas décadas na cadeia automotiva antes de assumir a gestão de ativos de sondas no onshore brasileiro. A análise mostra convergência crescente entre os sistemas de qualidade dos dois setores, evidenciada pelo alinhamento da décima edição da API Spec Q1 à ISO 9001:2015, e registra aplicações documentadas de produção enxuta em campos de gás e em campanhas de perfuração. Conclui-se que as ferramentas automotivas são transferíveis quando adaptadas à variabilidade das operações de poço e quando acompanhadas da cultura que as sustenta, e não apenas de seus formulários.
Palavras-chave: indústria automotiva. óleo e gás. produção enxuta. manutenção produtiva total. gestão da qualidade.

ABSTRACT
Throughout the second half of the twentieth century, the automotive industry consolidated a set of management methods that became a reference for other sectors, including the Toyota production system, total productive maintenance, supplier oriented quality management systems and structured problem solving. This article discusses which of these methods can be transferred to the oil and gas sector, focusing on onshore drilling and well intervention operations. It is an exploratory and qualitative study based on a literature review, documentary analysis of technical standards and public records, and a professional experience report by the author, who worked for more than two decades in the automotive supply chain before taking over rig asset management in Brazilian onshore operations. The analysis shows growing convergence between the quality systems of both sectors, illustrated by the alignment of the tenth edition of API Spec Q1 with ISO 9001:2015, and identifies documented applications of lean production in gas fields and drilling campaigns. The article concludes that automotive tools are transferable when adapted to the variability of well operations and when accompanied by the culture that sustains them, and not only by their forms.
Keywords: automotive industry. oil and gas. lean production. total productive maintenance. quality management.

1 INTRODUÇÃO

A história recente da engenharia de produção é, em boa medida, a história da indústria

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 02/09/2026 | aceito: 07/10/2026 | publicação: 12/11/2026

automobilística. Métodos que hoje aparecem em hospitais, bancos e companhias aéreas nasceram ou foram sistematizados em linhas de montagem de veículos, sob pressão de margens estreitas, volumes elevados e clientes que não toleram atraso. Krafcik (1988) cunhou a expressão produção enxuta ao comparar o desempenho de fábricas de automóveis em diferentes países, e Womack, Jones e Roos (1990) transformaram essa comparação em um programa de pesquisa de alcance mundial. Desde então, a pergunta sobre o que outros setores podem aprender com a indústria automotiva deixou de ser curiosidade acadêmica e passou a orientar decisões de gestão em empresas de natureza muito diferente.

O setor de óleo e gás ocupa uma posição peculiar nesse debate. Suas operações combinam equipamentos pesados, risco elevado e grande variabilidade de condições, características que costumam ser apresentadas como argumento contra a adoção de práticas da manufatura seriada. Ao mesmo tempo, parte relevante do trabalho em campos terrestres é repetitiva, como a perfuração de poços de desenvolvimento, as intervenções de workover e a montagem de instalações de superfície, o que aproxima essas atividades da lógica de uma linha de produção. O presente artigo parte dessa tensão e procura identificar quais ferramentas automotivas resistem à mudança de contexto e quais exigem adaptação profunda.

A questão de pesquisa pode ser formulada da seguinte maneira. Quais métodos de gestão desenvolvidos na indústria automotiva podem ser transferidos para operações terrestres de óleo e gás, e sob que condições essa transferência produz resultados? O objetivo geral é analisar essa transferência a partir da literatura, das normas técnicas dos dois setores e de casos documentados. Como objetivos específicos, busca-se comparar os sistemas de gestão da qualidade de ambos os setores, discutir a aplicação da manutenção produtiva total e da resolução estruturada de problemas em sondas e examinar evidências de uso da produção enxuta em operações de poço. O texto organiza-se em metodologia, seis seções de desenvolvimento e conclusão.

2 METODOLOGIA

Quanto aos objetivos, a pesquisa classifica-se como exploratória, por tratar de um tema ainda pouco sistematizado na literatura brasileira, e descritiva, por caracterizar práticas de gestão de dois setores industriais. A abordagem é qualitativa, uma vez que o interesse principal recai sobre a natureza das práticas e sobre as condições de sua transferência, e não sobre a mensuração estatística de resultados. Quanto aos procedimentos técnicos, o estudo combina revisão bibliográfica narrativa, análise documental e relato de experiência profissional, arranjo adequado a problemas em que o conhecimento acumulado na prática ainda não foi plenamente incorporado à produção acadêmica.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 02/09/2026 | aceito: 07/10/2026 | publicação: 12/11/2026

A revisão bibliográfica concentrou-se em obras de referência sobre o sistema Toyota de produção, a produção enxuta, a manutenção produtiva total e a gestão da qualidade, privilegiando autores amplamente citados, como Ohno, Shingo, Nakajima, Deming, Ishikawa, Womack, Jones e Liker, além de revisões publicadas em periódicos com revisão por pares. A análise documental abrangeu normas e comunicados técnicos dos dois setores, em especial a IATF 16949:2016, o manual de FMEA publicado conjuntamente pela AIAG e pela VDA e a décima edição da API Spec Q1, bem como registros públicos sobre o complexo automotivo de Camaçari e trabalhos que descrevem aplicações de produção enxuta em operações de petróleo e gás.

O relato de experiência apoia-se na trajetória profissional do autor, que atuou de 1997 a 2020 em empresas de manufatura e da cadeia automotiva, nas funções de mecânico, técnico de manufatura, engenheiro de qualidade, supervisor de manufatura e gerente de produção e de operações, e que desde 2021 responde pela manutenção e integridade dos ativos de sondas e serviços de uma operadora independente do onshore brasileiro. Essa trajetória oferece uma posição de observação pouco comum, pois permite comparar a aplicação das mesmas ferramentas em ambientes industriais distintos. O relato é tratado como fonte interpretativa, útil para formular hipóteses e ilustrar mecanismos, e não como evidência generalizável.

Reconhecem-se as limitações do desenho adotado. A revisão não seguiu protocolo sistemático com critérios formais de inclusão e exclusão, o que pode ter deixado de fora estudos relevantes. Os casos de aplicação da produção enxuta em óleo e gás encontrados na literatura acessível são poucos e heterogêneos, e alguns correspondem a trabalhos acadêmicos de conclusão de curso ou a relatos de empresas, e não a estudos comparativos controlados. Por fim, o relato de experiência está sujeito aos vieses próprios de quem participou dos processos descritos. Em respeito ao sigilo empresarial, nenhum dado interno não divulgado publicamente foi utilizado.

3 A GÊNESE DO SISTEMA TOYOTA E A DIFUSÃO DA PRODUÇÃO ENXUTA

O ponto de partida de qualquer discussão sobre a transferência de práticas automotivas é o sistema Toyota de produção. Ohno (1988), um de seus principais arquitetos, descreveu o sistema como uma busca sistemática pela eliminação de desperdícios, apoiada em dois pilares, o just in time, que consiste em produzir apenas o necessário, na quantidade necessária e no momento necessário, e a autonomação, que dá às máquinas e aos operadores a capacidade de interromper a produção diante de uma anomalia. O sistema foi desenvolvido em um Japão do pós-guerra com escassez de capital e mercado interno reduzido, condições que tornavam inviável copiar a produção em massa norte-americana. A restrição de recursos, portanto, está na origem do método.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 02/09/2026 | aceito: 07/10/2026 | publicação: 12/11/2026

A expressão produção enxuta surgiu décadas depois, quando pesquisadores ocidentais tentaram explicar a vantagem competitiva das montadoras japonesas. Krafcik (1988), em artigo publicado na Sloan Management Review, comparou plantas de diferentes regiões e associou o melhor desempenho a sistemas de produção com baixos estoques e alta exigência de qualidade, que denominou enxutos. Womack, Jones e Roos (1990) ampliaram essa análise no livro resultante do International Motor Vehicle Program do MIT, e Womack e Jones (1996) deram o passo seguinte ao propor que os princípios enxutos poderiam ser aplicados a qualquer organização, sintetizados em valor, fluxo de valor, fluxo contínuo, produção puxada e busca da perfeição.

Holweg (2007), ao reconstruir a genealogia do conceito, mostra que a produção enxuta não nasceu pronta e que sua difusão dependeu de um processo longo de tradução entre a prática japonesa e a linguagem acadêmica ocidental. Hines, Holweg e Rich (2004), em revisão publicada no International Journal of Operations and Production Management, identificam uma evolução do pensamento enxuto de um conjunto de ferramentas de chão de fábrica para uma abordagem estratégica centrada no valor percebido pelo cliente. Os autores alertam que a aplicação de ferramentas sem a compreensão desse nível estratégico tende a produzir ganhos limitados e pouco duradouros, risco especialmente relevante quando o método é levado para setores com características muito diferentes das da manufatura.

Spear e Bowen (1999) chegaram a conclusão semelhante por outro caminho. Ao estudar a Toyota e seus fornecedores, os autores observaram que muitas empresas que visitavam as fábricas japonesas copiavam ferramentas visíveis, como quadros kanban e dispositivos à prova de erro, sem obter os mesmos resultados. A explicação estaria em regras tácitas que orientam como o trabalho é especificado, como as pessoas se conectam, como os fluxos são desenhados e como as melhorias são conduzidas, sempre com base em experimentação disciplinada. Liker (2004) organizou essa dimensão em catorze princípios de gestão, com destaque para a decisão baseada em filosofia de longo prazo e para o desenvolvimento de pessoas capazes de resolver problemas no próprio local de trabalho.

Para o setor de óleo e gás, essa literatura traz uma advertência importante. A transferência de práticas automotivas não se resume à importação de formulários, quadros ou indicadores, e depende da criação de condições organizacionais para que as equipes identifiquem desvios, interrompam o trabalho quando necessário e aprendam com cada ocorrência. Em operações de sondas, onde a parada por condição insegura já faz parte da cultura de segurança, existe uma base favorável para a autonomação, que precisa ser estendida também às anomalias de qualidade e de desempenho. As seções seguintes examinam como essa transferência pode ocorrer em diferentes dimensões da gestão, começando pelo ambiente em que o autor teve contato direto com esses métodos.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 02/09/2026 | aceito: 07/10/2026 | publicação: 12/11/2026

4 O POLO AUTOMOTIVO BAIANO COMO ESCOLA DE GESTÃO

A Bahia oferece um caso singular de convivência entre a indústria automotiva e a indústria do petróleo. O complexo industrial da Ford em Camaçari foi inaugurado em outubro de 2001 e adotou um modelo de condomínio industrial, no qual cerca de vinte fornecedores operavam dentro da própria planta, em parceria direta com a montadora (Ford celebra..., 2017). Em 2017, o complexo comemorou a marca de 3 milhões de veículos produzidos, tinha capacidade anual de 250 mil unidades em três turnos e reunia aproximadamente 7.600 empregos diretos, dos quais cerca de 70% na própria Ford e o restante nos fornecedores instalados no local. O estado, por sua vez, é o berço da produção brasileira de petróleo em terra, concentrada na Bacia do Recôncavo.

O modelo de condomínio industrial exigia dos fornecedores um nível elevado de sincronização com a linha de montagem. Componentes como assentos e estruturas soldadas eram entregues em sequência, na ordem exata dos veículos em produção, regime conhecido como just in sequence. Nessa configuração, uma falha de equipamento no fornecedor afeta a montadora em poucos minutos, e a disponibilidade das máquinas passa a ser tratada como variável de entrega. O autor atuou nesse ambiente entre 2018 e 2020, como gerente de operações de um fornecedor responsável pela fabricação de estruturas soldadas e pela montagem de assentos dianteiros e traseiros em regime de sequenciamento para o complexo, com responsabilidade sobre produção, qualidade, manutenção, logística e resultados financeiros.

Em 11 de janeiro de 2021, a Ford anunciou o encerramento da produção de veículos no Brasil, com fechamento das fábricas de Camaçari e Taubaté e, até o fim daquele ano, da unidade da Troller em Horizonte, no Ceará, justificando a decisão por perdas significativas acumuladas e pela capacidade ociosa do setor agravada pela pandemia (Ferrari, 2021). Na Bahia, o Sindicato dos Metalúrgicos de Camaçari estimou impacto de cerca de 12 mil empregos diretos e de até 60 mil postos de trabalho somando efeitos diretos e indiretos, distribuídos em aproximadamente 30 empresas da cadeia (Giovanaz, 2021). Para além do impacto social, o episódio liberou no mercado regional um contingente de profissionais formados na disciplina da manufatura automotiva.

Parte desse conhecimento migrou para outros setores da economia baiana, entre eles o de petróleo e gás. A transição do próprio autor para a gestão de ativos de sondas, em abril de 2021, ilustra esse movimento, ainda que não seja possível, com os dados disponíveis, estimar sua extensão. O que se pode afirmar é que profissionais formados em ambientes certificados pela norma automotiva de qualidade, habituados a indicadores como eficácia global de equipamentos, tempo médio entre falhas e tempo médio de reparo, e treinados em métodos estruturados de resolução de problemas, chegaram às operadoras independentes do onshore em um momento de expansão de frotas e de revitalização de

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.
Ano VII, v.2 2026 | submissão: 02/09/2026 | aceito: 07/10/2026 | publicação: 12/11/2026

campos maduros.

Esse fluxo de pessoas é um mecanismo de transferência de conhecimento frequentemente subestimado. Spear e Bowen (1999) mostraram que as regras que sustentam o sistema Toyota são em grande parte tácitas e se transmitem pela prática, e não por manuais. Quando um engenheiro formado na indústria automotiva passa a gerir equipamentos de perfuração e intervenção, ele leva consigo não apenas ferramentas, mas também hábitos de observação, padrões de exigência e uma forma específica de tratar desvios. O desafio é traduzir esse repertório para um ambiente com riscos, equipamentos e linguagem próprios, tarefa que as seções seguintes examinam a partir de cada grupo de práticas.

5 SISTEMAS DE GESTÃO DA QUALIDADE NOS DOIS SETORES

A indústria automotiva construiu ao longo das últimas décadas um dos sistemas de gestão da qualidade mais exigentes do mundo industrial. A norma IATF 16949:2016, publicada pela International Automotive Task Force em substituição à ISO/TS 16949, estabelece requisitos adicionais à ISO 9001:2015 para organizações que fornecem peças de produção e serviços para a cadeia automotiva (International Automotive Task Force, 2016). Entre esses requisitos estão o planejamento avançado da qualidade do produto, a aprovação formal de peças antes do início da produção seriada, a análise de modos de falha e a gestão rigorosa de fornecedores, ferramentas que o autor aplicou em funções de engenharia de qualidade e auditoria interna junto a montadoras de veículos leves e pesados.

A análise de modos e efeitos de falha merece destaque por sua aplicabilidade direta à gestão de ativos. Em 2019, a AIAG e a VDA, associações da indústria automotiva norte-americana e alemã, publicaram um manual conjunto de FMEA que harmonizou abordagens até então distintas e introduziu uma estrutura de sete etapas para a análise (Automotive Industry Action Group, Verband der Automobilindustrie, 2019). O método parte da estrutura e das funções do sistema, identifica as falhas possíveis, avalia suas consequências e define ações de prevenção e detecção. Aplicada a componentes críticos de uma sonda, como mastro, guincho, sistema de freio e bombas, a FMEA permite priorizar inspeções e sobressalentes pelo risco, e não pela intuição.

No setor de óleo e gás, a referência equivalente é a API Spec Q1, que estabelece requisitos de sistema de gestão da qualidade para organizações que fornecem produtos para a indústria de petróleo e gás natural. Em setembro de 2023, o American Petroleum Institute publicou a décima edição do documento, alinhada à ISO 9001:2015, ao passo que a edição anterior estava associada à versão de 2008 da norma internacional (American Petroleum Institute, 2023). A nova edição ampliou o escopo de aplicação, que antes se concentrava na fabricação, para abranger engenharia e projeto, processos

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 02/09/2026 | aceito: 07/10/2026 | publicação: 12/11/2026

especiais como soldagem e tratamento térmico e atividades de distribuição e logística. O mesmo comunicado registra que a API Spec Q2, voltada a organizações prestadoras de serviços, foi atualizada em 2021.

A comparação entre os dois sistemas revela uma convergência significativa. Ambos partem da ISO 9001:2015, ambos acrescentam exigências específicas de controle de processos especiais e de fornecedores e ambos tratam a qualidade como responsabilidade de toda a cadeia, e não apenas do fabricante final. A ampliação de escopo da API Spec Q1 aproxima o documento da lógica automotiva, em que o planejamento da qualidade começa no projeto e se estende à logística. Para profissionais que transitam entre os setores, essa convergência reduz a curva de aprendizagem e permite reaproveitar procedimentos de auditoria, de aprovação de fornecedores e de controle de alterações.

Há, porém, diferenças que não devem ser ignoradas. A indústria automotiva trabalha com volumes elevados e peças intercambiáveis, o que viabiliza controle estatístico de processo e aprovação de lotes com base em amostragem. Uma sonda de workover, ao contrário, é um conjunto de equipamentos de baixa repetição, cujas intervenções variam de poço para poço. Por isso, a transferência mais promissora não está nas ferramentas estatísticas de controle de lote, e sim nos mecanismos de planejamento e aprovação. O comissionamento de uma sonda nova pode ser conduzido com a mesma disciplina de uma aprovação de peça de produção, com critérios de aceitação definidos antes da entrega e registro formal de cada não conformidade encontrada.

6 RESOLUÇÃO ESTRUTURADA DE PROBLEMAS

Poucas contribuições da indústria automotiva tiveram difusão tão ampla quanto os métodos estruturados de resolução de problemas. A Ford publicou em 1987 o Team Oriented Problem Solving Manual, origem do método que viria a ser conhecido como 8D, organizado em etapas que vão da formação da equipe e da descrição do problema à contenção imediata, à análise de causa raiz, à implementação de ações permanentes e à prevenção da recorrência (Roser, 2025). O método tornou-se exigência comum de montadoras a seus fornecedores para o tratamento de reclamações de clientes, e o autor o aplicou de forma intensiva no atendimento técnico a montadoras de veículos leves e pesados e na análise de falhas de campo.

O 8D apoia-se em fundamentos mais antigos da gestão da qualidade. Deming (1986) defendeu a melhoria contínua baseada em ciclos de planejamento, execução, verificação e ação, e atribuiu à gestão, e não aos operadores, a maior parte da responsabilidade pelos problemas de qualidade. Ishikawa (1985) difundiu o diagrama de causa e efeito e o controle da qualidade com participação de todos os níveis da empresa. No Brasil, Campos (1992) sistematizou o método de análise e solução de

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 02/09/2026 | aceito: 07/10/2026 | publicação: 12/11/2026

problemas, conhecido pela sigla MASP, que se tornou uma linguagem comum em indústrias de diversos setores. Todos compartilham a mesma premissa, segundo a qual um problema só é resolvido quando sua causa raiz foi identificada e eliminada.

Em operações de sondas, a aplicação desses métodos enfrenta uma dificuldade cultural específica. A urgência de devolver o equipamento à operação favorece o reparo rápido e desestimula a investigação, de modo que a mesma falha pode se repetir em diferentes unidades sem que sua causa seja tratada. A adoção do 8D para falhas recorrentes, com contenção imediata seguida de análise de causa raiz, rompe esse ciclo. O Quadro 1 sintetiza a correspondência entre as principais ferramentas automotivas discutidas neste artigo e suas aplicações em sondas terrestres, servindo como referência para as seções seguintes.

Quadro 1 – Correspondência entre ferramentas da indústria automotiva e aplicações em sondas terrestres

Ferramenta automotiva	Referência	Aplicação proposta em sondas terrestres
8D (Team Oriented Problem Solving)	Ford, 1987	Investigação de falhas recorrentes de equipamentos, com contenção imediata e eliminação da causa raiz
FMEA	AIAG e VDA (2019)	Priorização de inspeções e sobressalentes de mastro, guincho, freio e bombas pelo risco de cada modo de falha
Planejamento da qualidade e aprovação de peças	IATF 16949:2016	Comissionamento de sondas novas com critérios de aceitação definidos antes da entrega
Manutenção produtiva total e OEE	Nakajima (1988)	Manutenção autônoma pelas equipes de sonda e medição integrada de perdas
Troca rápida de ferramentas (SMED)	Shingo (1985)	Redução do tempo de desmontagem, transporte e montagem entre poços
Mapeamento do fluxo de valor	Rother e Shook (1998)	Identificação de esperas no ciclo de intervenção, da solicitação ao retorno do poço à produção

Fonte: elaborado pelo autor com base nas referências indicadas.

A investigação de falhas no setor de óleo e gás ganha relevância adicional pela dimensão de segurança. Em uma linha automotiva, a falha de um equipamento costuma resultar em perda de produção ou em peça defeituosa. Em uma sonda, a mesma falha pode expor trabalhadores a cargas suspensas, pressões elevadas e fluidos inflamáveis. Isso torna a análise de causa raiz mais valiosa e, ao mesmo tempo, mais exigente, pois precisa considerar fatores humanos, procedimentos e condições

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 02/09/2026 | aceito: 07/10/2026 | publicação: 12/11/2026

de campo além do componente que falhou. A experiência automotiva com a definição precisa do problema, na etapa que o 8D dedica a descrevê-lo antes de buscar causas, contribui para evitar conclusões apressadas.

O ganho mais duradouro da adoção desses métodos é a criação de uma memória técnica da organização. Cada análise concluída registra o problema, as causas confirmadas e as ações adotadas, e esse registro pode ser consultado quando falhas semelhantes surgirem em outras sondas. Em uma frota padronizada, essa memória acelera a solução de problemas e permite revisar planos de manutenção com base em evidências. Trata-se da mesma lógica que, na indústria automotiva, alimenta as lições aprendidas utilizadas no planejamento de novos produtos, aqui aplicada ao ciclo de vida de equipamentos de perfuração e de intervenção em poços.

7 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL E A DISPONIBILIDADE DE EQUIPAMENTOS

A manutenção produtiva total nasceu na indústria japonesa como extensão dos princípios de qualidade ao cuidado com os equipamentos. Nakajima (1988) sistematizou a abordagem e propôs o indicador de eficácia global de equipamentos, calculado pelo produto entre disponibilidade, desempenho e qualidade é associado a seis grandes perdas, que vão das quebras e preparações às pequenas paradas, à redução de velocidade, aos defeitos e às perdas de partida. Um dos fundamentos da proposta é a manutenção autônoma, na qual os próprios operadores assumem tarefas básicas de limpeza, inspeção, lubrificação e reaperto, liberando a equipe especializada para atividades de maior complexidade e reduzindo a deterioração acelerada dos equipamentos.

Ahuja e Khamba (2008), em extensa revisão publicada no International Journal of Quality and Reliability Management, analisaram a literatura sobre manutenção produtiva total e concluíram que sua implementação bem-sucedida depende de mudanças organizacionais profundas, como o envolvimento da alta direção, o treinamento sistemático e a integração entre produção e manutenção. Os autores identificam também barreiras recorrentes, entre elas a resistência cultural, a falta de compreensão dos objetivos e a tendência de tratar o programa como iniciativa isolada do departamento de manutenção. Esses achados são relevantes para o setor de óleo e gás, onde a separação entre operação e manutenção costuma ser marcada por contratos, equipes e indicadores distintos.

Na literatura brasileira, Kardec e Nascif (2009) entendem que a missão da manutenção é garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações para atender ao processo produtivo, com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custo adequado. Essa definição desloca o foco do reparo para a disponibilidade, aproximando a manutenção da gestão do resultado operacional.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 02/09/2026 | aceito: 07/10/2026 | publicação: 12/11/2026

Muchiri e Pintelon (2008) mostram que o indicador de eficácia global foi adaptado a diferentes contextos industriais e deu origem a variações voltadas à produção e aos ativos, o que sustenta sua aplicação a equipamentos que não são máquinas de linha de montagem, desde que as perdas sejam definidas de forma coerente com cada operação.

Em uma sonda de workover, a manutenção autônoma encontra terreno fértil. As equipes de sonda já executam verificações diárias de equipamentos, em grande parte motivadas pela segurança, e convivem com o equipamento durante toda a jornada de trabalho. A formalização dessas verificações em roteiros padronizados, com registro de anomalias e retorno à equipe de manutenção, transforma uma prática de segurança em instrumento de confiabilidade. Na experiência do autor com supervisão de equipes de manufatura de grande porte, focadas em indicadores de eficácia global, tempo médio entre falhas e tempo médio de reparo, o envolvimento dos operadores foi o fator que mais contribuiu para reduzir paradas não programadas.

Os indicadores de confiabilidade utilizados na indústria automotiva também são diretamente aplicáveis às sondas. O tempo médio entre falhas mede com que frequência um equipamento interrompe a operação, e o tempo médio de reparo mede quanto tempo leva para devolvê-lo ao trabalho. Acompanhados por sonda e por sistema, esses indicadores revelam quais unidades e quais componentes concentram as perdas e orientam a alocação de recursos. A diferença em relação à manufatura está na interpretação, pois o tempo de reparo de uma sonda inclui deslocamento de equipes e peças até locações distantes, fator logístico que precisa ser separado do tempo técnico de reparo para que o indicador oriente decisões corretas.

8 PRODUÇÃO ENXUTA APLICADA A OPERAÇÕES DE POÇO

A aplicação da produção enxuta em operações de petróleo e gás já conta com registros documentados. Mueller (2010), em trabalho publicado no APPEA Journal, descreveu a adoção de princípios enxutos pela Arrow Energy na produção de gás de carvão na Austrália e argumentou que, embora a atividade seja diferente da manufatura tradicional, a perfuração de poços, a completação e a implantação de infraestrutura de superfície envolvem trabalho repetitivo ao qual o método se aplica. O autor relata que as primeiras iniciativas na implantação de infraestrutura de superfície reduziram o tempo de execução em cerca de 70%, e reconhece que distâncias longas e condições variáveis de campo exigem adaptação das ferramentas.

Duffy (2016), em dissertação defendida na Montanuniversität Leoben, analisou a aplicação de métodos enxutos por uma equipe de perfuração de uma grande companhia internacional em uma campanha de poços de adensamento em Dakota do Norte. O trabalho registra redução de custos por

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 02/09/2026 | aceito: 07/10/2026 | publicação: 12/11/2026

poço e de dias de perfuração sem comprometimento dos padrões de qualidade e argumenta que muitas ineficiências decorrem de decisões que privilegiam o menor custo imediato, como a compra de equipamentos mais baratos ou projetos de poço abaixo do padrão, que acabam gerando custos maiores com intervenções e reparos posteriores. A observação conecta diretamente a produção enxuta à gestão do ciclo de vida dos ativos.

Rother e Shook (1998) propuseram o mapeamento do fluxo de valor como ferramenta para visualizar o caminho de um produto desde a matéria-prima até o cliente, separando as atividades que agregam valor das esperas e dos desperdícios. Aplicado ao ciclo de uma intervenção de workover, o mapeamento acompanha o poço desde a identificação da perda de produção até o seu retorno, passando pela solicitação, pela programação da sonda, pelo deslocamento, pela montagem, pela execução e pela desmontagem. Em geral, o tempo efetivo de intervenção é apenas uma fração do ciclo total, e as maiores oportunidades de ganho costumam estar nas esperas entre etapas, que são invisíveis quando cada área mede apenas o próprio desempenho.

A troca rápida de ferramentas, sistematizada por Shingo (1985), oferece um caminho concreto para reduzir uma dessas esperas. O método propõe separar as atividades de preparação que exigem a máquina parada daquelas que podem ser realizadas com a máquina em operação e converter o maior número possível das primeiras nas segundas. Em operações terrestres, a etapa equivalente à preparação é a desmontagem, o transporte e a montagem da sonda entre poços. Preparar a locação seguinte, pré-posicionar materiais, conferir documentação e permissões de trabalho antes da chegada do equipamento são formas de executar externamente atividades que hoje consomem horas de sonda parada.

Os limites da produção enxuta em operações de poço precisam ser reconhecidos com clareza. A variabilidade geológica, as condições climáticas e de acesso e as exigências de segurança impedem a padronização completa das atividades, e a busca de redução de tempo jamais pode se sobrepor às barreiras de segurança previstas em procedimentos e normas. Hines, Holweg e Rich (2004) lembram que o pensamento enxuto maduro se orienta pelo valor e não pela simples redução de custos. No contexto das sondas, o valor está no poço devolvido à produção com segurança e qualidade, e é essa definição que deve guiar a seleção das ferramentas a serem transferidas da indústria automotiva.

9 CONCLUSÃO

Este artigo examinou quais métodos de gestão desenvolvidos na indústria automotiva podem ser transferidos para operações terrestres de óleo e gás e sob que condições essa transferência produz resultados. A análise da literatura, das normas técnicas dos dois setores e de casos documentados

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 02/09/2026 | aceito: 07/10/2026 | publicação: 12/11/2026

indica que a transferência é viável e já ocorre, embora de forma desigual entre as diferentes dimensões da gestão. O ponto comum entre as experiências bem-sucedidas é a adaptação cuidadosa das ferramentas à natureza das operações de poço, aliada ao desenvolvimento das condições organizacionais que permitem seu funcionamento.

A revisão sobre a gênese do sistema Toyota e da produção enxuta mostrou que a principal advertência da literatura diz respeito à cópia de ferramentas sem a cultura que as sustenta. Os estudos de Spear e Bowen, de Liker e de Hines, Holweg e Rich convergem ao indicar que os ganhos duradouros dependem de regras de trabalho, de experimentação disciplinada e do desenvolvimento de pessoas capazes de resolver problemas no próprio local de trabalho. Essa conclusão vale integralmente para o setor de óleo e gás, onde a tentação de implantar indicadores e formulários sem mudar a rotina das equipes é igualmente presente.

O caso do polo automotivo baiano evidenciou um mecanismo de transferência pouco discutido, a circulação de profissionais entre setores. O complexo de Camaçari formou, ao longo de duas décadas, gestores e técnicos habituados à sincronização com a linha de montagem, aos sistemas de qualidade automotivos e aos indicadores de confiabilidade. O encerramento da produção em 2021 liberou parte desse contingente em um momento de expansão das operadoras independentes do onshore, criando uma oportunidade de difusão de práticas que merece ser estudada de forma sistemática.

A comparação entre os sistemas de gestão da qualidade revelou convergência crescente entre os dois setores, evidenciada pelo alinhamento da décima edição da API Spec Q1 à ISO 9001:2015 e pela ampliação de seu escopo para projeto, processos especiais e logística. Essa aproximação reduz barreiras para a adoção de práticas automotivas de planejamento da qualidade, aprovação de fornecedores e análise de modos de falha. A transferência mais promissora está nos mecanismos de planejamento e aprovação, como o comissionamento de sondas com critérios de aceitação definidos antes da entrega.

Os métodos estruturados de resolução de problemas, como o 8D e o MASP, mostraram-se aplicáveis às falhas de equipamentos de sonda, com o benefício adicional de criar uma memória técnica da organização. A urgência operacional que favorece o reparo rápido em detrimento da investigação é o principal obstáculo a ser superado. Em operações onde as falhas podem ter consequências graves para a segurança, a análise rigorosa da causa raiz deixa de ser apenas uma ferramenta de qualidade e passa a integrar a própria gestão de riscos.

A manutenção produtiva total encontra nas sondas um ambiente favorável, pois as equipes já executam verificações diárias motivadas pela segurança. A formalização dessas verificações em roteiros de manutenção autônoma e o acompanhamento de indicadores de confiabilidade por sonda e por sistema permitem identificar onde se concentram as perdas. A ressalva necessária refere-se à

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 02/09/2026 | aceito: 07/10/2026 | publicação: 12/11/2026

separação entre o tempo técnico de reparo e o tempo logístico de deslocamento, sem a qual os indicadores podem induzir decisões equivocadas.

Os casos documentados de produção enxuta em campos de gás e em campanhas de perfuração confirmam que o método pode gerar reduções expressivas de tempo e de custo quando aplicado às atividades repetitivas das operações de poço. O mapeamento do fluxo de valor do ciclo de intervenção e a aplicação dos princípios de troca rápida ao intervalo entre poços são caminhos concretos para capturar esses ganhos. Em todos os casos, a definição de valor deve ter como referência o poço devolvido à produção com segurança e qualidade.

O estudo apresenta limitações que abrem espaço para pesquisas futuras. A revisão não seguiu protocolo sistemático, os casos de aplicação em óleo e gás são poucos e heterogêneos, e o relato de experiência está sujeito aos vieses de quem participou dos processos. Recomenda-se a realização de estudos empíricos que comparam indicadores de confiabilidade e de produtividade de frotas de sondas antes e depois da adoção de práticas automotivas, bem como investigações sobre a trajetória profissional de trabalhadores que migraram da indústria automotiva para o setor de petróleo e gás.

REFERÊNCIAS

AHUJA, I. P. S.; KHAMBA, J. S. Total productive maintenance: literature review and directions. **International Journal of Quality & Reliability Management**, [*s. l.*], v. 25, n. 7, p. 709-756, 2008. DOI: https://doi.org/10.1108/02656710810890890.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. **API releases 10th edition of API Spec Q1**. Washington, DC, 18 set. 2023. Disponível em: https://www.api.org/news-policy-and-issues/news/2023/09/18/api-releases-10th-edition-of-api-spec-q1.

AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP; VERBAND DER AUTOMOBILINDUSTRIE. **AIAG & VDA FMEA handbook**. Southfield, MI: AIAG, 2019.

CAMPOS, V. F. **TQC**: controle da qualidade total (no estilo japonês). Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.

DEMING, W. E. **Out of the crisis**. Cambridge, MA: MIT Center for Advanced Engineering Study, 1986.

DUFFY, W. **Factory drilling**: a lean manufacturing approach to drilling operations. 2016. Dissertação (Diplom-Ingenieur) - Montanuniversität Leoben, Leoben, 2016. Disponível em: https://pure.unileoben.ac.at/en/publications/factory-drilling-a-lean-manufacturing-approach-to-drilling-operat/.

FERRARI, H. Ford anuncia fim de produção no Brasil depois de "perdas significativas". **Poder360**, Brasília, 11 jan. 2021. Disponível em: https://www.poder360.com.br/economia/ford-anuncia-fim-de-producao-no-brasil-depois-de-perdas-significativas/.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 02/09/2026 | aceito: 07/10/2026 | publicação: 12/11/2026

FORD celebra 3 milhões de veículos produzidos na fábrica de Camaçari. **Mecânica Online**, [*s. l.*], 3 ago. 2017. Disponível em: https://mecanicaonline.com.br/2017/08/ford-celebra-3-milhoes-de-veiculos-produzidos-na-fabrica-de-camacari.

GIOVANAZ, D. Saída da Ford deve fechar 60 mil vagas na Bahia, onde 19,8% já estão desempregados. **Instituto Humanitas Unisinos**, São Leopoldo, 13 jan. 2021. Publicado originalmente em Brasil de Fato. Disponível em: https://ihu.unisinos.br/606082-saida-da-ford-deve-fechar-60-mil-vagas-na-bahia-onde-19-8-ja-estao-desempregados.

HINES, P.; HOLWEG, M.; RICH, N. Learning to evolve: a review of contemporary lean thinking. **International Journal of Operations & Production Management**, [*s. l.*], v. 24, n. 10, p. 994-1011, 2004.

HOLWEG, M. The genealogy of lean production. **Journal of Operations Management**, [*s. l.*], v. 25, n. 2, p. 420-437, 2007. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.04.001.

INTERNATIONAL AUTOMOTIVE TASK FORCE. **IATF 16949:2016**: quality management system requirements for automotive production and relevant service parts organisations. 1st ed. [*S. l.*]: IATF, 2016.

ISHIKAWA, K. **What is total quality control?** The Japanese way. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1985.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção**: função estratégica. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

KRAFCIK, J. F. Triumph of the lean production system. **Sloan Management Review**, Cambridge, MA, v. 30, n. 1, p. 41-52, 1988.

LIKER, J. K. **The Toyota way**: 14 management principles from the world's greatest manufacturer. New York: McGraw-Hill, 2004.

MUCHIRI, P.; PINTELON, L. Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion. **International Journal of Production Research**, [*s. l.*], v. 46, n. 13, p. 3517-3535, 2008.

MUELLER, A. Application of lean manufacturing principles to coal seam gas production. **The APPEA Journal**, [*s. l.*], v. 50, n. 2, p. 732, 2010. Disponível em: https://publish.csiro.au/EP/AJ09096.

NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM**: total productive maintenance. Cambridge, MA: Productivity Press, 1988.

OHNO, T. **Toyota production system**: beyond large-scale production. Cambridge, MA: Productivity Press, 1988.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Learning to see**: value stream mapping to add value and eliminate muda. Brookline, MA: Lean Enterprise Institute, 1998.

ROSER, C. The history of the eight disciplines problem solving (8D). **AllAboutLean.com**, [*s. l.*], 8

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.2 2026 | submissão: 02/09/2026 | aceito: 07/10/2026 | publicação: 12/11/2026

jul. 2025. Disponível em: https://www.allaboutlean.com/8d-history/.

SHINGO, S. **A revolution in manufacturing**: the SMED system. Stamford: Productivity Press, 1985.

SPEAR, S.; BOWEN, H. K. Decoding the DNA of the Toyota production system. **Harvard Business Review**, Boston, v. 77, n. 5, p. 96-106, 1999.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean thinking**: banish waste and create wealth in your corporation. New York: Simon & Schuster, 1996.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **The machine that changed the world**. New York: Rawson Associates, 1990.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.