
ZAPoil Digital Well Tool: Transformação ESG/DE&I na Indústria do Petróleo com enfoque em Práticas Eco-Friendly, Sustentabilidade, Riscos, Confiabilidade e Integridade

ZAPoil Digital Well Tool: ESG/DE&I Transforming the Oil Industry through ESG, DE&I, and Sustainability Practices

Resumo

A plataforma digital ZAPoil, atualmente em desenvolvimento, integra dados de sensores com informações de projeto, acelerando a tomada de decisões ao aplicar conceitos de Confiabilidade, Integridade, ESG, Inteligência Artificial e práticas Eco-Friendly. Essa abordagem otimiza custos, minimiza impactos negativos e prioriza ações que conciliam as necessidades humanas com a preservação ambiental. Os resultados podem ser acessados por smartphones e sistemas remotos.

A revitalização de campos maduros, tanto terrestres quanto marítimos, e o prolongamento de sua vida útil, até o descomissionamento, podem se beneficiar da adoção de princípios ESG e DE&I. Essa integração pode aumentar a longevidade dos campos, aprimorar a eficiência operacional, reduzir impactos ambientais e promover responsabilidade social. Exemplos dessa abordagem incluem a Gestão Eficiente da Água, a Recuperação de Áreas Degradadas, o Engajamento Comunitário e o Controle dos Riscos Operacionais.

Iniciativas como o BRAZreda, OnshoreEco e os Apps de Inovação da metodologia GeRisk, discutidas neste artigo, reforçam o compromisso com a sustentabilidade. O artigo detalha a plataforma ZAPoil, em desenvolvimento por nossos 51 ECAs (Especialistas Consultores Associados, majoritariamente aposentados ou oriundos da PETROBRAS), destacando seus módulos de Análise de Riscos, Sustentabilidade Energética e BRAZreda. Em testes de campo iniciais, a ZAPoil reduziu os custos operacionais em até 20%, melhorou a eficiência energética em 15% e mitigou impactos ambientais.

Abstract

The ZAPoil digital platform, currently under development, integrates sensor data with project information, accelerating decision-making by applying concepts of Reliability, Integrity, ESG, Artificial Intelligence, and Eco-Friendly practices. This approach optimizes costs, minimizes negative impacts, and prioritizes actions that balance human needs with environmental preservation. The results can be accessed via smartphones and remote systems.

The revitalization of mature fields, both onshore and offshore, and the extension of their life span, including decommissioning, can benefit from the adoption of ESG and DE&I principles. This integration can prolong the fields' life span, enhance operational efficiency, reduce environmental impacts, and promote social responsibility. Examples of this approach include Efficient Water Management, Restoration of Degraded Areas, Community Engagement, and Operational Risk Control.

Initiatives such as BRAZreda, OnshoreEco, and the Innovation Apps from the GeRisk methodology, discussed in this article, reinforce the commitment to sustainability. The article details the ZAPoil platform, developed by our 51 ECAs (Associate Consulting Experts, mainly retired or formerly from PETROBRAS), highlighting its modules on Risk Analysis, Energy Sustainability, and BRAZreda. In initial field tests, ZAPoil reduced operational costs by up to 20%, improved energy efficiency by 15%, and mitigated environmental impacts.

1. Introdução *(Introduction)*

Na era da transformação digital, a indústria do petróleo enfrenta uma crescente demanda por práticas sustentáveis, responsáveis e inclusivas. A adoção de tecnologias inovadoras torna-se essencial para aumentar a eficiência operacional, ao mesmo tempo que responde às preocupações ambientais, sociais e de governança (ESG).

Este paper apresenta a plataforma digital ZAPoil, em desenvolvimento, que busca integrar práticas eco-friendly com conceitos de sustentabilidade, gestão de riscos, confiabilidade de sistemas e integridade das instalações. Essa abordagem holística e responsável abrangendo as fases de perfuração, produção e até o abandono de poços de petróleo e gás natural. O objetivo não se limita apenas à melhoria da eficiência e confiabilidade das operações, mas também promover a sustentabilidade ambiental, além de incentivar a diversidade, a equidade e a inclusão social (DE&I).

Em resumo, a plataforma é uma ferramenta computacional projetada para estimular a adoção de práticas eco-friendly e princípios éticos, enquanto busca reforçar a confiabilidade das operações e a integridade dos poços.

In the era of digital transformation, the oil industry faces a growing demand for sustainable, responsible, and inclusive practices. The adoption of innovative technologies is essential to enhance operational efficiency while addressing environmental, social, and governance (ESG) concerns.

This paper introduces the ZAPoil digital platform, currently under development, which aims to integrate eco-friendly practices with concepts of sustainability, risk management, system reliability, and asset integrity. This holistic and responsible approach encompasses the phases of drilling, production, and even the abandonment of oil and gas wells. The goal is not only to improve the efficiency and reliability of operations but also to promote environmental sustainability, while encouraging diversity, equity, and social inclusion (DE&I).

In summary, the platform is a computational tool designed to foster the adoption of eco-friendly practices and ethical principles, while reinforcing the reliability of operations and the integrity of wells.

2. ZAPoil: Tecnologia Digital contribuindo para um Futuro mais Sustentável e Eco-friendly

(ZAPoil: Digital Technology Contributing to a More Sustainable and Eco-Friendly Future)

A plataforma permite comunicação interativa em operações de produção, promovendo uma troca de dados quase instantâneas entre as partes envolvidas (projeto, operação, manutenção, SMS, geologia, coordenação, etc.).

Este sistema automatizado de aquisição e processamento de dados utiliza Inteligência Artificial, além de conhecimento técnico estruturado e não estruturado para gerar alertas, observações e recomendações com base em digital twins, machine learning e aplicativos integrados. Os dados coletados de sensores e outras fontes são validados e comparados com parâmetros de referência esperados. Em caso de divergências, um alerta é emitido, iniciando um procedimento para identificar suas causas e as possíveis ações corretivas. As informações são disponibilizadas de forma integrada por meio de aplicativos em computadores e smartphones.

O sistema tem por objetivo apoiar na mantenedibilidade, segurança e integridade operacional dos poços, identificando padrões e detectando problemas o mais cedo possível. A plataforma utiliza conceitos de sustentabilidade, práticas eco-friendly e DE&I permitindo atualizações e ajustes conforme os interesses e especificidades do operador.

Com base na comparação entre o REALIZADO (medido/fornecido) com o ESPERADO (previsto/calculado), o ZAPoil acelera a Tomada de Decisões, permitindo um controle mais eficiente, além de buscar a redução de custos, mitigar impactos negativos e maximizar impactos positivos. Na sua concepção inicial a plataforma é composta por cinco módulos independentes e integrados como apresentado nas Figuras 01 e 02.

(The platform enables interactive communication in production operations, facilitating near-instantaneous data exchange between the involved parties (project, operations, maintenance, HSE, geology, coordination, etc.).

This automated data acquisition and processing system utilizes Artificial Intelligence, along with structured and unstructured technical knowledge, to generate alerts, observations, and recommendations based on digital twins, machine learning, and integrated applications. Data collected from sensors and other sources are validated and compared with expected reference parameters. In case of discrepancies, an alert is triggered, initiating a procedure to identify the causes and potential corrective actions. The information is provided in an integrated manner through applications on computers and smartphones.

The system aims to support the maintainability, safety, and operational integrity of wells by identifying patterns and detecting issues as early as possible. The platform incorporates sustainability concepts, eco-friendly practices, and DE&I, allowing for updates and adjustments based on the operator's interests and specific requirements.

By comparing ACTUAL (measured/provided) with EXPECTED (predicted/calculated), ZAPoil accelerates Decision-Making, enabling more efficient control, while seeking to reduce costs, mitigate negative impacts, and maximize positive ones. In its initial design, the platform is composed of five independent and integrated modules, as shown in Figures 01 and 02.)

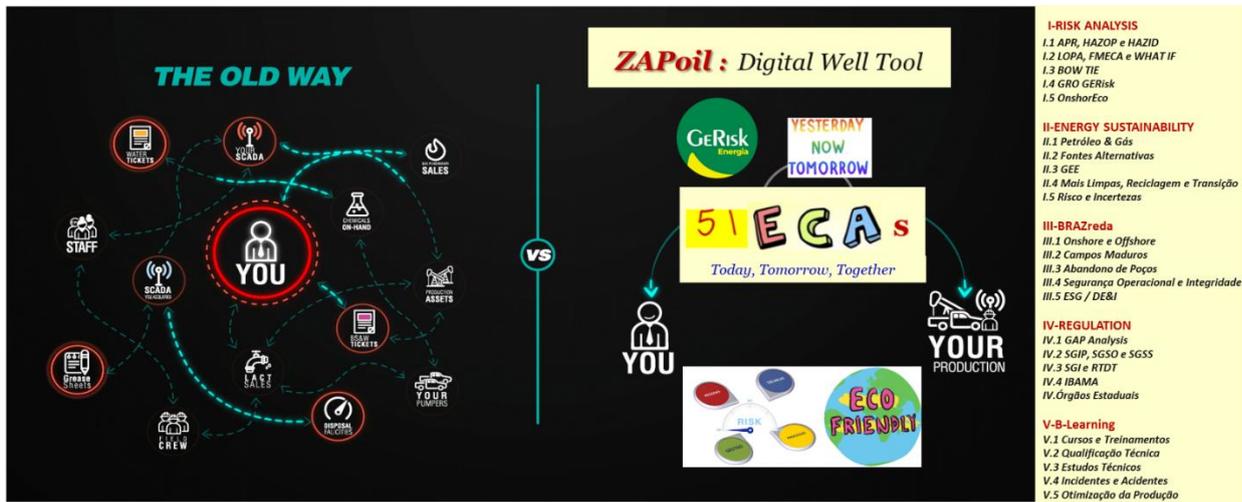


Figura 01: O Novo caminho: plataforma interativa on line (fonte: produzido pelo autor)
 (Figure 01: The New Path: Interactive Online Platform (source: produced by the author))

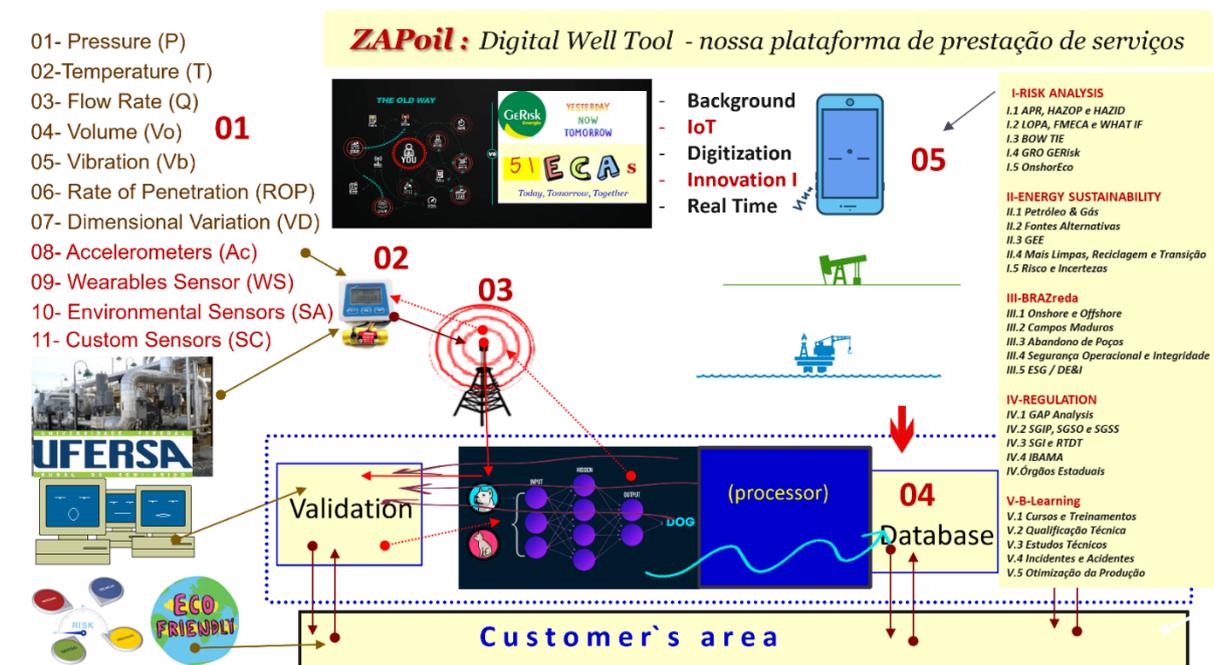


Figura 02: Macrofluxo do ZAPoil (fonte produzido pelo autor)
 (Figure 02: ZAPoil Macro Flow (source: produced by the author))

A seguir uma descrição sucinta dos Módulos atuais:

I- RISK ANALYSIS: técnicas para avaliar e gerenciar riscos associados à produção de petróleo e gás.

I.1 APR, HAZOP e HAZID: buscar garantir a Segurança, Proteção Ambiental e Integridade das instalações em operações de rotina e especialmente nas atividades intrinsecamente impactantes nos aspectos de segurança operacional e cuidados ambientais .

I.2 LOPA, FMECA e WHAT IF: avaliar camadas de proteção, identificar modos de falhas e potenciais cenários de Risco.

I.3 BOW TIE: técnica visual eficaz para a identificar, avaliar e comunicar Riscos.

I.4 GRO GeRisk: Gestão do Risco usando a Metodologia desenvolvida na área de Poços a partir da experiência adquirida no âmbito PETROBRAS a partir de 2000 e indicadores de desempenho como critérios.

I.5 OnshorEco: Manual Onshore de Boas Práticas Eco-friendly.

Below is a brief description of the current Modules:

I - RISK ANALYSIS: Techniques for assessing and managing risks associated with oil and gas production.

I.1 APR, HAZOP, and HAZID: Ensure Safety, Environmental Protection, and Facility Integrity during routine operations, with special focus on activities that are inherently impactful on operational safety and environmental care.

I.2 LOPA, FMECA, and WHAT IF: Evaluate protection layers, identify failure modes, and assess potential risk scenarios.

I.3 BOW TIE: An effective visual technique for identifying, assessing, and communicating risks.

I.4 GRO GeRisk: Risk Management using the methodology developed in the Well sector, based on experience gained within PETROBRAS since 2000, and performance indicators as criteria.

I.5 OnshorEco: Onshore Manual of Eco-Friendly Best Practices.

II- ENERGY SUSTAINABILITY: a fonte de energia primária mais comum no mundo atualmente é o petróleo, responsável por cerca de 33% a 35% do consumo energético global (Agência Internacional de Energia, 2022). Enquanto isso, o gás natural representa cerca de 24% a 26% do consumo energético global (Agência Internacional de Energia, 2022). No BRASIL, esses números são de aproximadamente 36% e 15%, respectivamente, conforme relatórios da Empresa de Pesquisa Energética (2021). Os principais usos dessas fontes incluem transporte, geração de eletricidade, aquecimento residencial e comercial, indústria química e geração de vapor (Agência Internacional de Energia, 2022).

Por outro lado, muitos são os desafios:

- a) Emissões de Gases de Efeito Estufa: a queima de combustíveis fósseis contribui para as mudanças climáticas;
- b) Impactos Ambientais negativos: derramamentos de óleo e degradação de habitats;
- c) esgotamento de Recursos Finitos, entre muitos outros.

II.1 PETRÓLEO & GÁS: a) atividades operacionais rotineiras; b) aplicativos para impulsionar a transformação ESG e DE&I; c) metas de Sustentabilidade; d) Eficiência Operacional; e) promoção de uma Cultura de Inovação responsável.

II.2 FONTES ALTERNATIVAS: a) diversificação das Fontes de Energia (matriz energética mais resiliente e sustentável).

II.3 GEE (Gases de Efeito Estufa): implementação de práticas que visem a redução das emissões de GEE.

II.4 FONTES MAIS LIMPAS, RECICLAGEM e TRANSIÇÃO: a) Redução de Resíduos; b) Conservação de Recursos e “Redução da Pegada de Carbono” (refere-se a ações e medidas para minimizar a quantidade de gases de efeito estufa liberados pelas atividades humanas, principalmente o dióxido de carbono - CO₂).

II.5 RISCO e INCERTEZAS: a) Identificação e Mitigação de Riscos; b) Subsidiar a Tomada de Decisão; c) Apoiar o Gerenciamento de Custos e Recursos; d) Processo de Melhoria Contínua; e) Conformidade Regulatória.

II - ENERGY SUSTAINABILITY: The most common primary energy source in the world today is oil, accounting for approximately 33% to 35% of global energy consumption (International Energy Agency, 2022). Meanwhile, natural gas represents about 24% to 26% of global energy consumption (International Energy Agency, 2022). In Brazil, these figures are approximately 36% and 15%, respectively, according to reports from the Energy Research Company (2021). The main uses of these sources include transportation, electricity generation, residential and commercial heating, the chemical industry, and steam generation (International Energy Agency, 2022).

On the other hand, there are many challenges: a) Greenhouse Gas Emissions: the burning of fossil fuels contributes to climate change; b) Negative Environmental Impacts: oil spills and habitat degradation; c) Depletion of Finite Resources, among many others.

II.1 OIL & GAS:

a) Routine operational activities;

b) Applications to drive ESG and DE&I transformation;

c) Sustainability goal;

d) Operational Efficiency;

e) Promotion of a responsible Innovation Culture.

II.2 ALTERNATIVE SOURCES:

a) Diversification of Energy Sources (a more resilient and sustainable energy mix).

II.3 GHG (Greenhouse Gases): *Implementation of practices aimed at reducing GHG emissions.*

II.4 CLEANER SOURCES, RECYCLING, and TRANSITION:

a) Waste Reduction;

b) Resource Conservation and "Carbon Footprint Reduction" (refers to actions and measures to minimize the amount of greenhouse gases released by human activities, primarily carbon dioxide - CO₂).

II.5 RISK and UNCERTAINTIES:

a) Risk Identification and Mitigation;

b) Support for Decision-Making;

c) Assistance in Cost and Resource Management;

d) Continuous Improvement Process;

e) Regulatory Compliance.

III- BRAZreda: a) Análise de Risco e Incertezas; b) Necessidade de Dados Confiáveis; c) Impacto Econômico, Ambiental e Social; d) Desenvolvimento de Tecnologia e Práticas Eco-friendly; e) Padronização e Melhoria Contínua.

III.1 ONSHORE e OFFSHORE: a) projetos de Construção, Operação e Manutenção de Poços Exploratórios e Exploratórios; b) abordagem Sustentável e capaz de minimizar impactos ambientais, buscar garantir a Segurança e a Integridade dos Poços e Instalações.

III.2 CAMPOS MADUROS: a) métodos de Recuperação; b) Revitalização; c) alinhamento das Atividades com os Princípios ESG/DE&I e Práticas Eco-friendly; d) Visibilidade e Sustentabilidade.

III.3 ABANDONO de POÇOS: a) Conformidade Regulatória e Reabilitação de Áreas; b) Reuso e Aproveitamentos; c) Prevenção de vazamentos, contaminação e danos à Fauna e Flora; d) Degradação e Envelhecimento; e) Complexidade Geológica e Ambientais.

III.4 SEGURANÇA OPERACIONAL e INTEGRIDADE: a) Segurança Operacional Adequada; b) Padrões, Normas, e Legislação; c) Proteção Ambiental e Mitigação de Impactos; d) Valorização de Longo Prazo.

III.5 ESG / DE&I: a) Redução do Impacto Ambiental; b) Melhoria da Reputação e Imagem Corporativa; c) Fortalecimento das Relações com as Comunidades; d) Redução de Custos a Longo Prazo; e) Inovação e Eficiência Operacional.

III - BRAZreda:

a) Risk and Uncertainty Analysis;

b) Need for Reliable Data;

c) Economic, Environmental, and Social Impact;

d) Development of Eco-friendly Technologies and Practices;

e) Standardization and Continuous Improvement.

III.1 ONSHORE and OFFSHORE :

- a) Construction, Operation, and Maintenance projects for Exploratory and Development Wells;*
- b) Sustainable approach capable of minimizing environmental impacts, ensuring the Safety and Integrity of Wells and Installations.*

III.2 MATURE FIELDS:

- a) Recovery methods;*
- b) Revitalization ;*
- c) Alignment of Activities with ESG/DE&I Principles and Eco-friendly Practices;*
- d) Visibility and Sustainability.*

III.3 WELL ABANDONMENT:

- a) Regulatory Compliance and Area Rehabilitation;*
- b) Reuse and Repurposing;*
- c) Prevention of leaks, contamination, and damage to Flora and Fauna;*
- d) Degradation and Aging ;*
- e) Geological and Environmental Complexity.*

III.4 OPERATIONAL SAFETY and INTEGRITY:

- a) Adequate Operational Safety;*
- b) Standards, Norms, and Legislation;*
- c) Environmental Protection and Impact Mitigation;*
- d) Long-term Value.*

III.5 ESG / DE&I:

- a) Reduction of Environmental Impact;*
- b) Improvement of Corporate Reputation and Image;*
- c) Strengthening of Community Relations ;*
- d) Long-term Cost Reduction;*
- e) Innovation and Operational Efficiency.*

IV- REGULATION: atendimento as Regulamentações Governamentais e Normas e Procedimentos.

IV.1 GAP ANALYSIS (Análise de Lacunas): a) avaliação das Lacunas entre o desempenho Atual e o Desejado; b) Oportunidades de Melhorias; c) Conformidade Regulatória; d) Práticas Mais Sustentáveis.

IV.2 SGIP, SGSO e SGSS: atendimento aos requisitos mínimos regulatórios para segurança de atividades de poços de petróleo e gás natural.

IV.3 SGI e RTDT: conformidade regulatória para a segurança na exploração e produção de hidrocarbonetos terrestres.

IV.4 IBAMA: atendimento aos requisitos regulatórios sobre interações ambientais com Fauna e Flora.

IV.5 ÓRGÃOS ESTADUAIS: atendimento aos Requisitos Regulatórios Estaduais.

IV - REGULATION: Compliance with Government Regulations, Standards, and Procedures.

IV.1 GAP ANALYSIS:

- a) Evaluation of Gaps between Current and Desired Performance;*
- b) Opportunities for Improvement;*
- c) Regulatory Compliance;*
- d) More Sustainable Practices.*

IV.2 SGIP, SGSO, and SGSS: Compliance with minimum regulatory requirements for the safety of oil and gas well activities.

IV.3 SGI and RTDT: Regulatory compliance for safety in onshore hydrocarbon exploration and production.

IV.4 IBAMA: Compliance with regulatory requirements concerning environmental interactions with Flora and Fauna.

IV.5 STATE AGENCIES: Compliance with State Regulatory Requirements.

V- B-Learning: experiência prática dos nossos 51 ECAs (Especialistas Consultores Associados), em sua maioria aposentados PETROBRAS, utilizando a Metodologia GeRisk e uma visão Holística que inclui a Geologia do Reservatório para a Otimização da Produção.

V.1 CURSOS e TREINAMENTOS: oferecer Cursos e Treinamentos práticos e especializados.

V.2 QUALIFICAÇÃO TÉCNICA: preparar e aprimorar Profissionais Técnicos.

V.3 ESTUDOS TÉCNICOS: prestar Consultoria e realizar Estudos e Análises Técnicas.

V.4 INCIDENTES e ACIDENTES: realizar estudos, análises e ações mitigadoras buscando evitar acidentes.

V.5 OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO (visão Holística do Reservatório): não raro, o desempenho insatisfatório da produção resulta de feições estruturais e estratigráficas mal representadas ou negligenciadas nos modelos 3D geológicos e de fluxo de fluídos. Essas feições sinalizam oportunidades para elaborar o zoneamento dos reservatórios através de um arcabouço cronoestratigráfico de alta resolução.

Esse arcabouço destaca a distribuição espacial e temporal do reservatório e suas heterogeneidades, aspectos fundamentais para otimizar a produção tanto de campos novos como maduros (Figura 3).

V - B-Learning: Practical experience from our 51 ECAs (Associated Consultant Experts), mostly Petrobras retirees, using the GeRisk Methodology and a Holistic approach that includes Reservoir Geology for Production Optimization.

V.1 COURSES and TRAINING: Offering practical and specialized courses and training programs.

V.2 TECHNICAL QUALIFICATION: Preparing and improving Technical Professionals.

V.3 TECHNICAL STUDIES: Providing Consulting Services and conducting Technical Studies and Analyses.

V.4 INCIDENTS and ACCIDENTS: Conducting studies, analyses, and mitigation actions aimed at preventing accidents.

V.5 PRODUCTION OPTIMIZATION (Holistic Reservoir Approach): Often, unsatisfactory production performance results from poorly represented or neglected structural and stratigraphic features in 3D geological and fluid flow models. These features highlight opportunities to develop reservoir zoning through a high-resolution chronostratigraphic framework.

This framework emphasizes the spatial and temporal distribution of the reservoir and its heterogeneities, which are fundamental aspects for optimizing production in both new and mature fields (Figure 3).



Figura 3: Otimização da Produção - Visão Holística (fonte site: <https://www.magalgeoconsulting.com/whatwedo>)
(Figure 3: Production Optimization - Holistic Approach (source: website: <https://www.magalgeoconsulting.com/whatwedo>))

3. BRAZreda: Dados, Processamento, Aprendizagem e Confiabilidade

(3. BRAZreda: Data, Processing, Learning, and Reliability)

Dados, Processamento e Resultados são a essência da ciência e o princípio “Garbage In, Garbage Out” aplica-se a qualquer sistema de informação. Ter um Banco de Dados confiável e consistente é condição *sine qua non* para “boas previsões”.

O projeto OREDA, iniciado em 1981, é uma importante referência em dados de confiabilidade na

indústria do petróleo, fornecendo informações sobre taxas de falhas, modos de falhas e tempos de reparo. Seu principal objetivo é contribuir para a segurança coletando, compilando e analisando dados por meio de um consórcio de empresas do setor. O OREDA - 'Oil & Gas Reliability Data' visa melhorar a tomada de decisões sobre manutenção, operação e design de equipamentos. Atualmente, o banco de dados contém registros de mais de 300 instalações, 15.000 equipamentos, 40.000 falhas e 75.000 dados de manutenção" (relatório DNV, 2022).

No BRASIL, não conhecemos nenhum banco de dados específico equivalente ao OREDA. No entanto, há iniciativas que trabalham com coleta, análise e compartilhamento de dados relacionados à confiabilidade em diversos setores, incluindo o de petróleo e gás. Como um grande produtor offshore em águas profundas, o BRASIL tem fortes razões para desenvolver um banco de dados similar, com dados locais customizados. Essas razões incluem:

Data, Processing, and Results are the essence of science, and the principle "Garbage In, Garbage Out" applies to any information system. Having a reliable and consistent Database is a sine qua non condition for accurate predictions.

The OREDA project, initiated in 1981, is an important reference for reliability data in the oil industry, providing information on failure rates, failure modes, and repair times. Its main goal is to contribute to safety by collecting, compiling, and analyzing data through a consortium of companies in the sector. OREDA - 'Oil & Gas Reliability Data' aims to improve decision-making regarding maintenance, operation, and equipment design. Currently, the database contains records from over 300 installations, 15,000 pieces of equipment, 40,000 failures, and 75,000 maintenance data points (DNV report, 2022).

In Brazil, there is no known specific database equivalent to OREDA. However, there are initiatives working on the collection, analysis, and sharing of reliability data across various sectors, including oil and gas. As a major offshore deepwater producer, Brazil has strong reasons to develop a similar database with customized local data. These reasons include:

1) Necessidade de Dados Confiáveis: a indústria de petróleo e gás no BRASIL enfrenta desafios relacionados à confiabilidade, manutenção, riscos e práticas sustentáveis, principalmente na revitalização de campos maduros. Dados confiáveis são fundamentais para garantir operações seguras, eficientes e economicamente viáveis;

2) Impacto Econômico, Ambiental e Social: falhas em equipamentos podem causar paralisações na produção, danos ambientais e custos significativos para as empresas e a sociedade. Estratégias de manutenção baseadas em dados confiáveis podem ajudar a minimizar esses impactos e ainda promover práticas mais sustentáveis;

3) Desenvolvimento Tecnológico e Eco-friendly: um banco de dados customizado pode impulsionar o desenvolvimento e adoção de tecnologias avançadas de monitoramento, manutenção preditiva e práticas eco-friendly no BRASIL, contribuindo para a modernização e eficiência do setor;

4) Padronização e Melhores Práticas: um banco de dados customizado pode facilitar a padronização da coleta e análise de dados, além de promover uma abordagem colaborativa e eficaz para a gestão da Confiabilidade, Riscos e Práticas Sustentáveis;

5) Análise de Risco: dados podem ser utilizados em estudos para avaliar o impacto de falhas nos poços produtores e injetores, permitindo uma melhor gestão e implementação de medidas de controle.

Para preencher essa lacuna, criamos em 2021 o Módulo BRAZreda dentro da plataforma ZAPoil. O objetivo é priorizar, comparar, analisar e disponibilizar os resultados regionais aos participantes e apoiadores do projeto.

Atualmente o banco de dados em desenvolvimento está estruturado em cinco visões: a) do REGULADOR; b) do OPERADOR OnShore; c) do OPERADOR OffShore; d) do OPERADOR no PRÉ-SAL; e) do OPERADOR em CAMPOS MADUROS e/ou MARGINAIS. A obtenção de dados de sensores e registros, a digitalização, o suporte

às decisões operacionais, a busca de procedimentos mais eficientes e a implementação de soluções automatizadas são os pilares que orientam este processo.

1. *Need for Reliable Data: The oil and gas industry in Brazil faces challenges related to reliability, maintenance, risks, and sustainable practices, especially in the revitalization of mature fields. Reliable data is essential to ensure safe, efficient, and economically viable operations.*
2. *Economic, Environmental, and Social Impact: Equipment failures can lead to production stoppages, environmental damage, and significant costs for companies and society. Maintenance strategies based on reliable data can help minimize these impacts while also promoting more sustainable practices.*
3. *Technological and Eco-friendly Development: A customized database can drive the development and adoption of advanced monitoring technologies, predictive maintenance, and eco-friendly practices in Brazil, contributing to the modernization and efficiency of the sector.*
4. *Standardization and Best Practices: A customized database can facilitate the standardization of data collection and analysis, fostering a collaborative and effective approach to managing reliability, risks, and sustainable practices.*
5. *Risk Analysis: Data can be used in studies to assess the impact of equipment failures in production and injection wells, enabling better management and the implementation of control measures.*

To address this gap, we created the BRAZreda Module within the ZAPoil platform in 2021. The goal is to prioritize, compare, analyze, and make regional results available to the project's participants and supporters.

Currently, the developing database is structured into five perspectives:

a) The Regulator; b) The Onshore Operator; c) The Offshore Operator; d) The Pre-Salt Operator; e) The Mature and/or Marginal Fields Operator.

The acquisition of sensor data and records, digitalization, support for operational decision-making, the pursuit of more efficient procedures, and the implementation of automated solutions are the guiding pillars of this process.

4. OnshorEco: Manual Onshore de Boas Práticas Eco-friendly

(OnshorEco: Onshore Eco-friendly Best Practices Manual)

O Bloco I.5 OnShorEco do Módulo I do ZAPoil trata da implementação das práticas propostas no Manual Onshore de Boas Práticas Eco-friendly, em desenvolvimento desde 2020. Este manual visa facilitar a adoção de práticas sustentáveis e reduzir o impacto ambiental causado pela exploração de petróleo em áreas terrestres.

(OnShorEco Block, part of Module I of ZAPoil, addresses the implementation of the practices proposed in the Onshore Eco-friendly Best Practices Manual, which has been under development since 2020. This manual aims to facilitate the adoption of sustainable practices and reduce the environmental impact associated with onshore oil exploration.)

As dez diretrizes básicas incluídas no Manual são:

1- Gestão de Resíduos: implementação de sistemas eficazes para minimizar a poluição do solo e da água. Inclui a Coleta, Separação, Reciclagem e Disposição adequada de Resíduos Sólidos e Líquidos gerados durante as operações;

2- Conservação da Água: adoção de medidas para conservação da Água, Reutilização para fins Não Potáveis e prevenção da Contaminação de Aquíferos Subterrâneos;

3- Monitoramento Ambiental: Programa contínuo para Avaliar e Mitigar os impactos das operações na Fauna, Flora e na Qualidade do Ar;

4- Energia Renovável: incentivo ao uso de fontes de energia renovável, como Solar e Eólica, para reduzir a dependência de combustíveis fósseis e diminuir as emissões de gases de efeito estufa;

5- Proteção da Biodiversidade: adoção de medidas para proteger e conservar a Biodiversidade Local, preservando habitats naturais e mitigando Riscos para espécies ameaçadas;

6- Engajamento com as Comunidades: fomento ao Diálogo e a Cooperação com as Comunidades Locais, respeitando seus direitos, necessidades e preocupações;

7- Reabilitação de Áreas Degradadas: compromisso com a Recuperação de áreas impactadas pela atividade petrolífera, com ações de Remediação e Restauração;

8- Educação e Treinamento: através de programas de Educação e Treinamento para funcionários e contratados focados em práticas Eco-friendly e medidas de Conservação Ambiental;

9- Legislação Ambiental: atendimento às leis e regulamentos aplicáveis, buscando a melhoria contínua e práticas operacionais de acordo com as melhores práticas globais;

10- Transparência e Prestação de Contas: emissão periódica de Relatórios sobre o desempenho ambiental e social das operações, garantindo a prestação de contas às partes interessadas e à sociedade.

The ten basic guidelines included in the Manual are:

- 1. Waste Management: Implementation of effective systems to minimize soil and water pollution. This includes the collection, separation, recycling, and proper disposal of solid and liquid waste generated during operations.*
- 2. Water Conservation: Adoption of measures for water conservation, reuse for non-potable purposes, and prevention of contamination of groundwater aquifers.*
- 3. Environmental Monitoring: Continuous program to assess and mitigate the impacts of operations on fauna, flora, and air quality.*
- 4. Renewable Energy: Encouragement of the use of renewable energy sources, such as solar and wind, to reduce dependence on fossil fuels and decrease greenhouse gas emissions.*
- 5. Biodiversity Protection: Adoption of measures to protect and conserve local biodiversity, preserving natural habitats and mitigating risks to endangered species.*
- 6. Community Engagement: Promotion of dialogue and cooperation with local communities, respecting their rights, needs, and concerns.*
- 7. Rehabilitation of Degraded Areas: Commitment to the recovery of areas impacted by oil activities, through remediation and restoration actions.*
- 8. Education and Training: Implementation of education and training programs for employees and contractors, focused on eco-friendly practices and environmental conservation measures.*
- 9. Environmental Legislation: Compliance with applicable laws and regulations, seeking continuous improvement and operational practices in line with global best practices.*
- 10. Transparency and Accountability: Periodic issuance of reports on the environmental and social performance of operations, ensuring accountability to stakeholders and society.*

O Manual aborda diversos fatores incluindo: a) “Janela” de Oportunidade e Tempo para execução; b) Complexidade e Interatividade; c) Capacitação, Experiência e Motivação dos Executantes; d) Procedimento, Clareza e Disponibilidade; e) Interface Homem - Atividade; f) Cultura de Segurança - Suporte à Execução; g) Equipes e Suporte; h) Manutenção do “Espírito Colaborativo” no Ambiente de Trabalho.

Essas diretrizes ressaltam a importância da participação e colaboração de especialistas em energia, meio ambiente e das comunidades locais para garantir sua eficácia. Um dos nossos Desafios, no momento, é obter apoio de especialistas da indústria e do meio acadêmico.

A implementação do Manual de Boas Práticas Eco-friendly é importante não apenas para a preservação do meio ambiente, mas também traz benefícios tangíveis e intangíveis para o operador do campo, contribuindo para Sustentabilidade de Médio a Longo Prazo e o Sucesso nos seus projetos.

The Manual addresses several factors, including: a) "Window" of Opportunity and Time for execution; b) Complexity and Interactivity; c) Training, Experience, and Motivation of the Executors; d) Procedure, Clarity, and Availability; e) Human-Task Interface; f) Safety Culture – Execution Support; g) Teams and Support; h) Maintaining the "Collaborative Spirit" in the Workplace.

These guidelines emphasize the importance of participation and collaboration from energy and environmental specialists, as well as local communities, to ensure their effectiveness. One of our current challenges is securing support from industry and academic experts.

The implementation of the Eco-friendly Best Practices Manual is not only crucial for environmental preservation but also brings tangible and intangible benefits to the field operator, contributing to medium- to long-term sustainability and project success.

5. Os Cinco Aplicativos Atualmente em Desenvolvimento na plataforma ZAPoil *(The Five Applications Currently in Development on the ZAPoil Platform)*

Atualmente, os seguintes Aplicativos (APPs) estão em desenvolvimento e necessitam de patrocínio:

- 1) **OtimizaProd** (otimização da produção para campos maduros);
- 2) **GeDiCIR** (gestão operacional da Disponibilidade, Confiabilidade, Integridade e Risco dos poços, baseado na metodologia GeRisk);
- 3) **GAP_{analysis}** (diagnóstico preliminar do ativo, com foco no atendimento ao SGIP, SGSS e RTSGI-RTDT);
- 4) **PetroNEG_{licita}** (avaliação, modelagem, estudo probabilístico e simulação do campo e/ou ativo - simulação de Monte Carlo);
- 5) **RiskAnalysis** (análise combinada e estudo dos Riscos e Incertezas a partir das APRs preliminares e da GAP_{analysis} - HAZOP, FMECA, BOW TIE, entre outros estudos complementares necessários).

Os aplicativos encontram-se em diferentes estágios de Maturidade Tecnológica TRL (Technology Readiness Level), variando entre os níveis 4 e 9.

Currently, the following Applications (Apps) are under development and require sponsorship:

1. *OtimizaProd (production optimization for mature fields);*
2. *GeDiCIR (operational management of Well Availability, Reliability, Integrity, and Risk, based on the GeRisk methodology);*
3. *GAPanalysis (preliminary asset diagnosis, focusing on compliance with SGIP, SGSS, and RTSGI-RTDT);*
4. *PetroNEGlicita (evaluation, modeling, probabilistic study, and field and/or asset simulation using Monte Carlo simulation);*
5. *RiskAnalysis (combined analysis and study of Risks and Uncertainties based on GAPanalysis: HAZOP, FMECA, BOW TIE, and other necessary complementary studies).*

The applications are at various stages of Technology Readiness Level (TRL), ranging from levels 4 to 9.

6. Cadeia de Valor, Sustentabilidade, Inovação e as Atitudes Eco-friendly *(Value Chain, Sustainability, Innovation, and Eco-friendly Attitudes)*

A cadeia de valor da indústria de petróleo, desde a construção até o abandono dos poços, oferece inúmeras oportunidades para Integrar Sustentabilidade, Inovação e Atitudes Eco-friendly, isso é importante para reduzir os impactos ambientais e sociais das operações Onshore e Offshore.

Etapa de Construção de Poços: impactos como desmatamento, perda de habitat e poluição podem ser mitigados por meio de práticas sustentáveis. Exemplos Práticos: a) uso de perfuração direcional para diminuir a área afetada; b) adoção de sistemas de gestão de resíduos para garantir a reciclagem e disposição adequada dos materiais utilizados;

Etapa de Produção: o foco está na minimização de emissões de gases de efeito estufa, na redução do desperdício e na proteção da biodiversidade. Exemplos Práticos: a) uso de tecnologias de monitoramento remoto para detectar rapidamente vazamentos; b) implementação de programas de eficiência energética;

Abandono dos Poços: garantir que os poços sejam abandonados de maneira segura e responsável. Exemplos Práticos: a) adoção de tecnologias de abandono permanente que eliminem ou minimizem a liberação de fluidos nocivos para o meio ambiente, com o uso de cimento adequado e tampões de

isolamento; b) implementação de programas de monitoramento para assegurar que os poços abandonados não representem risco para os ecossistemas marinhos ou costeiros.

The oil industry's value chain, from construction to well abandonment, offers numerous opportunities to integrate sustainability, innovation, and eco-friendly attitudes. This is crucial for reducing the environmental and social impacts of onshore and offshore operations.

Well Construction Stage: Impacts such as deforestation, habitat loss, and pollution can be mitigated through sustainable practices. Practical examples: a) use of directional drilling to reduce the affected area; b) adoption of waste management systems to ensure proper recycling and disposal of materials used.

Production Stage: The focus is on minimizing greenhouse gas emissions, reducing waste, and protecting biodiversity. Practical examples: a) use of remote monitoring technologies to quickly detect leaks; b) implementation of energy efficiency programs.

Well Abandonment: Ensuring wells are abandoned safely and responsibly. Practical examples: a) adoption of permanent abandonment technologies that eliminate or minimize the release of harmful fluids into the environment, using appropriate cement and isolation plugs; b) implementation of monitoring programs to ensure that abandoned wells pose no threat to marine or coastal ecosystems.

7. Considerações Finais *(Final Considerations)*

7.1 Para avaliar a plataforma ZAPoil, adotamos uma metodologia que combina a análise de KPIs (redução de custos, tempo de resposta, precisão na detecção de anomalias, impacto ambiental, conformidade ESG, satisfação do usuário e ROI - Retorno Sobre o Investimento) com estudos de caso específicos. Embora os resultados sejam preliminares, já apontam para uma redução de até 20% nos custos operacionais e uma impressionante diminuição de até 95% no tempo de resposta, além de indicarem um potencial significativo da melhoria contínua.

7.2 O ZAPoil tem potencial para ajudar na otimização da cadeia de valor da indústria do petróleo, desde a fase de exploração até o desenvolvimento da produção, contribuindo para o aumento da segurança e eficiência operacional. Além disso, a plataforma busca incentivar práticas que reduzam o impacto ambiental e incentivar formas operacionais mais responsáveis e alinhadas com os padrões ESG.

7.3 A Integração da Sustentabilidade, Inovação com Valor Agregado e Práticas Eco-friendly em todas as etapas da Cadeia de Valor da indústria do Petróleo pode reduzir de forma significativa os impactos ambientais e sociais associados à exploração de recursos no BRASIL. Isso não só beneficia o Meio Ambiente e as Comunidades Locais, como também fortalece a Reputação e a Sustentabilidade de Médio e Longo Prazo das empresas Operadoras, beneficiando o Setor de Energia como um todo.

7.4 Em resumo, o ZAPoil é uma ferramenta em constante desenvolvimento, projetada para contribuir com a cadeia de valor, sustentabilidade, inovação e atitudes eco-friendly na indústria do petróleo. Ao integrar dados de sensores com conceitos de confiabilidade, integridade, ESG, IA e práticas sustentáveis, a plataforma não apenas aumenta a eficiência e reduz custos, mas também busca mitigar impactos negativos promovendo um equilíbrio entre as necessidades humanas e a preservação ambiental. Esses esforços integrados tem o potencial de transformar a indústria, tornando-a mais responsável, eficiente e inovadora.

7.1 To assess the effectiveness of the ZAPoil platform, we have adopted a methodology that combines KPI analysis (cost reduction, response time, accuracy in anomaly detection, environmental impact, ESG compliance, user satisfaction, and ROI – Return on Investment) with specific case studies. Although the results are preliminary, they already indicate a reduction of up to 20% in operational costs and an impressive decrease of up to 95% in response time, in addition to showing significant potential for continuous improvement.

7.2 ZAPoil has the potential to optimize the oil industry's value chain, from exploration to production development, contributing to increased safety and operational efficiency. Moreover, the platform aims to promote practices that reduce environmental impact and encourage more responsible operations aligned with ESG standards.

7.3 The integration of Sustainability, Innovation, and Eco-friendly Practices at all stages of the oil industry's value chain can significantly reduce the environmental and social impacts associated with resource exploration in Brazil. This not only benefits the Environment and Local Communities but also strengthens the Reputation and Medium- to Long-term Sustainability of Operating Companies, benefiting the Energy Sector as a whole.

7.4 In summary, ZAPoil is a tool in constant development, designed to contribute to the value chain, sustainability, innovation, and eco-friendly attitudes in the oil industry. By integrating sensor data with concepts of reliability, integrity, ESG, AI, and sustainable practices, the platform not only increases efficiency and reduces costs but also seeks to mitigate negative impacts, promoting a balance between human needs and environmental preservation. These integrated efforts have the potential to transform the industry, making it more responsible, efficient, and innovative.

8. Agradecimentos *(Acknowledgments)*

Aos patrocinadores e parceiros desta iniciativa, especialmente:

- **AREMAS:** parceria comercial e de pesquisa, principalmente no módulo BRAZreda.
- **FM Engenharia:** parceria técnica, comercial e de pesquisa, principalmente no módulo OnshorEco.
- **Magalgeo:** parceria internacional de treinamento e pesquisa em geologia do reservatório.
- **51 ECAs:** Nossos Especialistas Consultores Associados.

To the sponsors and partners of this initiative, especially: • AREMAS: commercial and research partnership, mainly in the BRAZreda module. • FM Engenharia: technical, commercial, and research partnership, mainly in the OnshorEco module. • Magalgeo: international partnership for training and research in reservoir geology. • 51 ECAs: Our Associated Consultant Specialists.

9. Referências Bibliográficas e Sites Consultados

SINPEP PETROBRAS, Estimativa de Tempo em Projetos de Construção e Manutenção de Poços Exploratórios e de Desenvolvimento da Produção. PETROBRAS 2014.

The Lease Pumper's Handbook, Commission on Marginally Producing Oil and Gas Wells of Oklahoma 2003.

Souza, A. A. Metodologia GeRisk na Construção e Manutenção de Poços, vale a pena embarcar nessa? 2017.

Souza, A.A. Campos Maduros ou Marginais - mais que um Desafio, uma Boa Oportunidade. IBP034 2018.

World Energy Outlook 2022. International Energy Agency, 2022.

Balço Energético Nacional 2023. Empresa de Pesquisa Energética, 2023.

Agência Internacional de Energia. (2022). World Energy Outlook 2022.