

Nascido Digital: Projetando Operações à Prova do Futuro para a Transição Energética

(Born Digital: Designing Future-Proof Operations for Energy Transition)

“As tecnologias digitais e os dados têm um potencial enorme para acelerar as transições de energia limpa em todo o setor energético” (IEA, 2023). Este artigo examina como esses elementos podem ser colocados em prática. No entanto, é essencial esclarecer por que esse tema é crucial para as empresas de energia e consultorias.”

1. Energia no Centro da Descarbonização

Os impactos climáticos estão cada vez mais visíveis — de secas mais longas a chuvas mais intensas e incêndios florestais que se espalham mais rapidamente. Esses eventos estão colocando à prova economias e infraestruturas de maneiras que vão além da agenda ambiental. Como o IPCC alertou, os riscos deixaram de ser abstratos.

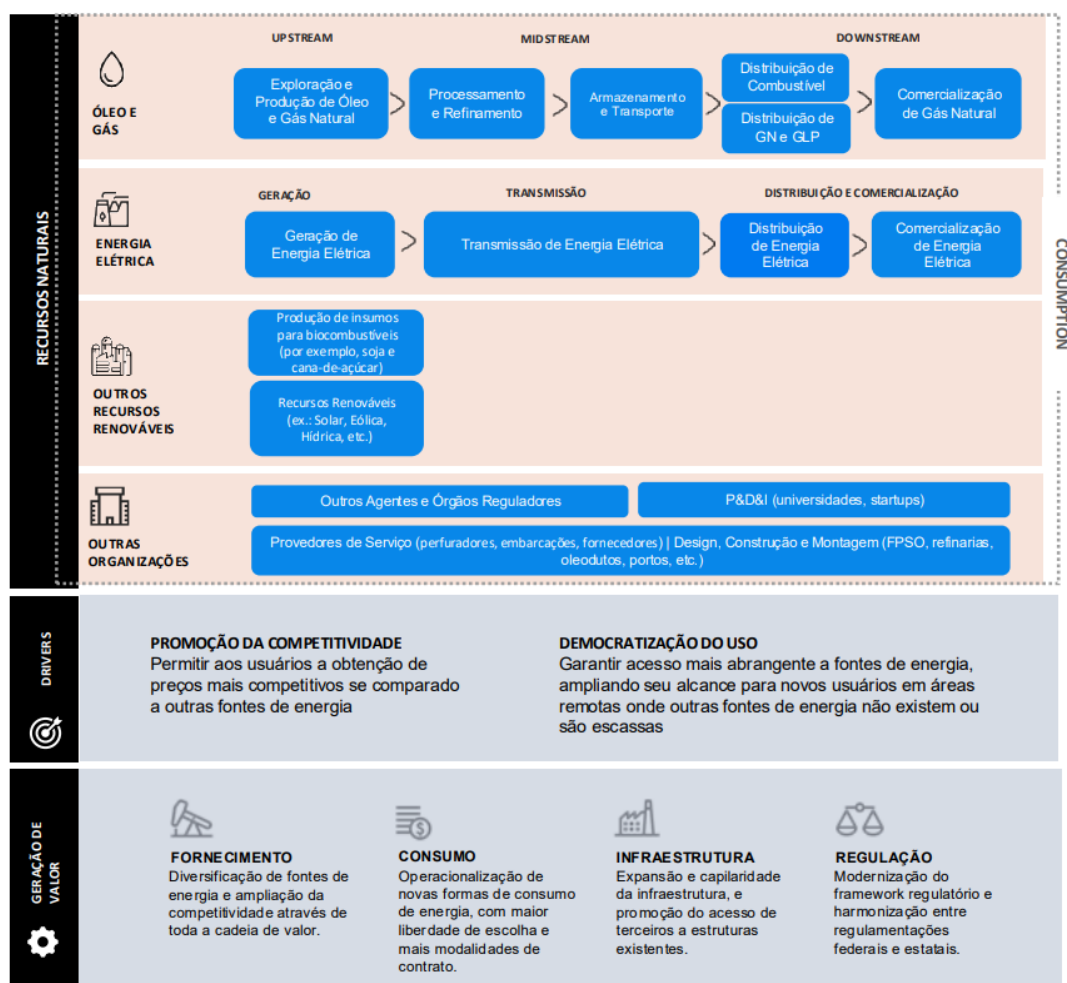
A energia é o elemento central dessa questão. Sua produção e consumo respondem por quase três quartos das emissões de gases de efeito estufa (WRI, 2024). O carvão ainda lidera o ranking com **45%**, seguido pelo petróleo com **33%** (IEA, 2024). Não é surpresa que toda grande negociação climática mantenha a energia no centro da mesa.

Em 2015, a **COP21** estabeleceu a meta de manter o aquecimento “**bem abaixo de 2°C**”. A meta de **1,5°C** exigirá uma redução acentuada nas emissões antes de 2030. Mais recentemente, a **COP28 (2023)** direcionou o foco para as **fontes renováveis**, pedindo um **triplo aumento na capacidade instalada** nesta década.

A mudança também é **econômica**. O mercado global de transição energética pode chegar a **US\$ 6 trilhões até 2032** (Maximize Market Research, 2025). Esse crescimento está impulsionando novos modelos de negócios — **hidrogênio verde, biometano, captura de carbono, GNL e BioGNL**, além de **tecnologias de armazenamento** como **baterias avançadas**.

Em resumo, **novas fontes, novos atores e novas pressões** estão remodelando o setor. A figura abaixo mapeia esse ecossistema e seus principais drivers: competitividade, desenvolvimento, segurança e descarbonização.

Figura 1 – Novo Ecossistema de Energia e Drivers Estratégicos



Fonte: Elaborada pela Autora (2025)

Construindo operações resilientes capazes de lidar com diversificação, novos padrões de consumo, mudanças regulatórias e crescimento da infraestrutura torna as ferramentas digitais essenciais. Hoje, **resiliência** significa usar dados para tomar decisões e depender de tecnologias integradas para garantir **flexibilidade e conformidade**. À medida que a pressão global aumenta e novos modelos de negócio surgem, as empresas de energia precisam se tornar mais eficientes. Isso cria uma oportunidade clara para **consultorias ajudarem a acelerar o progresso**, desenvolver **maturidade digital** e transformar ambição em **resultados concretos**.

A **transição energética** é, inevitavelmente, também uma **transição digital**.

2. Tecnologia como Combustível para os Negócios de Energia – Construindo Operações Resilientes

As empresas precisam desenvolver a visão de negócios e de tecnologia em paralelo, de modo que cada iniciativa contribua para operação de forma integrada.

O desafio é que esse alinhamento entre **negócio e tecnologia** raramente ocorre na prática. Muitas empresas correm para adquirir sistemas e plataformas antes de projetar **como** eles devem ser usados para apoiar os objetivos de negócio.

Um caso recente na **Dinamarca** destaca os riscos associados a essa abordagem. Segundo inspeções relatadas pelo **Joint Research Centre (2024)**, foram detectados **473 vazamentos de metano** em **50 usinas de biogás**. As causas variaram entre defeitos em dutos, falhas de manutenção e ausência de monitoramento eficaz. A tecnologia fazia parte do projeto, mas a **falta de uma arquitetura digital integrada e bem planejada** — capaz de detectar falhas em tempo real e permitir **manutenção preditiva** — comprometeu os resultados esperados.

Negócios complexos exigem uma infraestrutura tecnológica planejada desde o início. Empresas que já nascem digitais obtêm uma vantagem competitiva mensurável. Segundo o MIT, organizações **digitalmente preparadas para o futuro** registram **17 pontos percentuais a mais em crescimento de receita** e **14 pontos percentuais a mais em margem líquida**.

Muitas empresas estão prontas para investir. A **Gartner (2025)** constatou que **92% das companhias de energia e serviços públicos planejam aumentar os investimentos em IA e aprendizado de máquina até 2025**. O verdadeiro desafio é **fazer esses planos funcionarem**. É aqui que as **consultorias** são essenciais — ajudando as empresas a usar a tecnologia para **construir maturidade digital** e **gerar resultados de negócio**.

3. Energia Verde como Combustível para a Tecnologia – Possibilitando uma Transição Digital Sustentável

E se a própria tecnologia criada para acelerar a transição energética acabar sobrecarregando os sistemas energéticos do planeta?

O avanço da **IA** já está elevando a demanda por eletricidade a novos patamares. A **IEA (2025)** projeta que o consumo global de **centros de dados mais do que dobrará até 2030**. Nos **Estados Unidos**, eles já consomem **mais de 4% da eletricidade nacional** e podem chegar a **12% até 2028 (DOE, 2024)**. As **cargas de trabalho de IA** representam cerca de **20% dessa demanda hoje** e podem **dobrar até o fim do ano**, correspondendo a quase **metade do consumo total (WIRED, 2024)**.

Interromper o progresso tecnológico não é uma opção. A questão é **como torná-lo sustentável**.

Uma das soluções está no crescimento dos **data centers verdes**, alimentados por **energias renováveis** e projetados para **eficiência**. Esse mercado verde deve crescer de **US\$ 79,8 bilhões em 2025** para **quase US\$ 296 bilhões até 2035 (Future Market Insights, 2025)**. Empresas que adotam essas instalações já **reduzem o desperdício de**

energia, diminuem custos e baixam emissões por meio da integração de renováveis e sistemas avançados de resfriamento (IBM, 2024).

A IA também contribui para tornar o uso de energia mais sustentável, ao melhorar a **gestão energética**, a **manutenção preditiva** e a **otimização de sistemas** — não apenas em data centers, mas também em **hidrogênio**, **biometano** e outras **fontes renováveis**.

Os desafios observados nos data centers são semelhantes aos enfrentados pelo setor de energia em geral. Essas empresas precisam operar em **consonância com metas de sustentabilidade**. Para elas, **encontrar esse equilíbrio** tornou-se uma **estratégia fundamental**. Para as **consultorias**, trata-se de uma oportunidade de **acelerar abordagens Born Digital** que tornem a transição energética **resiliente e sustentável**.

4. A Anatomia de uma Empresa *Born Digital*

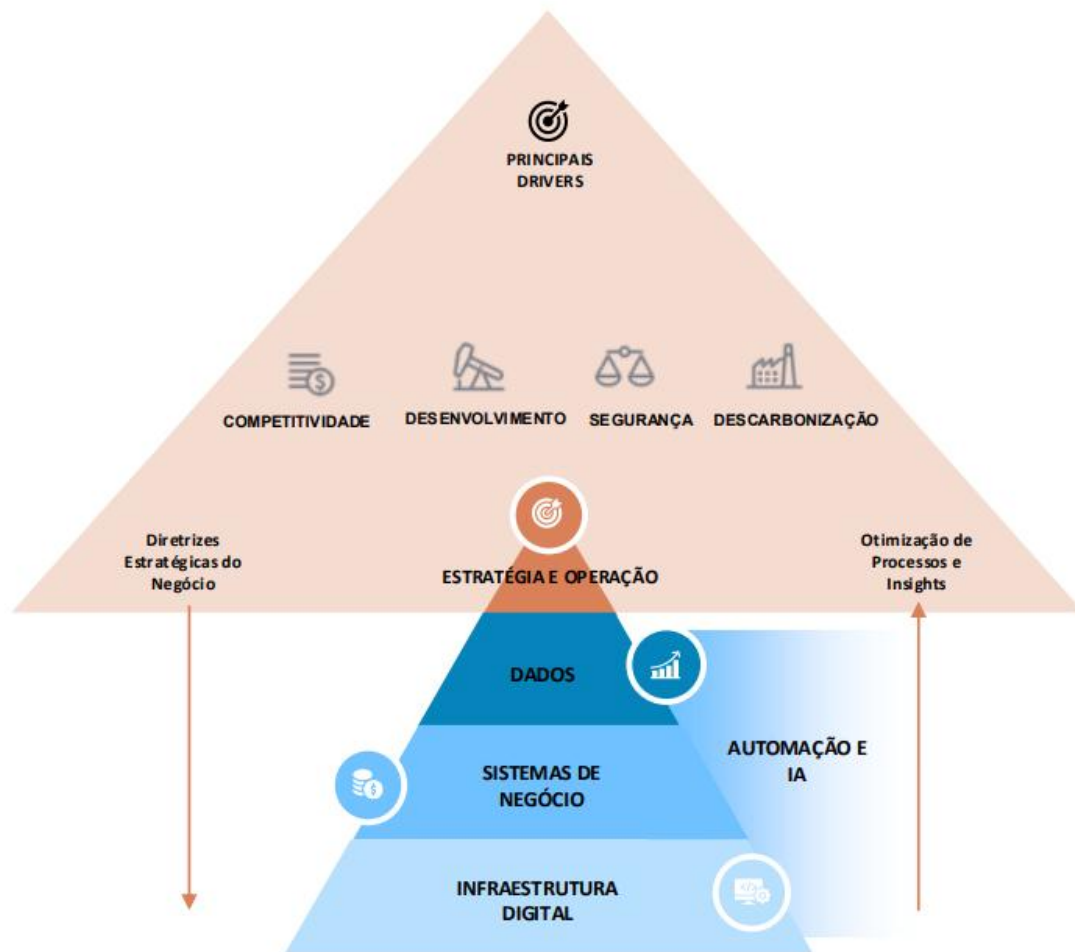
Para as empresas de energia, **nascer digital** significa muito mais do que simplesmente adotar novas ferramentas. Significa **incorporar a tecnologia desde o início** para **gerar valor mais rapidamente**, **fortalecer a competitividade** e **usar a energia de forma mais eficiente**. Projetar as operações com uma **ótica digital desde o primeiro dia** permite alinhar **estratégia e tecnologia** de maneiras que abordagens tradicionais não conseguem.

Essas empresas conectam sua **estratégia e operações diretamente às camadas tecnológicas: Infraestrutura Digital, Sistemas de Negócio e Dados** — todas elas viabilizando **Automação e IA**. Nesse modelo, os **principais drivers de competitividade e fontes de valor** do setor de energia são traduzidos em **fundamentos tecnológicos**.

A **infraestrutura digital** fornece a base para operar sistemas e gerenciar **armazenamento e processamento de dados**. A partir dessa base, os **sistemas de negócio** traduzem os **objetivos estratégicos** em **processos digitais** e coordenam **operações críticas**. Desses sistemas, os **dados são produzidos, estruturados e governados**, apoiando **análises avançadas e insights** que retroalimentam a estratégia. **Automação e IA**, atuando em todas as camadas, **aceleram o ciclo**, automatizando fluxos, interpretando informações em escala e aprimorando a capacidade de resposta.

Ancorada nos princípios de **Arquitetura Corporativa (Enterprise Architecture)**, essa anatomia demonstra de forma simples a **interdependência das camadas: sem infraestrutura, não há sistemas; sem sistemas, não há dados; e sem dados, não há inteligência a ser explorada**.

Figura 2 – Anatomia de uma Empresa *Born Digital* no Setor de Energia



Fonte: Elaborada pela Autora (2025)

Ser **born digital** em um **mercado emergente** muitas vezes significa **começar sem o peso de sistemas legados**, o que permite que as empresas **construam pilhas tecnológicas flexíveis desde o início**, às vezes com **capacidade para operar gás e renováveis em paralelo**. O caminho a seguir é moldado pela **infraestrutura**, pelas **opções de combustível** e pelas **dinâmicas do mercado local**. Embora a abordagem possa ser **adaptada a diferentes setores e regiões**, sua **lógica central permanece consistente**: o que muda é a **velocidade de implementação** e as **áreas de foco**, não os **princípios fundamentais**.

4.1 Infraestrutura Digital

A **infraestrutura digital** forma a **espinha dorsal** de qualquer empresa *born digital*. Ela **sustenta sistemas e dados**, ao mesmo tempo em que oferece **escala, resiliência e integração** necessárias para operações eficazes.

Em vez de uma camada única, a infraestrutura se apoia em **dois componentes principais**:

- **Computação e Armazenamento:** Inclui **nuvens públicas, privadas e híbridas**, como **Microsoft Azure, Amazon Web Services (AWS) e Google Cloud Platform (GCP)**, além de configurações **on-premises** ou **de borda (edge)**. Cada uma tem um papel claro: **as plataformas em nuvem trazem elasticidade e eficiência de custos**, enquanto **as soluções on-premises e de borda** permanecem essenciais para **dados sensíveis e tarefas que exigem baixa latência**.
- **Integração:** **APIs, Enterprise Service Buses (ESBs)** e plataformas como **MuleSoft** ou **Boomi** conectam os ambientes de **TI (Information Technology)** e **TO (Operational Technology)**. Essa ligação mantém o **fluxo de dados contínuo** e cria a **base para automação**. O conceito de *New Automation Mindset* resume bem:

“Não existe automação sem integração, e automação é o resultado de negócio da integração.”

No setor de energia, onde as **pilhas tecnológicas são fragmentadas**, essa necessidade é ainda maior.

Insights energéticos para consultores: As empresas do setor de energia ganham **flexibilidade** ao combinar **infraestrutura própria com serviços em nuvem**, o que **reduz a necessidade de grandes investimentos em hardware (PowerMag, 2024)**. As **instalações on-premises** ainda são usadas para **informações sensíveis**, enquanto a **nuvem** tem sido **essencial para reduzir custos energéticos**. Nesse contexto, **consultorias ajudam os clientes a encontrar o equilíbrio ideal e criar uma base que sustente os demais ativos tecnológicos**.

4.2 Sistemas de Negócio (*Pace-Layered Strategy* – Gartner)

A **estratégia de camadas de ritmo (pace-layered strategy)** divide os sistemas em **três categorias distintas**:

1. **Systems of Record (Sistemas de Registro)**
2. **Systems of Differentiation (Sistemas de Diferenciação)**
3. **Systems of Innovation (Sistemas de Inovação)**

Cada um desempenha um **papel específico na transformação da estratégia de negócios em processos digitais**. A figura abaixo mostra seus objetivos, processos e exemplos no setor de energia.

Figura 3 – Sistemas de Negócios pela Lógica de Camadas de Ritmo

 TIPO DE SISTEMA	 PRINCIPAL OBJETIVO	 PROCESSOS RELACIONADOS	 EXEMPLOS
SISTEMAS DE INOVAÇÃO	Permitir experimentação rápida e novos serviços digitais	• Teste de novos modelos de consumo e de geração distribuída • Solicitar pilotos de resposta • Soluções de monitoramento baseadas em IoT.	• Aplicativos de engajamento do consumidor (consumo, Nfs digitais, notificações de interrupção) • customer engagement apps (consumption, digital invoices, outage notifications) • Monitoramento baseado em IoT
SISTEMAS DE DIFERENCIAÇÃO	Criar vantagem competitiva com adaptabilidade ao mercado.	• Comercialização de energia e gestão de risco • Planejamento e otimização do despacho de energia • Resposta a interrupções e continuidade do serviço • Engajamento e experiência do consumidor	• ETRM (Openlink, Allegro, Trayport) • EMS • OMS (Oracle Utilities OMS) • Portais Digitais do Consumidor
SISTEMAS DE REGISTRO	Garantir estabilidade transacional e continuidade operacional	• Gestão financeira e de ativos • Gestão de clientes e contratos • Faturamento e cobrança • Monitoramento e controle de ativos em tempo real	• SAP S/4HANA (ERP para cobrança, finanças, gestão de ativos) • Salesforce CRM • SCADA • Oracle Utilities CCB

Fonte: Elaborada pela Autora (2025)

Insight de Energia para consultores: Sistemas de negócios são desenvolvidos para digitalizar operações, portanto, devem ser planejados com o negócio em mente. O principal risco é adquirir plataformas que não se comunicam entre si, que não refletem os processos-chave ou que simplesmente não se adequam. Consultorias ajudam a conectar as necessidades de negócios e a tecnologia, trazendo uma visão do ecossistema como um todo e decidindo o que deve ser abordado primeiro. Essa visão cria um plano estratégico que resolve as prioridades de hoje, ao mesmo tempo em que deixa espaço para o crescimento futuro.

4.3 Dados

Os dados são o insumo estratégico que conecta sistemas e habilitadores. Arquiteturas como data lakes, data meshes e data warehouses — combinadas com pipelines, governança e segurança — garantem consistência e confiabilidade. Sem dados de alta qualidade, a automação e a Inteligência Artificial (IA) não conseguem gerar valor, pois ambas dependem de entradas limpas, contextualizadas e atualizadas.

Isso estrutura todo o ciclo de ingestão, curadoria, análise e infusão de insights. O AI Ladder da IBM (2019) ilustra essa jornada: Coletar > Organizar > Analisar > Infundir, mostrando como dados brutos se tornam inteligência acionável. A mesma lógica se aplica aos Modelos de Linguagem Grande (LLMs) e Modelos de Linguagem Pequena (SLMs), que funcionam como motores de reconhecimento de padrões e dependem

diretamente da diversidade e da qualidade dos dados de treinamento (Google DeepMind, 2022).

A Figura 4 ilustra essa lógica, mostrando como os dados evoluem desde a coleta até a infusão nos processos de negócios.

Figura 4 - AI Ladder: Arquitetura de Dados como a Base da Inteligência Artificial



Fonte: Elaborada pela Autora (2025)

Insight de Energia para consultores: No setor de energia, **dados críticos vêm de múltiplas fontes — SCADA, dispositivos IoT, contratos, sensores de rede, plataformas de mercado** e outras. Fazer sentido de tudo isso exige **configurações híbridas**. Um lakehouse oferece **governança e rastreabilidade**. O streaming lida com **atrasos em tempo real**. Além disso, quando há maturidade suficiente, uma **malha federada (federated mesh)** distribui a responsabilidade entre diferentes domínios. Essa visão está alinhada à **Big Data Reference Architecture for the Energy Sector** (Wehrmeister et al., 2025), que destaca **arquiteturas em múltiplas camadas** para uma **troca de dados segura e confiável**, abrangendo tanto a **análise histórica** quanto os **fluxos em tempo real**.

Em resumo: **um lakehouse garante governança, uma mesh distribui a responsabilidade quando aplicável, e o streaming reduz a latência**. Usados em conjunto, esses elementos **aumentam a resiliência, a interoperabilidade e a eficiência**

em mercados de energia dinâmicos.

Maria Valle – EloGroup

4.4 Automação e IA

Automação e Inteligência Artificial (IA) atuam como **aceleradores nos negócios de energia**, reduzindo o trabalho repetitivo, tornando os processos mais rápidos e ampliando a capacidade analítica.

- **Automação Inteligente de Processos (IPA – Intelligent Process Automation):**
A automação iniciou sua trajetória com a **RPA (Robotic Process Automation)**, limitada a tarefas **repetitivas e baseadas em regras**, mas agora **ampliou esse escopo** ao incorporar **aprendizado de máquina (ML)**, **fluxos de trabalho inteligentes** e **agentes cognitivos** — permitindo **tomada de decisão em tempo real** sob o conceito de **IPA**.

No setor de energia, isso se traduz em **manutenção preditiva** acionada por dados de **SCADA** e **IoT**, ou **ajustes automáticos no despacho de energia** de acordo com **variações de carga e preço**.

Segundo o relatório *The engine at the core of the next-generation operating model*, a **adoção em escala do IPA** pode **automatizar de 50% a 70% das tarefas**, **reduzir custos operacionais em 20% a 35%** e **diminuir os tempos de execução de processos em até 60%**.

- **Análises Avançadas (Advanced Analytics):**
A **IA** também viabiliza **análises avançadas**, processando grandes volumes de dados para **prever eventos**, **simular cenários** e **embasar decisões estratégicas**. Essa camada abrange **toda a arquitetura de sistemas**:
 - ajuda a manter os **Systems of Record** confiáveis (por exemplo, **detecção de anomalias em medidores inteligentes**);
 - melhora a **competitividade** nos **Systems of Differentiation** (por exemplo, **precificação dinâmica em plataformas ETRM**);
 - e apoia a **inovação** nos **Systems of Innovation** (por exemplo, **IA generativa para simulações de demanda e mercado**).

Insight de Energia para consultores:

As empresas **precisam de suporte** para **entender os casos de uso reais** dessas capacidades e identificar **quais se alinham à sua realidade**.

Para **ajudar as organizações a construir essa capacidade digital avançada**, os **consultores** devem compreender as **aplicações práticas de Automação e IA na indústria de energia**.

Os casos a seguir ilustram o **potencial dessas tecnologias** e **como podem ser aplicadas na prática**:

4.4.1 Tata Power-DDL – Gestão Integrada de Rede

Em **Nova Délhi**, a **Tata Power-DDL** atende **1,64 milhão de clientes** em uma das redes mais complexas da **Índia**, com **picos acima de 1.900 MW**. As **quedas de energia eram frequentes**, e a empresa precisava de **uma nova forma de gerenciar a complexidade**.

A resposta foi um **Sistema Avançado de Gestão de Distribuição (ADMS – Advanced Distribution Management System)**.

Ao **integrar SCADA, OMS e DMS em uma única plataforma**, os operadores passaram a ter **controle centralizado e em tempo real da rede**.

O impacto foi claro:

- **a confiabilidade aumentou,**
- **as falhas diminuíram,**
- **e o desempenho ambiental melhorou.**

O sistema agora **economiza mais de 26 milhões de kWh por ano** e evita **aproximadamente 448 quilotoneladas de CO₂**.

Financeiramente, a concessionária **reduziu custos em cerca de INR 177 milhões por ano**.

Com esses resultados, a **Tata Power-DDL tornou-se a primeira concessionária da Ásia a receber a certificação PEER Gold**.

Maria Valle – EloGroup

4.4.2 National Grid ESO – IA para Previsão do Tempo

A operadora da rede elétrica do **Reino Unido**, **National Grid ESO**, enfrentava outro tipo de complexidade: as **fontes renováveis**.

Com mais **energia solar e eólica** integradas ao sistema, a **previsão meteorológica tornou-se crítica**.

Trabalhando em parceria com o **Alan Turing Institute**, a operadora **testou novos modelos de IA e aprendizado de máquina**.

Esses modelos **combinaram dados de temperatura, radiação e histórico climático**, executando-os em **80 diferentes cenários de previsão**.

A **precisão melhorou em cerca de um terço**. Essa mudança pode parecer pequena, mas fez **grande diferença**:

- **reduziu contas para os consumidores,**
- **aumentou a integração de energia solar na rede,**
- **e aproximou o país da meta de um sistema elétrico com zero emissões.**

4.4.3 Manutenção Preditiva em Turbinas Eólicas

Os **parques eólicos** oferecem **energia limpa**, mas frequentemente enfrentam **altos custos operacionais**.

Falhas em **turbinas**, especialmente em **rolamentos e engrenagens**, eram **caras e disruptivas**.

Para lidar com isso, **pesquisadores da i-EM e da Universidade de Pisa** desenvolveram um **modelo de IA para manutenção preditiva**, treinado com **dados de SCADA** e testado **em tempo real em 150 turbinas** na **Itália e Romênia**.

O modelo **identificou falhas com até dois meses de antecedência**.

Das **25 anomalias detectadas**, os operadores **confirmaram mais de 90% como precisas**.

Para os operadores eólicos, isso representa **menos paradas não programadas, maior vida útil dos equipamentos e redução nos custos de manutenção** — um **ganho significativo em competitividade**.

Conclusão:

Esses exemplos mostram que **automação e IA já estão incorporadas à anatomia dos negócios**.

Elas **melhoram a confiabilidade das redes**, tornam as **renováveis mais previsíveis** e **reduzem custos de manutenção**.

Para as **consultorias**, a missão é **orientar os clientes na escolha dos casos de uso adequados, comprovar seu impacto e escalá-los em toda a organização**.

5. O Que É Realmente Possível – Oportunidades e Limites da IA no Setor de Energia

O entusiasmo em torno da **Inteligência Artificial (IA)** na **energia** é justificado — mas **nem toda aplicação gera valor imediatamente**. Isso levanta questões fundamentais: **o que a IA realmente é capaz de fazer hoje? Onde ela já está trazendo resultados concretos? E quais obstáculos ainda impedem seu avanço?**

Para explorar essas questões, três perspectivas são essenciais:

1. **onde a IA acelera as tecnologias energéticas,**
2. **como ela se aplica em diferentes setores, e**
3. **quais barreiras ainda bloqueiam o progresso.**

As análises a seguir são baseadas no estudo **Energy and AI (2024)** da **IEA (Agência Internacional de Energia)**.

5.1 Potencial para Acelerar Tecnologias

A IEA compara tecnologias com base em **quatro critérios**:

- **complexidade da solução,**
- **disponibilidade de dados,**
- **verificação pré-implantação, e**
- **escalabilidade.**

Esse **framework** ajuda os tomadores de decisão a identificar **onde a IA pode gerar resultados rapidamente e onde ainda é necessário preparar o terreno.**

Figura 5 - Avaliação ilustrativa do potencial da IA para acelerar o progresso em relação aos principais desafios tecnológicos de energia seleccionados

Desafio tecnológico	Complexidade do espaço de solução	Disponibilidade de dados estruturados	Verificação pré-implantação	Integração e escalonamento
Combustíveis sintéticos - Catalisadores com alta eficiência, seletividade e estabilidade	●	●	●	●
Eletrolise de Hidrogênio - Catalisadores de eletrolisador de baixo custo, altamente eficientes e duráveis	●	●	●	●
Captura, utilização e armazenamento de carbono - Materiais estáveis para captura de CO2 com alta afinidade e baixo consumo de energia.	●	●	●	●
Veículos elétricos - Novas químicas de baterias usando materiais baratos (por exemplo, íon-sódio, estado sólido)	●	●	●	●
Armazenamento de calor em alta temperatura - Materiais de mudança de fase estáveis com alta condutividade e calor latente.	●	●	●	●
Dessalinização - Membranas de osmose reversa produtivas, estáveis e energeticamente eficientes.	●	●	●	●
Biocombustíveis avançados - Melhoria do desempenho de enzimas e leveduras para biocombustíveis de 2ª/3ª geração	●	●	●	●
Energia Solar Fotovoltaica - Células de perovskita eficientes, estáveis e escaláveis, sem necessidade de minerais críticos.	●	●	●	●
Bombas de calor de alta temperatura - Identificação de fluidos de trabalho que sofrem mudança de fase em altas temperaturas.	●	●	●	●
Armazenamento de energia de longa duração - Baterias de fluxo redox ou outras baterias de longa duração mais baratas e eficientes.	●	●	●	●
Cimento descarbonizado - Produção de cimento a partir de matérias-primas de silicato de cálcio	●	●	●	●
Reciclagem de plásticos - Aprimoramento energeticamente eficiente de óleos de pirólise	●	●	●	●
Fusão Nuclear Efetiva - Controle de reação de fusão	●	●	●	●

● Alto ● Médio ● Baixo

Nota: A cor verde indica um alto grau de alinhamento entre os critérios e o desafio tecnológico, sugerindo que a IA tem maior probabilidade de ter um impacto significativo no setor; a cor laranja indica algum alinhamento e que a inovação no setor pode se beneficiar da IA; a cor vermelha indica baixo alinhamento, sugerindo um possível obstáculo à implementação da IA.

Fonte: *World Energy Outlook Special Report – IEA (2024)*

Algumas tecnologias estão **prstes a avançar rapidamente com o uso de IA** – **hidrogênio, captura de carbono e novas químicas de baterias** se destacam porque

combinam alta complexidade com conjuntos de dados robustos e capacidade de testar soluções de forma eficiente.

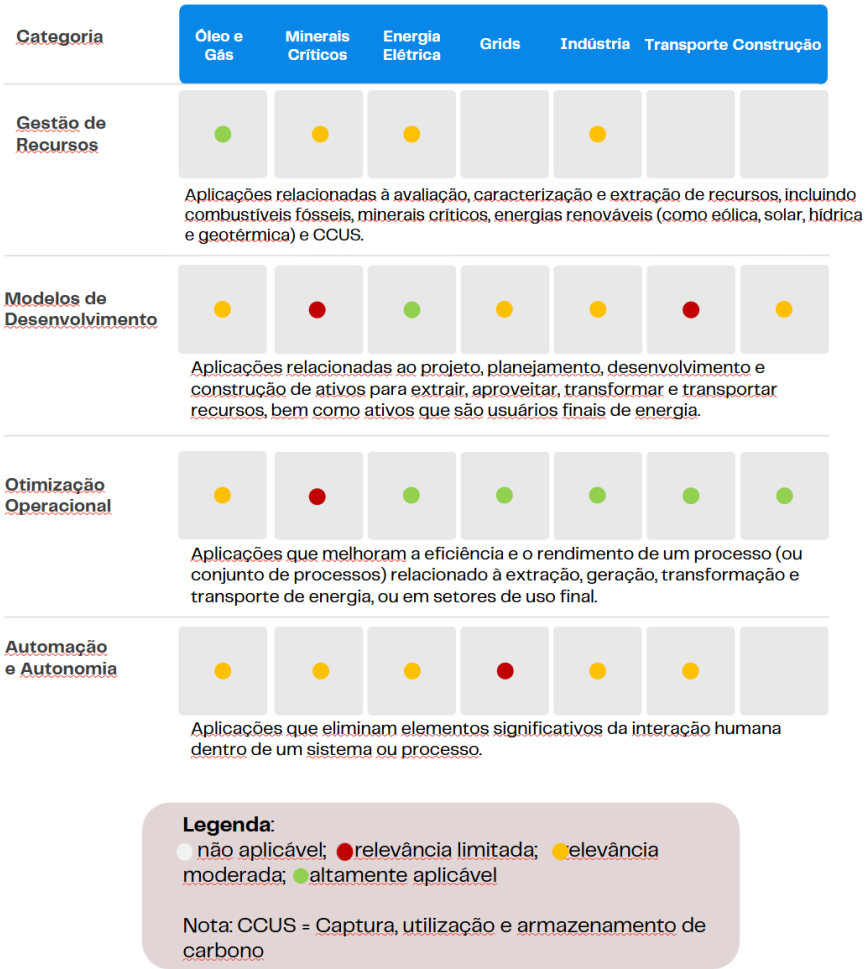
Outras, onde os dados são escassos ou as instituições ainda não estão estabelecidas, precisarão primeiro de trabalho de base.

A mensagem é simples: invista nas fundações onde elas ainda faltam e intensifique os esforços nas aplicações avançadas onde os fundamentos já existem.

5.2 Aplicabilidade entre Setores

O relatório também mapeia os usos da IA — gestão de recursos, projeto e desenvolvimento, otimização operacional e automação/autonomia — ao longo das diferentes etapas da cadeia de valor da energia.

Figura 6 – Aplicação de IA para otimização da energia e sua aplicabilidade por setor



Fonte: World Energy Outlook Special Report – IEA (2024)

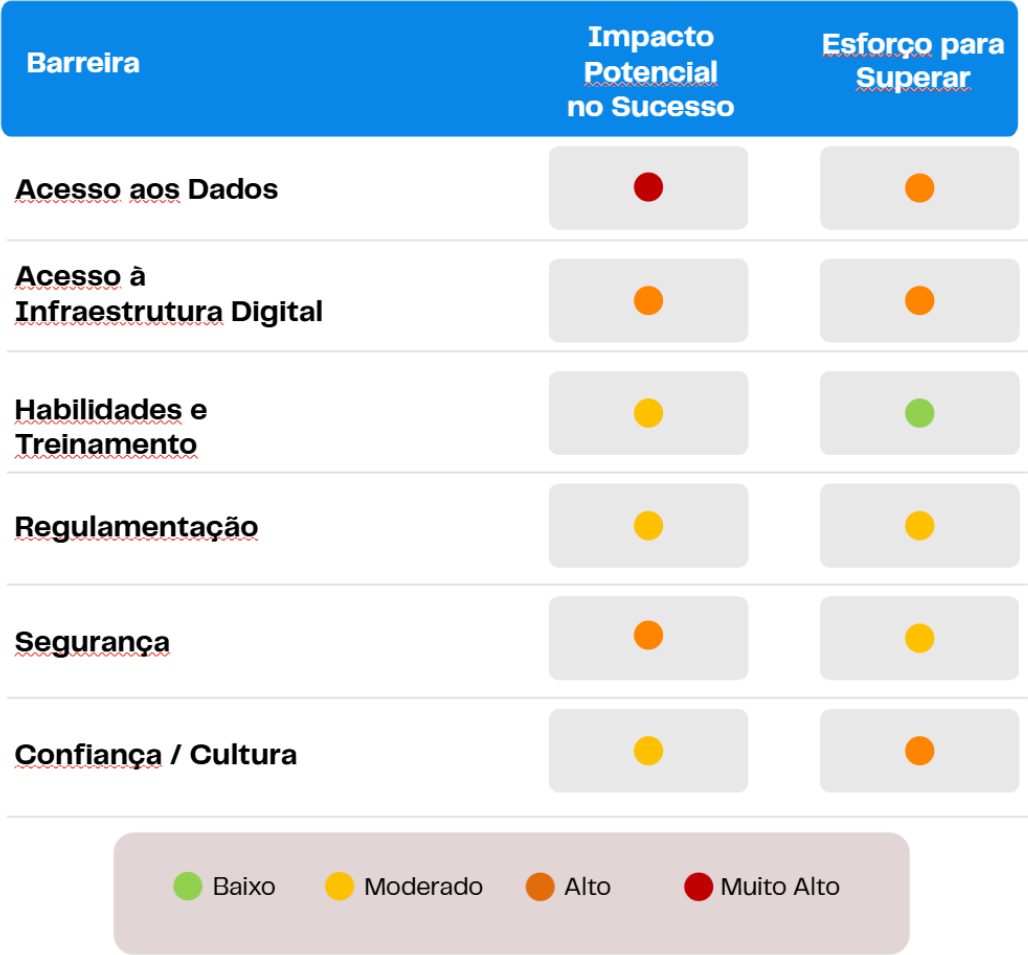
Ao observar a cadeia de energia, uma coisa fica clara: **a otimização operacional é hoje a aplicação mais avançada da IA**, já gerando impacto em praticamente todos os setores.

Para as empresas, a prioridade deve ser **capturar ganhos rápidos de eficiência** enquanto se **preparam para a próxima fronteira de diferenciação – a automação e o design digital de ativos energéticos**.

5.3 Barreiras estruturais que limitam sua adoção

Por fim, as **barreiras** são classificadas tanto pelo **esforço necessário para superá-las** quanto pelo **impacto que exercem sobre o sucesso**. Essa análise ajuda a entender por que tantas iniciativas permanecem limitadas e por que os esforços devem ser direcionados para ativar o potencial existente.

Figura 7 – Potenciais Barreiras para a adoção de aplicações de IA em energia



Fonte: World Energy Outlook Special Report – IEA (2024)

O principal **gargalo** é o **acesso a dados de qualidade**, que possui um impacto muito alto e exige grande esforço para ser superado. **Infraestrutura digital** e

capacitação/treinamento também surgem como questões relevantes que requerem investimento contínuo. Já aspectos como **regulação, segurança e confiança social** podem ser superados por meio da **coordenação entre os principais stakeholders**.

Portanto, a recomendação é que as empresas **invistam em governança e integração de dados**.

Em resumo, a **IA já entrega valor tangível** (manutenção, gestão de perdas, despacho). A **IA generativa (GenAI)** desbloqueia conteúdo não estruturado, mas a **governança e a integração de dados definem o limite do valor possível**.

O papel das consultorias é **converter recomendações em roteiros de ação (roadmaps), ancorar a governança de dados e sincronizar estratégia, arquitetura e execução**.

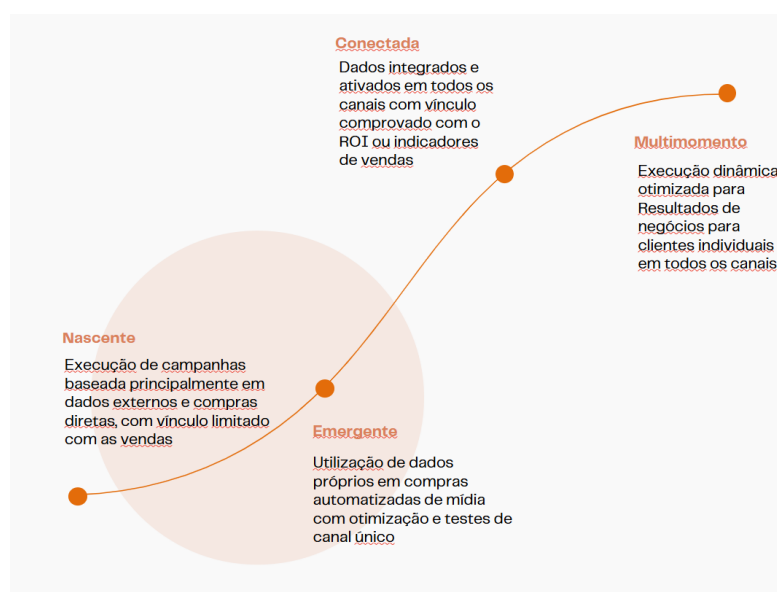
6. Consultorias que Aceleram Negócios que Aceleram a Transição Energética

6.1 O Desafio da Maturidade Digital

Como destacado na seção anterior, o uso de IA e de outras tecnologias ainda enfrenta **barreiras significativas** nas empresas de energia. Por isso, antes de propor qualquer solução, é essencial **compreender o nível de maturidade digital** de cada organização.

Os **novos modelos de negócio** que surgem no setor de energia vêm tanto de **startups nascidas com a sustentabilidade em seu núcleo** quanto de **empresas consolidadas em transição para operações mais limpas**. Em ambos os casos, a **maturidade digital tende a ser limitada**.

Figura 8 – Estágios da Maturidade Digital



Fonte: Estágios da Maturidade Digital (2021)

Entendendo os **estágios de maturidade organizacional**, a maioria dessas companhias pode ser classificada como estando nos estágios “**Nascent**” (**Iniciante**) ou “**Emerging**” (**Emergente**):

- **Nascent (Iniciante):** organizações ainda em estruturação, sem sistemas centrais e com digitalização mínima.
- **Emerging (Emergente):** organizações que começam a estruturar dados e a experimentar automações básicas, mas ainda sem escala.

Nesse contexto, **as consultorias ajudam as empresas a avançar mais rapidamente na curva de maturidade**, entregando **resultados de curto prazo** enquanto constroem as bases para a evolução de longo prazo.

É o **paradoxo entre Visão e Fundamento**:

A transformação para o crescimento requer definir uma visão de longo prazo para a empresa. No entanto, isso também significa construir, no curto prazo, as bases que permitem concretizar essa visão.

6.2 Projetando Operações à Prova do Futuro para a Transição Energética

Após diagnosticar o nível de maturidade digital dos players de energia, o passo seguinte é **desenhar operações resilientes, escaláveis e alinhadas às demandas da transição energética** – ou seja, **operações verdadeiramente à prova do futuro (future-proof)**.

A abordagem “**Designing Future-Proof Operations**” foi desenvolvida sob uma **perspectiva de consultoria**, inspirada em métodos como **Continuous Discovery**, **Enterprise Architecture (TOGAF)**, **C4**, **SAFe**, **Agile Delivery Management** e **Future Back Approach**.

O objetivo é claro: **ajudar as empresas a passar da visão à execução**, garantindo que **cada investimento digital fortaleça a estratégia e entregue valor mensurável**.

O ponto de partida é a **estratégia**: os consultores precisam ter uma visão clara dos **objetivos e ambições** da empresa. Cada iniciativa digital deve estar diretamente conectada a esses drivers estratégicos. A partir desse alinhamento, as **hipóteses de valor** orientam a pilha tecnológica e as decisões ao longo da jornada.

A execução se desdobra em **três etapas**:

- **IA. Exploração do Modelo de Negócio** – Compreender o contexto de negócio e a jornada operacional, mapeando desafios e oportunidades para definir **hipóteses de valor** que orientarão as soluções tecnológicas.
 - **Entregáveis principais:** mapa de processos, requisitos de negócio, hipóteses de valor priorizadas, indicadores de sucesso.

- **IB. Design de Arquitetura (Anatomia Digital)** – Traduzir o entendimento de negócio em uma **arquitetura integrada**, especificando **sistemas, domínios, fluxos, integrações e componentes** para garantir **escalabilidade e interoperabilidade**.
 - **Entregáveis principais:** requisitos tecnológicos, arquitetura de infraestrutura/dados/sistemas, casos de uso de automação e IA, roteiro por fases.
- **II. Gestão da Entrega (Delivery Management)** – Planejar e priorizar entre múltiplos implementadores, coordenar equipes de tecnologia, **gerenciar mudanças e monitorar KPIs**, garantindo que cada entrega gere **valor incremental de negócio**.
 - **Entregáveis principais:** requisitos atualizados, lacunas resolvidas, registro de mudanças, cenários de teste integrados.

Para que essa abordagem seja bem-sucedida, é **essencial o envolvimento contínuo das equipes de operações e tecnologia em todas as etapas**, garantindo **consistência entre estratégia, arquitetura e execução**.

Um erro comum é **restringir o termo “área de negócio” apenas às operações**. A mentalidade correta deve **reconhecer que a tecnologia faz parte do negócio e é inseparável dele**.

Com isso estabelecido, o framework assegura que as **implementações Born Digital no setor de energia** não sejam um **conjunto fragmentado de iniciativas isoladas**, mas sim **um caminho estruturado**, no qual **cada entrega gera resultados mensuráveis** enquanto **constrói as bases para a competitividade de longo prazo**.

6.3 Inserindo Automação e IA em Empresas “Nascent” e “Emerging”

A primeira regra é simples: **não pule etapas**. Em organizações com baixa maturidade digital, o **papel da consultoria é, antes de tudo, educacional**.

O IEA (2024) indica que **quase um quarto das empresas falham em avançar em iniciativas de IA por falta de expertise interna**. Isso revela que muitas organizações ainda **carecem do básico**, tornando os **consultores agentes essenciais de mudança cultural**, responsáveis por **estimular uma mentalidade orientada a dados e abertura à experimentação**.

Nesse estágio, as recomendações devem **focar na construção de uma arquitetura mínima para obter ganhos rápidos (quick wins)**. Resultados iniciais comprovam **valor, geram confiança e criam impulso para evoluções futuras**.

Os **quick wins** nesse ponto **não envolvem automação avançada**, mas sim a **digitalização de processos manuais** – como **reconciliações volumétricas e financeiras, checklists operacionais ou processamento de faturas**.

Ao **agilizar essas atividades**, os colaboradores **ganham tempo para tarefas mais estratégicas**, enquanto a organização **cria as condições necessárias para que suas primeiras automações gerem valor de negócio tangível**.

6.4 Moldando o Consultor do Futuro

Para clientes que navegam pela **complexidade da transição energética e digital**, as **firmas de consultoria precisam se adaptar rapidamente**.

As **capacidades tradicionais** continuam relevantes, mas **devem ser reinterpretadas à luz dos dados e das tecnologias digitais**.

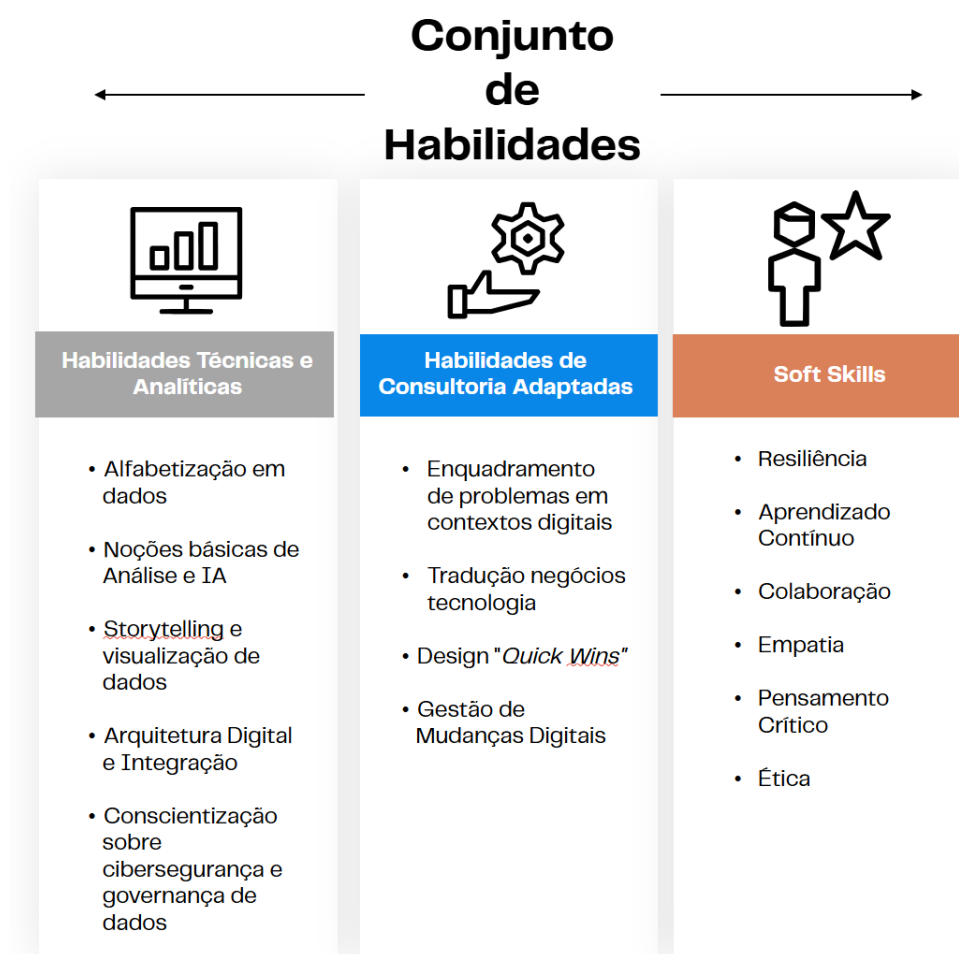
De acordo com o relatório **Consulting Skills for 2030 (CMCE, 2023)**, **IA, big data e cibersegurança definirão a profissão de consultoria** – e, na verdade, **já estão definindo**.

Ainda assim, o relatório destaca um ponto crucial:

- **A confiança não é construída apenas pela tecnologia, mas por consultores que trazem ética, empatia e pensamento crítico à mesa.**
- **As consultorias já estão no centro da adoção da IA generativa, orientando executivos de alto nível (C-suite) enquanto testam e avaliam casos de uso.**

Reunindo essas perspectivas, a figura abaixo resume três dimensões críticas do conjunto de habilidades do consultor.

Figura 9 – O Novo Conjunto de Habilidades do Consultor



Fonte: Elaborada pela Autora (2025)

6.5 Do Conhecimento à Prática: A Cordence como Rede Global

Habilidades como essas **não se desenvolvem apenas pela experiência** — elas **surgem por meio da troca e da reflexão**. Como disse o filósofo e educador **John Dewey**:

“Não aprendemos com a experiência... aprendemos refletindo sobre a experiência.”

Na consultoria, essa reflexão se torna ainda mais poderosa quando **acontece de forma coletiva**. O verdadeiro progresso vem de **compartilhar aprendizados, debater diferentes perspectivas e transformar percepções em maneiras melhores de trabalhar**.

É exatamente aqui que a **Cordence** desempenha um papel essencial. Com **mais de 5.500 consultores em todo o mundo**, a rede oferece uma **plataforma para essa troca**

global, em que práticas testadas em um mercado podem inspirar outro, e onde a reflexão coletiva se transforma em insights acionáveis.

Por meio desse **ciclo contínuo de colaboração e aprendizado compartilhado**, a Cordence não apenas **eleva o padrão de nossos projetos**, mas também **aumenta nossa capacidade de entregar mais valor aos clientes** — transformando **conhecimento em prática** em uma escala verdadeiramente global.

7. Quatro Anos e Três Meses – Um Convite aos Líderes da Transição Energética

A transição energética é inseparável do desafio da descarbonização. Este momento exige que os consultores vão além do papel de aconselhar, atuando como líderes que **conectam visão e execução**.

A partir da análise apresentada neste documento, **sete imperativos emergem para aqueles que conduzem a transição**:

1. **Engajar-se com negócios emergentes** – Apoiar novos players no mercado de transição energética, ajudando-os a construir modelos resilientes e escaláveis desde o início.
2. **Traduzir ambição em execução** – Garantir que as estratégias digitais e energéticas caminhem juntas, transformando visões de longo prazo em realidade operacional.
3. **Adotar deliberadamente o stack Born Digital** – Alinhar infraestrutura, sistemas de negócios, dados e IA como camadas interdependentes, e não como ferramentas isoladas.
4. **Focar onde o ROI é comprovado** – Começar pela otimização operacional e avançar progressivamente para automação avançada e IA.
5. **Sequenciar para ganhos rápidos** – Usar casos de alto impacto para financiar e reduzir riscos no roadmap.
6. **Aproveitar o aprendizado entre pares globalmente** – Explorar a rede Cordence para revisar projetos, compartilhar playbooks e transferir lições entre mercados.
7. **Construir o flywheel** – Cada linha de negócio comprovada cria pontos de prova para a próxima; usar cada sucesso para expandir o modelo Born Digital em todo o portfólio.

A transição é **tanto energética quanto digital**. Ao assumir a liderança, as consultorias **aceleram empresas que aceleram a própria transição**, transformando urgência em execução, e execução em impacto duradouro.

Referências

- International Energy Agency - IEA. (2023). *Digital and Data in Clean Energy Transitions*. IEA. <https://www.iea.org/energy-system/decarbonisation-enablers/digitalisation>
- Nasa. (n.d.). *The Effects of Climate Change*. Nasa. <https://science.nasa.gov/climate-change/effects/>
- World Resources Institute – WRI. (2024). *Global Emissions by Sector*. WRI. <https://www.wri.org/insights/4-charts-explain-greenhouse-gas-emissions-countries-and-sectors>
- International Energy Agency – IEA. (2024, August 2). *Greenhouse Gas Emissions from Energy Data IEA*. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/greenhouse-gas-emissions-from-energy-data-explorer>
- Altieri, K., & Jones, D. (2025, July 31). *What's new with national renewable targets? Not much!*. Ember. <https://ember-energy.org/latest-insights/whats-new-with-national-renewable-targets-not-much/>
- Maximize Market Research - MMR. (2025, August). *Energy Transition Market: Global Industry Analysis and Forecast (2025-2032)*. MMR. <https://www.maximizemarketresearch.com/market-report/energy-transition-market/191270/>
- European Commission, Joint Research Centre, Buffi, M., Hurtig, O., & Scarlat, N. (2024). *Methane emissions in the biogas and biomethane supply chains in the EU*. Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC139485>
- Weill, P., Apel, T., Stephanie, L., & Jennifer, S. (2019, March 12). *It Pays to Have a Digitally Savvy Board*. MIT. <https://sloanreview.mit.edu/article/it-pays-to-have-a-digitally-savvy-board/>
- Gartner. (2025). *Gartner Predicts AI Adoption in 40% of Power and Utilities Control Rooms by 2027*. Gartner. <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2025-01-15-gartner-predicts-ai-adoption-in-40-percent-of-power-and-utilities-control-rooms-by-2027>
- International Energy Agency – IEA. (2025). *Energy and AI: Energy demand from AI*. IEA. <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai/energy-demand-from-ai>
- Department of Energy – DOE. (2024, December 20). *DOE Releases New Report Evaluating Increase in Electricity Demand from Data Centers*. DOE. <https://www.energy.gov/articles/doe-releases-new-report-evaluating-increase-electricity-demand-data-centers>

Taft, M. (2025, May 22). *AI is eating data center power demand – and it's only getting worse*. Wired. <https://www.wired.com/story/new-research-energy-electricity-artificial-intelligence-ai/>

Future Market Insights - FMI. (2025). *Green Data Center Market Size and Share Forecast Outlook 2025 to 2035*. FMI.
<https://www.futuremarketinsights.com/reports/green-data-center-market>

Khan, T., & Goodwin, M. (2024, April 2). *What is a green data center?* IBM.
<https://www.ibm.com/think/topics/green-data-center>

Tella, V., Brinker, S., & Pezzini, M. (2023). *The New Automation Mindset: The Leadership Blueprint for the Era of AI-For-All*. Wiley.

Burling, N. (2025, March 19). *How Hybrid Cloud and Edge Computing are Transforming the Energy Sector*. Power. <https://www.powermag.com/how-hybrid-cloud-and-edge-computing-are-transforming-the-energy-sector/>

Gartner. (2025). *Pace-layered application strategy*. Gartner.
<https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/pace-layered-application-strategy>

Hoffmann, J., Borgeaud, S., Mensch, A., & Sifre, L. (2022, April 12). *An empirical analysis of compute-optimal large language model training*. DeepMind.
<https://deepmind.google/discover/blog/an-empirical-analysis-of-compute-optimal-large-language-model-training>

IBM. (n.d.). *Data and AI Reference Architecture*. IBM. <https://ibm-cloud-architecture.github.io/refarch-data-ai-analytics/>

Wehrmeister, K., Pastor, A., Carreras Rodriguez, L., & Monti, A. (2025). *Big data reference architecture for the energy sector*. Sustainability, 17(14), 6488.
<https://doi.org/10.3390/su17146488>

Performance Excellence in Electricity Renewal - PEER. (2018, October). *Tata Power-DDL PEER case study*. Green Business Certification Institute.
https://peer.gbci.org/sites/default/files/resources/Tata-Power-DDL_PEER-Case-Study_0.pdf

Cuff, M. (2019, August 7). *AI-powered weather forecasts are improving predictions for smart grids' energy outputs*. Trellis. <https://trellis.net/article/ai-powered-weather-forecasts-are-improving-predictions-smart-grids-energy-outputs/>

Gigoni, L., Betti, A., Tucci, M., & Crisostomi, E. (2019, October 22). *A scalable predictive maintenance model for detecting wind turbine component failures based on SCADA data*. Arxiv. <https://arxiv.org/pdf/1910.09808>

Martinos, A. (2025, June 25). *AI and the energy sector: navigating a two-way transformation* [Video]. Bruegel. <https://www.bruegel.org/event/ai-and-energy-sector-navigating-two-way-transformation>

Centre for Management Consulting Excellence. (n.d.). *Consulting skills for 2030*. CMCE. <https://www.cmce.org.uk/sites/default/files/2023-03/CMCE%20Consulting%20Skills%20for%202030%20web%20finalcmce%20email%20change%20optimised.pdf>

Empresa de Pesquisa Energética - EPE. (2024). *Brazilian Oil & Gas Report 2023/2024*. EPE. https://www.epe.gov.br/sites-en/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-197/topico-205/BOR_2023_2024.pdf

Mordor Intelligence. (n.d.). *Brazil Bunker Fuel Market Size & Share Analysis - Growth, Trends, and Forecasts (2025 - 2030)*. Mordor Intelligence. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/brazil-bunker-fuel-market>