



# Solução SOLVE Estudo de Impacto Energético

Condensação Flutuante



**SOLVE**  
**Engenharia**

---

**2026**

# SOBRE NÓS

---

A SOLVE é uma empresa de engenharia e tecnologia aplicada à indústria, dedicada ao desenvolvimento de soluções para aumentar a eficiência, a segurança, a confiabilidade e o desempenho de sistemas e processos industriais.

Nossa atuação combina engenharia mecânica, análise de dados e ferramentas computacionais para compreender problemas, avaliar oportunidades e transformar conhecimento técnico em soluções aplicáveis à realidade de cada planta. Trabalhamos desde o diagnóstico e a modelagem de um sistema até o desenvolvimento de projetos, softwares, sistemas de monitoramento e soluções específicas para operação industrial.

Entre nossas principais frentes estão:

- Estudos de impacto energético;
- Análise e otimização de sistemas de refrigeração, vapor e ar comprimido;
- Segurança de instalações e processos industriais;
- Projetos e dimensionamentos;
- Avaliações de equipamentos e redes de tubulações;
- Simulações computacionais;
- Desenvolvimento de softwares técnicos;
- Telemetria, análise estatística e aplicações avançadas de engenharia.

Cada trabalho parte da compreensão do processo e de suas condições reais de operação. Sempre que necessário, dados são obtidos diretamente em campo por meio de medições e monitoramento, permitindo comparar o comportamento real da instalação com modelos matemáticos, simulações, critérios de projeto e condições tecnicamente esperadas.

Essa integração entre engenharia, dados e computação permite avaliar diferentes cenários antes de uma intervenção, identificar gargalos, quantificar desperdícios e riscos, prever comportamentos, dimensionar soluções e fornecer informações mais consistentes para a tomada de decisão.

Quando o problema exige uma ferramenta permanente, os próprios modelos desenvolvidos durante a engenharia podem evoluir para softwares, simuladores, sistemas embarcados ou soluções integradas à automação e à instrumentação da planta, permitindo que o conhecimento técnico também faça parte da operação cotidiana.

Mais do que entregar cálculos, projetos ou relatórios isolados, a SOLVE busca transformar problemas industriais em decisões tecnicamente fundamentadas e resultados mensuráveis, conectando engenharia e tecnologia para tornar processos mais eficientes, seguros, confiáveis e previsíveis.

# Índice

**1**

— **CONDENSADOR EVAPORATIVO**

**3**

— **O CONCEITO DA CONDENSAÇÃO FLUTUANTE**

**4**

— **O PROBLEMA DOS DADOS MÉDIOS**

**6**

— **O DILEMA DO INVESTIMENTO**

**7**

— **DA INCERTEZA À DECISÃO**

**8**

— **O PROCESSO: DA MEDIÇÃO À DECISÃO**

**9**

— **NOSSO SOFTWARE**

# CONDENSADOR EVAPORATIVO

## Princípio de Funcionamento e Papel no Ciclo de Refrigeração

O condensador evaporativo é um dos componentes mais importantes do sistema de refrigeração. É nele que o calor retirado dos ambientes refrigerados — câmaras, túneis, chillers e processos — é finalmente rejeitado ao ambiente externo.

Para entender o conceito de condensação flutuante, é essencial compreender primeiro como o condensador evaporativo funciona, por que a condição climática externa influencia seu desempenho, e qual é seu impacto direto no consumo de energia da planta.

### 1. O Papel do Condensador no Ciclo de Refrigeração

Todo sistema de refrigeração retira calor de um ponto (evaporadores) e precisa rejeitar esse calor em outro lugar (condensadores).

O condensador recebe o fluido refrigerante em alta pressão e alta temperatura, vindo dos compressores, e deve resfriá-lo até que ele condense novamente para o estado líquido.

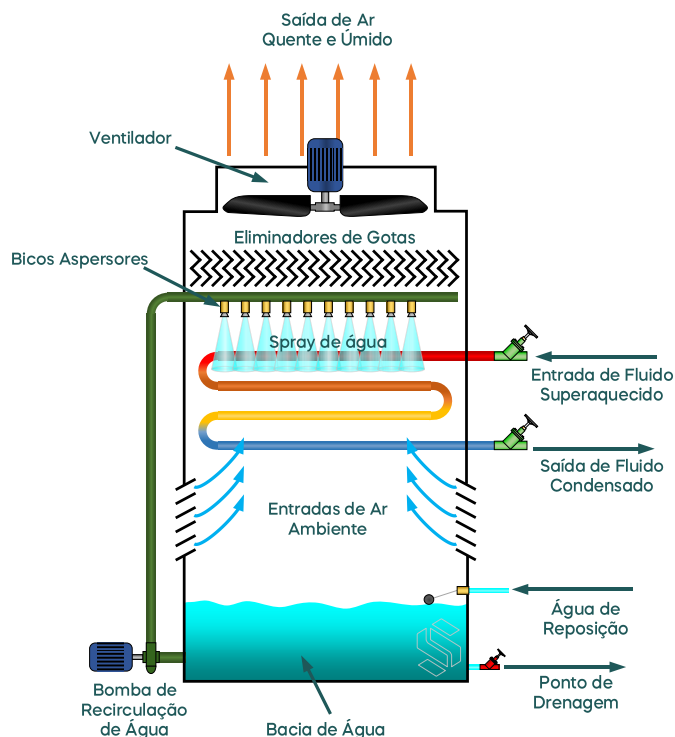
Quanto melhor o condensador rejeita calor, menor é o esforço dos compressores — e menor é o consumo elétrico do sistema inteiro.

### 2. Como Funciona um Condensador Evaporativo

O condensador evaporativo combina ar, água e efeito evaporativo para rejeitar calor de forma muito mais eficiente do que um condensador a ar tradicional.

- O fluido refrigerante entra nas serpentinas no estado de vapor superaquecido a alta pressão.
  - Bombas recirculam água sobre as serpentinas, formando uma película de água.
  - Ventiladores forçam a passagem de ar através das serpentinas molhadas.
  - Parte dessa água evapora, retirando calor das serpentinas através do calor latente de vaporização — um processo extremamente eficiente.
  - O refrigerante esfria e condensa, retornando ao estado líquido.
  - A água que não evaporou retorna para a bacia e é reutilizada.

Este processo permite que o condensador evaporativo opere com temperaturas de condensação muito menores do que as possíveis em condensadores a ar.



### 3. O que é TBU e por que ela importa

A capacidade do condensador evaporativo depende fundamentalmente da Temperatura de Bulbo Úmido (TBU), que é uma medida meteorológica que combina:

- Temperatura do ar
- Umidade relativa
- Capacidade de evaporação do ambiente

Em termos simples, quanto menor a TBU, maior a capacidade do condensador rejeitar calor.

Isso ocorre porque a TBU define o limite teórico de quanto calor pode ser retirado da água por evaporação.

**Ou seja:** o desempenho do condensador segue a TBU, e não a temperatura do ar (TBS).

**Em um dia quente e seco:**

**TBU é baixa → O condensador trabalha muito bem.**

**Em um dia quente e úmido:**

**TBU é alta → O condensador perde eficiência.**

Essa dependência explica por que plantas industriais em regiões secas ou cidades mais frias têm desempenho muito superior.

### 4. O impacto da TBU no consumo de energia do sistema

Quando a TBU está baixa, o condensador consegue operar com temperaturas e pressões de condensação menores, reduzindo o trabalho exigido dos compressores. Como os compressores são os maiores consumidores de energia elétrica do sistema, pequenas reduções na pressão de condensação geram impactos expressivos no consumo total.

Entretanto, abaixar a temperatura de condensação indefinidamente nem sempre é a melhor estratégia. Para rejeitar calor, os condensadores evaporativos dependem do funcionamento de ventiladores e bombas.

À medida que a temperatura de condensação se aproxima demais da TBU, a capacidade de rejeição de calor do condensador cai drasticamente, exigindo a instalação de mais condensadores — o que aumenta o investimento, o consumo energético e o custo operacional.

Existe, portanto, um ponto ótimo de operação, no qual o sistema alcança o melhor equilíbrio entre:

- Redução do consumo dos compressores
- Aumento do consumo dos condensadores (ventiladores + bombas).

Identificar esse ponto ótimo exige conhecer, além de características operacionais e construtivas da planta, a TBU real da planta, medida localmente. E é exatamente esse ponto ótimo dinâmico que fundamenta a **Condensação Flutuante**.

# O CONCEITO DA CONDENSAÇÃO FLUTUANTE

**Seu Sistema de Refrigeração Pode Ser Até 36% Mais Eficiente\*. O Segredo Está no Clima!**

A refrigeração industrial responde por 30 % a 80 % do consumo elétrico em muitas plantas alimentícias, frigoríficas e de bebidas. Pequenas variações nas condições de condensação representam milhares de reais em energia por mês. A Condensação Flutuante não é uma tecnologia nova, mas sim um princípio de controle inteligente. Trata-se de abandonar a prática ultrapassada de operar o sistema com uma pressão de condensação fixa (dimensionada para atender os dias mais quentes do ano) e permitir que essa pressão flutue ou se ajuste de acordo com as condições climáticas reais.

## O Problema que a Condensação Flutuante Resolve:

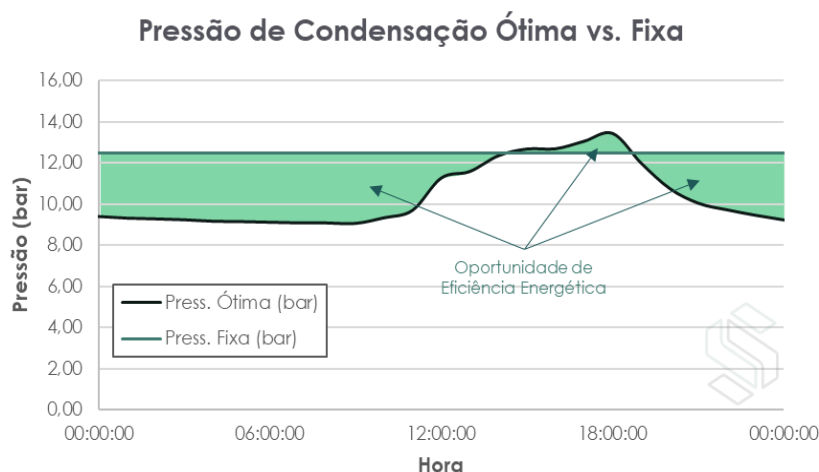
- **Pressão de Condensação Fixa (Consumo Elevado):** O sistema mantém ao longo do ano uma condição de condensação definida para cenários mais severos, mesmo em períodos em que as condições climáticas permitiriam operar com pressões menores e maior eficiência.
- **Desperdício Energético:** Isso força os compressores a trabalharem contra uma pressão artificialmente alta o tempo todo, consumindo energia elétrica excessiva.

## Como Funciona a Solução:

Em vez de um setpoint fixo (ex.: 12,5 bar), um sistema com condensação flutuante ajusta continuamente a pressão de condensação para um ponto ótimo que as condições climáticas do momento permitam. Isso aumenta imediatamente a performance do ciclo, o que significa:

- Menor trabalho para os compressores
- Redução imediata do consumo de energia
- Aumento da capacidade de refrigeração

## O Gráfico Ilustra o Princípio:



A linha inferior (Pressão Ótima) representa o caminho da eficiência máxima, que varia com o clima. Note que não necessariamente a pressão ótima será a mínima, mas sim aquela que proporciona o maior coeficiente de performance do ciclo (COP), de acordo com o clima naquele momento. A área hachurada entre ela e a linha superior (Pressão Fixa) visualiza a oportunidade de economia energética desperdiçada diariamente por um sistema convencional. Esta é a lacuna que a condensação flutuante busca eliminar.

# O PROBLEMA DOS DADOS MÉDIOS

## As Distorções Críticas das Metodologias Convencionais.

Durante muito tempo, a avaliação da condensação flutuante foi conduzida com base em métodos simplificados, que até podem parecer tecnicamente coerentes em papel, mas que falham ao representar a realidade operacional de uma planta frigorífica.

Essas metodologias tornaram-se o padrão do mercado — e são exatamente elas que geram diagnósticos imprecisos, projeções irreais de economia e decisões de investimento extremamente arriscadas.

A seguir, mostramos onde esse modelo tradicional falha e por que ele não pode ser usado como base confiável para tomada de decisão.

### 1. Uso de Dados Climáticos Genéricos (Internet)

A prática mais comum é calcular a “TBU média anual” com dados climáticos obtidos de sites públicos ou bancos meteorológicos regionais.

O problema é que:

- Não refletem as condições climáticas locais da planta
- Muitas cidades sequer possuem estação meteorológica próxima
- Pequenas diferenças de umidade e temperatura alteram drasticamente a TBU.

**Resultado:** modelos baseados em clima genérico erram por margem ampla, superestimando economia ou inviabilizando projetos eficientes.

### 2. Pressão de Condensação Estimada

Grande parte das plantas não possui registro histórico da pressão de condensação, e o valor utilizado no estudo é “o que o operador costuma ver”.

Isso gera três distorções graves:

- A pressão é tratada como valor fixo, quando na verdade oscila ao longo do dia
- A condição “vista” pelo operador é frequentemente de pico, e não a condição típica
- Não há distinção entre inverno, verão, madrugada ou carga parcial

**Ou seja:** a base do cálculo é um chute — mas o investimento é real.

### 3. Modelos Simplificados Baseados Apenas na TBU

A maioria dos estudos utiliza equacionamentos desenvolvidos para segmentos específicos, muitas vezes com:

- Ajustes polinomiais para faixas restritas de aplicação
- Dependência apenas da TBU local, e não de todas as características da sua planta
- Foco exclusivo nos compressores

Esses modelos não consideram:

- Consumo de ventiladores dos condensadores, e bombas de recirculação

- Características do seu ciclo de refrigeração como: tipo de compressores, sistema de compressão, tipo de resfriamento de óleo, cargas térmicas, perdas de carga, entre outras variáveis
- Análise de sazonalidade climática

**Resultado:** projeções de economia superdimensionadas, incapazes de refletir o verdadeiro ponto ótimo do sistema.

#### 4. Abordagem por Médias — o Maior Erro de Todos

Como já mencionado anteriormente, o equívoco recorrente é calcular oportunidades de economia usando:

- TBU média anual
- Pressão de condensação média anual
- Condições de projeto

O gráfico ao lado evidencia que, em conjuntos de dados sujeitos às variações climáticas ao longo do dia e do ano, os valores médios podem não representar adequadamente as condições reais de operação. A concentração dos dados em faixas significativamente afastadas da média cria uma defasagem entre o valor utilizado no cálculo e as condições efetivamente observadas pelo sistema.

Sistemas de refrigeração não operam em média. Eles operam com pico, vale, sazonalidade, variação horária e cargas flutuantes.

O impacto disso é enorme:

- Se a temperatura do ar muda, o ponto ótimo muda.
- Se a umidade relativa do ar muda, o ponto ótimo muda.
- Se a carga muda, o ponto ótimo muda.
- Se a configuração de operação dos compressores muda, o ponto ótimo muda.

**Ou seja:** não existe um único ponto ótimo capaz de representar adequadamente todo o ano, o mês ou mesmo um dia de operação. O que existem são milhares de condições ótimas — uma para cada situação real registrada.

#### Conclusão: Por Que Isso Leva a Decisões Ruins?

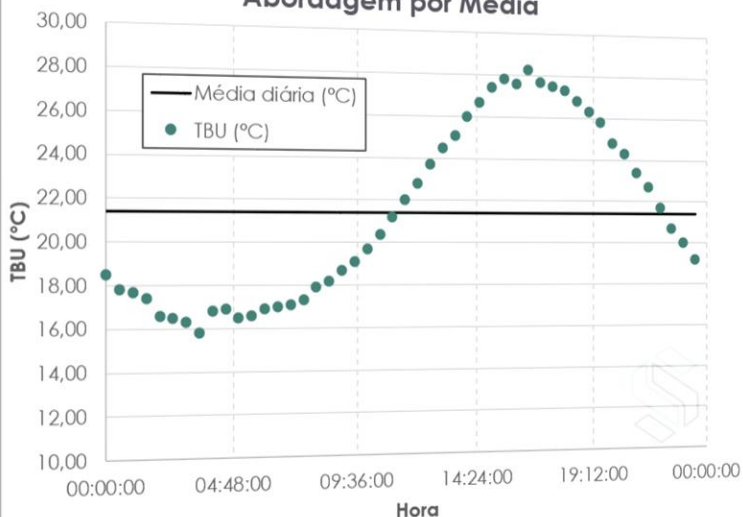
A combinação de dados climáticos genéricos, pressão de condensação estimada, modelos matemáticos simplificados, uso de médias e análise parcial de impacto energético apenas nos compressores, acaba por criar uma ilusão de precisão. É um estudo que parece técnico, mas não tem aderência real à planta.

O resultado costuma ser:

- Mobilização financeira para investimento com base em projeções irreais
- Prazo de retorno muito maior do que o esperado

E é exatamente essa falta de precisão que abre caminho para o Dilema do investimento, apresentado no próximo capítulo.

Abordagem por Média



# O DILEMA DO INVESTIMENTO

**Quanto Maior a Economia, Mais Arriscado se Torna o Investimento para Economizar.**

A lógica parece infalível: implementar a condensação flutuante gera economia de energia. Portanto, o retorno sobre o investimento (ROI) é questão de tempo. No entanto, essa simplicidade esconde uma armadilha financeira que prende muitas indústrias em um ciclo de operação ineficiente.

## **Os Dois Lados do Dilema:**

### **1. O Custo da Ineficiência é Alto, mas Variável.**

- Você sabe que está perdendo dinheiro, mas não sabe exatamente quanto. Sem uma quantificação precisa, o custo da ineficiência é uma abstração. O investimento para corrigi-lo, porém, é concreto e expressivo.

### **2. O Investimento para Corrigir é Alto, e o Retorno é uma Incógnita.**

- A modernização do sistema de condensação exige um CAPEX significativo em inversores, sensores, automação e, muitas vezes, novos condensadores. Tomar esta decisão baseando-se em projeções abstratas é como assinar um cheque em branco.

## **O Resultado é a Paralisia Decisória:**

- **Para Indústrias de Pequeno e Médio Porte:** O valor do investimento é proibitivo. A falta de um estudo confiável que detalhe o retorno faseado impossibilita a aprovação do projeto.
- **Para Grandes Indústrias:** Apesar do capital disponível, a ausência de um ROI preciso e a possibilidade de um payback muito mais longo que o projetado, tornam o investimento injustificável perante a diretoria.

# DA INCERTEZA À DECISÃO

## Quando Medir Antes de Investir Muda a Decisão

A própria magnitude do desperdício energético justifica a necessidade de agir. Porém, quando a correção exige um investimento elevado, tomar essa decisão sem conhecer com segurança o retorno esperado pode se tornar difícil de justificar. Você fica preso entre:

Seguir operando com custos energéticos inflados, perdendo competitividade.

Apostar um capital vultoso em um projeto com retorno incerto, baseado em estimativas que ignoram a realidade da sua planta.

Esta é a armadilha que mantém muitas indústrias presas em um ciclo de ineficiência crônica, onde o custo da inação acaba sendo maior que o custo da ação, mas a falta de clareza impede o movimento.

O Estudo de Impacto Energético da SOLVE é a chave para solucionar esse dilema.



Trata-se de um diagnóstico energético voltado à tomada de decisão. A partir de monitoramento realizado na planta e de modelagem computacional, a SOLVE quantifica a diferença entre a condição atual e a condição de maior eficiência, traduzindo esse potencial em economia financeira.

Com o EIE-CF em mãos, o gestor não precisa mais “acreditar” em projeções genéricas. Ele pode:

- **Quantificar o Custo Real da Ineficiência:** Verificar, com precisão, o valor financeiro mensal e anual que está sendo desperdiçado.
- **Planejar o Investimento:** Identificar quais intervenções apresentam maior potencial de retorno e estabelecer uma estratégia de implantação por etapas.
- **Estruturar a Implementação em Etapas:** Seguir um roteiro que prioriza o retorno, permitindo que os próprios ganhos iniciais financiem as fases subsequentes do projeto.

# O PROCESSO: DA MEDIÇÃO À DECISÃO

# 8

Coleta de Dados, Inteligência Computacional e Clareza Estratégica

## 1. AQUISIÇÃO DE DADOS LOCAIS

Instalamos uma estação meteorológica e sensores de pressão dedicados na planta, realizando o monitoramento contínuo da Temperatura de Bulbo Seco (TBS), Umidade Relativa (UR), Pressão Atmosférica e Pressão de Condensação ao longo do período de estudo.

## 2. TRANSMISSÃO FLEXÍVEL E ROBUSTA

Os dados são transmitidos em tempo real via:

- **Tecnologia LoRaWAN®:** Comunicação sem fio de longo alcance e baixíssimo consumo, ideal para plantas de grande porte ou com infraestrutura complexa.
- **Rede Cabeada:** Solução robusta para integração com o servidor, ideal para situações em que a comunicação sem fio não é possível.

## 3. OTIMIZAÇÃO COMPUTACIONAL PROPRIETÁRIA

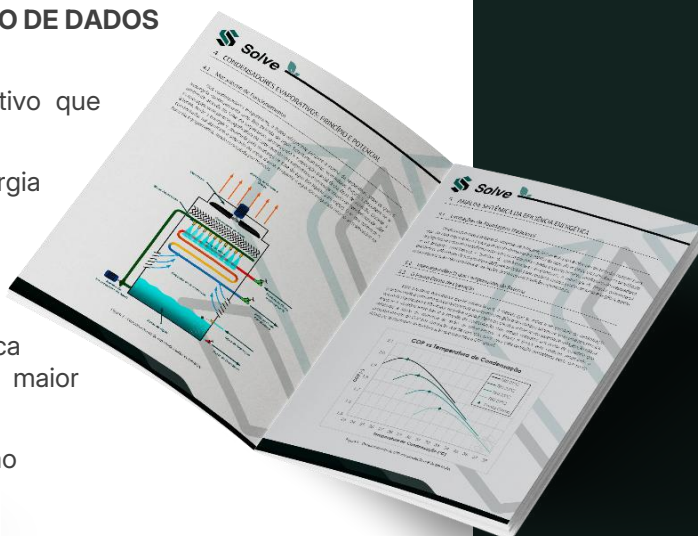
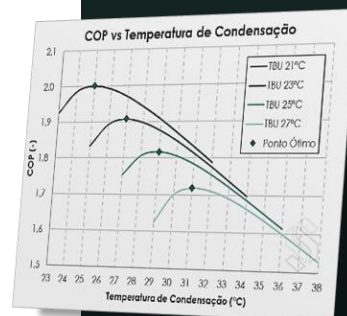
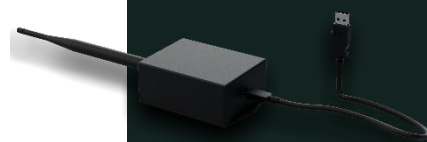
Cada ponto de dados é processado pelo **SOLVE OCP** (*Optimum Condensation Pressure*), nosso software de simulação termodinâmica. Ele calcula, para cada instante, diversos parâmetros de um ciclo termodinâmico, possibilitando calcular:

- O COP Real do seu sistema.
- O COP Ótimo, considerando o consumo integrado de compressores, ventiladores e bombas.

## 4. RELATÓRIO EIE-CF: A TRADUÇÃO DE DADOS COMPLEXOS EM SOLUÇÃO

O produto final é um documento executivo que detalha:

- Potencial de Economia de Energia Quantificado
- Projeção Financeira Anual (R\$) baseada na tarifa real.
- Análise de Sazonalidade: Identifica os períodos do ano de maior oportunidade.
- Estratégia de Implementação Gradual: Indica onde e quando investir para obter o máximo retorno com o mínimo de CAPEX inicial.



# NOSSO SOFTWARE

## A Inteligência por Trás dos Números

O SOLVE OCP é o cérebro da nossa operação. Um desenvolvimento interno que encapsula anos de expertise em modelagem termodinâmica.



### Modelo SOLVE OCP

- ✓ **Sistêmico:** Modela o ciclo completo, incluindo o equilíbrio entre economia nos compressores e consumo dos condensadores.
- ✓ **Dinâmico:** Simula o ponto ótimo para cada condição climática e de carga, em tempo real.
- ✓ **Calibrado:** Ajustado com as curvas de desempenho reais dos seus equipamentos.
- ✓ **Estratégico:** Gera informações acionáveis para uma implementação faseada.

### Modelos Convencionais

- ✗ Foca apenas nos compressores, gerando projeções infladas.
- ✗ Utiliza valores médios e condições de projeto estáticas.
- ✗ Aplica modelos genéricos
- ✗ Entregam apenas um número final, sem um roteiro de implementação.



## Entre em Contato

---



+55 (43) 99114-0342



[engenharia@engenhariasolve.com.br](mailto:engenharia@engenhariasolve.com.br)



[www.engenhariasolve.com.br](http://www.engenhariasolve.com.br)