



Pós Graduação Lato Sensu

Engenharia de **Movimentação** **de Fluidos e Equipamentos** **Industriais**



Coordenador Micelli R. Camargo



ENGENHARIA & CIA
Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

Apresentação Acadêmica e Profissional do Curso



**Engenharia de Movimentação de Fluidos e
Equipamentos Industriais**

Cordenador de Curso Micelli R. Camargo

São Paulo, 09 de Janeiro de 2025



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

Índice:

PROGRAMA PEDAGÓGICO DO CURSO (PPC)	5
1. JUSTIFICATIVA DO CURSO	5
2. OBJETIVOS CURSO	5
2.1. Objetivo Geral	5
2.2. Objetivos Específicos	5
3. SOBRE O COORDENADOR DO CURSO	6
4. PÚBLICO ALVO	7
5. PERFIL DO EGRESSO	7
6. COMPETÊNCIAS E HABILIDADES	8
6.1. Competências Técnicas	8
6.2. Competências Profissionais	8
7. PARCERIAS INSTITUCIONAIS E ESTRUTURA ACADÊMICA DO PROGRAMA	9
8. ESTRUTURA CURRICULAR	11
8.1. Fundamentos de Mecânica dos Fluidos – 40 horas	11
8.1.1. Objetivo do Módulo	11
8.1.2. Ementa	11
8.1.3. Conteúdo Programático Detalhado	11
8.1.4. Resultados de Aprendizagem	14
8.2. Bombas Centrífugas – 30 horas	14
8.2.1. Objetivo do Módulo	14
8.2.2. Ementa	14
8.2.3. Conteúdo Programático Detalhado	14
8.2.4. Resultados de Aprendizagem	17
8.3. Bombas de Deslocamento Positivo – 30 horas	17
8.3.1. Objetivo do Módulo	17
8.3.2. Ementa	17
8.3.3. Conteúdo Programático Detalhado	18
8.3.4. Resultados de Aprendizagem	19
8.4. Fundamentos das Instalações Para Líquidos, Gases e Vapores – 40 horas	20
8.4.1. Objetivo do Módulo	20
8.4.2. Ementa	20
8.4.3. Conteúdo Programático Detalhado	20
8.4.4. Resultados de Aprendizagem	23



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

8.5.	Dimensionamento de Bombas – 20 horas	24
8.5.1.	Objetivo do Módulo.....	24
8.5.2.	Ementa	24
8.5.3.	Conteúdo Programático Detalhado	25
8.5.4.	Resultados de Aprendizagem	26
8.6.	Compressores, Sopradores e Ventiladores – 40 horas	26
8.6.1.	Objetivo do Módulo.....	26
8.6.2.	Ementa	26
8.6.3.	Conteúdo Programático Detalhado	27
8.6.4.	Resultados de Aprendizagem	29
8.7.	Sistemas Sujeitos a Vácuo e as Bombas de Vácuo – 30 horas	29
8.7.1.	Objetivo do Módulo.....	29
8.7.2.	Ementa	29
8.7.3.	Conteúdo Programático Detalhado	29
8.7.4.	Resultados de Aprendizagem	31
8.8.	Transferência de Calor Aplicada – 40 horas.....	32
8.8.1.	Objetivo do Módulo.....	32
8.8.2.	Ementa	32
8.8.3.	Conteúdo Programático Detalhado	32
8.8.4.	Resultados de Aprendizagem	36
8.9.	Vedação Industrial e a Segurança Industrial – 20 horas	36
8.9.1.	Objetivo do Módulo.....	36
8.9.2.	Ementa	37
8.9.3.	Conteúdo Programático Detalhado	37
8.9.4.	Resultados de Aprendizagem	39
8.10.	Normas Técnicas Aplicadas Aos Sistemas de Bombeamentos, Gases e Vapor	40
8.10.1.	Objetivo do Módulo.....	40
8.10.2.	Ementa	40
8.10.3.	Conteúdo Programático Detalhado	40
8.10.4.	Resultados de Aprendizagem	42
8.11.	Introdução à Manutenção Baseada na Condição	43
8.11.1.	Objetivo do Módulo.....	43
8.11.2.	Ementa	43
8.11.3.	Conteúdo Programático Detalhado	43



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

8.11.4.	Resultados de Aprendizagem	44
9.	FAQ'S - PERGUNTAS FREQUENTES	45
9.1.	O curso é reconhecido pelo MEC?	45
9.2.	Quem pode se inscrever nesta Pós-Graduação?	45
9.3.	O curso é presencial ou a distância?	45
9.4.	As aulas ficam gravadas?	45
9.5.	Como funciona o ingresso contínuo?	46
9.6.	Entrar depois não prejudica meu aprendizado?	46
9.7.	Qual é a duração do curso?	46
9.8.	O módulo internacional é obrigatório?	46
9.9.	O curso possui TCC?	46
9.10.	Qual é o foco do curso?	46
9.11.	Ao final do curso, qual certificado recebo?	47
9.12.	Quando o curso tem início?	47
9.13.	Fazer a pré-inscrição gera algum compromisso?	47
9.14.	Como faço para me inscrever?	47



PROGRAMA PEDAGÓGICO DO CURSO (PPC)

1. JUSTIFICATIVA DO CURSO

O setor industrial brasileiro, abrangendo petróleo e gás, saneamento, mineração, siderurgia, papel e celulose, alimentos e bebidas, farmacêutica e químico-petroquímico depende fortemente da operação de sistemas de movimentação de fluidos: bombas centrífugas e de deslocamento positivo, compressores, ventiladores, sopradores, sistemas de vácuo, válvulas, tubulações, selagem industrial e equipamentos auxiliares.

Contudo, observa-se uma lacuna significativa entre a formação acadêmica tradicional e as competências práticas exigidas nas plantas industriais. Profissionais frequentemente assumem posições de responsabilidade sem treinamento sólido em seleção, especificação, operação, diagnóstico e manutenção desses equipamentos críticos.

Diante dessa necessidade real e crescente, o curso propõe-se a oferecer uma formação avançada, aplicada e atual, conectando teoria, prática e engenharia de campo, de modo a elevar a confiabilidade, disponibilidade e segurança operacional dos sistemas industriais.

O curso ainda conta com módulo adicional de Certificação Internacional (instituição norte-americana), agregando diferencial competitivo relevante no mercado nacional e internacional.

2. OBJETIVOS CURSO

2.1. Objetivo Geral

Capacitar engenheiros e profissionais afins para atuar com excelência técnica na análise, seleção, especificação, operação e manutenção de sistemas de movimentação de fluidos e equipamentos industriais, alinhando fundamentos teóricos, normas técnicas, práticas de campo e ferramentas modernas de diagnóstico e confiabilidade.

2.2. Objetivos Específicos

- Compreender o comportamento de fluidos em sistemas industriais.
- Interpretar curvas de bombas, compressores e ventiladores.
- Projetar e analisar sistemas de bombeamento e redes hidráulicas.
- Selecionar equipamentos com base em critérios técnicos e econômicos.
- Identificar modos de falha, realizar diagnósticos e propor soluções.
- Aplicar técnicas de manutenção preditiva, preventiva e corretiva.
- Avaliar riscos e segurança operacional em ambientes industriais.
- Desenvolver visão sistêmica sobre confiabilidade e disponibilidade.
- Usar metodologias e ferramentas de engenharia para melhoria contínua.
- Compreender bases de selagem, materiais e resistência mecânica aplicada.
- Integrar conceitos de gestão industrial e engenharia de ativos.



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

3. CONTATOS E INSCRIÇÃO

- Email: contato@engenhariaecia.com
- Fone | Whats: 11 95696 7808
- Site: www.engenhariaecia.com/pos

4. SOBRE O COORDENADOR DO CURSO

Formação Acadêmica

Micelli Camargo é Engenheiro Mecânico pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), Mestre em Ciência pela Universidade de São Paulo (USP/IPEN) na área de Tecnologia Nuclear, com especialização em Didática do Ensino Superior pela Uniderp e MBA Executivo em Marketing pela FGV.



Experiência Profissional

Possui mais de 20 anos de experiência profissional, sendo 16 no setor de bombas e equipamentos industriais.

Atualmente, atua como consultor e instrutor técnico na Engenharia e Cia e em empresas de referência no mercado, como OMEL, Vallair, Samech Vedações e Embraseal.

Atuação como Professor

Com mais **de 25 anos de experiência docente**, lecionou Engenharia Mecânica em universidades de São Paulo. Atualmente dedica-se a cursos técnicos e treinamentos especializados para engenheiros e profissionais da indústria.

Engenharia & Cia

Em 2016, fundou o canal Engenharia & Cia, que hoje conta com mais de 50.000 inscritos no YouTube e 130.000 no Linked In. Desde então, já treinou mais de 1.200 alunos em cursos presenciais e online, além de desenvolver materiais técnicos e softwares exclusivos, como a Calculadora de Dimensionamento de Bombas.

Missão Profissional

Combinando teoria sólida, prática de campo e experiência docente, Micelli Camargo dedica-se a transformar conhecimento técnico em aprendizado acessível e aplicável, contribuindo para a formação e atualização de engenheiros, técnicos e profissionais da indústria.

Dúvidas sobre o curso, entre em contato:



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

✉ contato@engenhariaecia.com

🌐 www.engenhariaecia.com

Fone | WhatsApp: +55 11 95696 7808

5. PÚBLICO ALVO

Engenheiros, tecnólogos e profissionais com curso superior atuantes nos setores:

- petróleo e gás (onshore e offshore)
- saneamento
- mineração
- energia
- papel e celulose
- químico-petroquímico
- alimentos e bebidas
- siderurgia
- manufatura em geral

Profissionais de áreas como mecânica, elétrica, automação, química, produção, manutenção e correlatas são bem-vindos.

6. PERFIL DO EGRESSO

O egresso será um profissional com visão avançada e integrada dos sistemas de movimentação de fluidos e dos principais equipamentos industriais que compõem esses processos. Ao final da especialização, estará apto a aplicar conceitos modernos de engenharia, analisar cenários operacionais complexos e propor soluções técnicas com base em eficiência, confiabilidade e segurança.

O profissional formado será capaz de:

- interpretar e analisar o comportamento hidráulico de sistemas de bombeamento;
- realizar diagnósticos de falhas e identificar causas raiz em bombas, compressores e equipamentos associados;
- selecionar e especificar equipamentos industriais considerando requisitos operacionais, energéticos e normativos;
- avaliar condições operacionais e propor estratégias de melhoria e otimização;
- compreender práticas de manutenção, integridade e confiabilidade aplicadas ao ambiente industrial;
- elaborar relatórios e análises técnicas de alta qualidade;
- interagir com equipes multidisciplinares, fabricantes e prestadores de serviço de forma tecnicamente consistente;
- atuar com visão crítica, sistêmica e fundamentada em normas técnicas nacionais e internacionais.

Nota institucional:



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

As competências desenvolvidas neste curso aprimoram a prática profissional do aluno, sem implicar ampliação de atribuições legais ou regulamentares, que permanecem vinculadas à formação acadêmica de origem e às normas específicas de cada categoria profissional.

7.COMPETÊNCIAS E HABILIDADES

O curso desenvolve competências técnicas e profissionais avançadas voltadas à análise, operação, seleção e avaliação de sistemas de movimentação de fluidos e equipamentos industriais, promovendo a evolução da prática profissional do aluno em sua área de formação.

7.1. Competências Técnicas

Ao concluir o curso, o aluno estará apto a:

- aplicar princípios de mecânica dos fluidos em sistemas industriais;
- interpretar e analisar curvas de bombas, compressores, ventiladores e equipamentos auxiliares;
- identificar e diagnosticar falhas como cavitação, vibração, desgaste e problemas operacionais;
- avaliar o comportamento hidráulico de sistemas de bombeamento e redes de tubulação;
- compreender critérios técnicos de seleção, especificação e desempenho de equipamentos;
- aplicar conceitos de materiais, corrosão, compatibilidade e selagem industrial;
- utilizar práticas de manutenção, integridade e confiabilidade para melhoria operacional;
- analisar eficiência energética e propor estratégias de otimização de sistemas;
- interpretar e aplicar normas técnicas nacionais e internacionais relacionadas à operação e manutenção.

7.2. Competências Profissionais

O aluno também desenvolverá habilidades para:

- realizar análises técnicas fundamentadas e propor soluções embasadas;
- comunicar-se com clareza com equipes multidisciplinares e fabricantes;
- elaborar relatórios e pareceres técnicos compatíveis com sua área de atuação;
- apoiar atividades de liderança técnica, tomada de decisão e gestão integrada de ativos;
- compreender práticas de planejamento, operação e manutenção em ambientes industriais.



8. PARCERIAS INSTITUCIONAIS E ESTRUTURA ACADÊMICA DO PROGRAMA

A Pós-Graduação Lato Sensu em **Engenharia de Movimentação de Fluidos e Equipamentos Industriais** é estruturada por meio de parcerias institucionais e acadêmicas que asseguram a regularidade junto ao Ministério da Educação (MEC), a qualidade técnico-pedagógica do curso e a ampliação da formação profissional dos alunos, em âmbito nacional e internacional.

A concepção técnica, o desenvolvimento do conteúdo programático, a coordenação acadêmica do curso e a orientação prática aplicada são de responsabilidade da **Engenharia & Cia**, plataforma especializada em treinamentos técnicos, cursos, softwares e consultoria em engenharia mecânica, com foco em bombas, equipamentos industriais e sistemas de movimentação de fluidos.

A Engenharia & Cia atua como instituição proponente e coordenadora técnica do programa, garantindo a aderência do curso às demandas reais da indústria e à aplicação prática de campo.

No âmbito institucional e acadêmico, o curso conta com a parceria do **Instituto Sendtko de Ensino Superior**, responsável pela coordenação institucional, apoio à gestão acadêmica e intermediação dos trâmites administrativos e documentais necessários à formalização e acompanhamento do curso junto à instituição certificadora. O Instituto Sendtko possui experiência na articulação de programas de pós-graduação lato sensu e atua como instituição parceira na organização da estrutura acadêmica, secretaria, registros e suporte administrativo.



Ressalta-se que o Instituto Sendtko de Ensino Superior é a mesma instituição parceira que atua, junto ao MEC, na organização e regularização acadêmica do curso de pós-graduação do comunicador científico **Sérgio Sacani**, o que reforça sua experiência institucional e capacidade de intermediação acadêmica.

A **Faculdade de Governança, Engenharia e Educação de São Paulo (FGE-SP)** é a instituição de ensino superior responsável pelo **registro, autorização, regularidade acadêmica e certificação do curso junto ao Ministério da Educação (MEC)**, assegurando a validade nacional do diploma de Pós-Graduação Lato Sensu, em conformidade com a legislação educacional vigente.



A FGE-SP é reconhecida nacionalmente por sua atuação na oferta de programas de pós-graduação e responde formalmente pela certificação acadêmica do curso no Brasil.

O curso encontra-se **devidamente vinculado à FGE-SP no sistema e-MEC**, sendo esta a instituição legalmente responsável pela emissão do diploma e pela supervisão acadêmica formal do programa no território nacional.



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria

Engenharia que conecta teoria à prática industrial

Instituição de Educação Superior

Endereço

Especialização

DETALHES

DETALHES DA IES

(Código) Nome da IES:

(23381)FACULDADE DE GOVERNANÇA, ENGENHARIA E EDUCAÇÃO DE SÃO PAULO - FGE-SP

Situação: Ativa

Cadastro Nacional de Cursos de Especialização (Lato sensu) - Educação a Distância

Denominação: Engenharia de Movimentação de Fluidos e Equipamentos Industriais

Área: 07 - Engenharia, produção e construção

Carga horária: 360 Horas

Duração: 12 (meses)

Data de início da oferta: 25/07/2025

Modalidade: Educação a Distância

Documento de Criação do Curso:

Situação de Funcionamento Atual: Ativo

Grau: Lato-sensu

Periodicidade de oferta: Eventual

Quantidade de vagas: 150

Data do Documento: 22/07/2025

Quantidade Total EGRESSOS: 50

DADOS DO COORDENADOR

Nome: Micelli Rodrigues Camargo

Titulação Máxima : Mestrado

Vínculo Empregatício: CLT

Regime de Trabalho: Integral

ENDEREÇOS DE OFERTA DA ESPECIALIZAÇÃO

Endereço	CEP	Município	UF
Rua Jardim Europa - D, 1477, Esplanada,	89812-585	Chapécó	SC

Curso de Graduação Vinculado: Não possui vínculo

Consulte o registro do curso no site do MEC [CLICANDO AQUI](#).

No contexto internacional, o programa conta com parceria com o [Science, Technology, and Advanced Research Institute \(STAR Research Institute\)](#), instituição de pesquisa científica e ensino tecnológico sediada nos Estados Unidos. Essa parceria possibilita ao aluno o acesso a um **módulo internacional adicional**, estruturado no formato de **Programa de Pós-Bacharelado (Post-Baccalaureate Program)**, com foco no desenvolvimento de projetos técnicos aplicados, construção de portfólio profissional e ampliação da experiência acadêmica em contexto internacional.



Ao final do percurso formativo, o aluno poderá obter **dupla certificação**, sendo:

- **Brasil:** Diploma de Pós-Graduação Lato Sensu, emitido pela Faculdade de Governança, Engenharia e Educação de São Paulo (FGE-SP), instituição responsável pelo registro e certificação do curso junto ao MEC;
- **Estados Unidos:** Certificação internacional no formato de Post-Baccalaureate Program, emitida pelo STAR Research Institute.



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

As certificações são **complementares e independentes**, não havendo substituição entre elas.

Essa estrutura de parcerias foi concebida para oferecer uma formação diferenciada, integrando sólida base técnica, aplicação prática de campo e visão internacional, ampliando as possibilidades de atuação profissional do egresso e seu posicionamento no mercado nacional e internacional.

9. ESTRUTURA CURRICULAR

O curso está dividido nos seguintes módulos:

- Fundamentos de Mecânica dos Fluidos – 40 horas
- Bombas Centrífugas – 30 horas
- Bombas de deslocamento positivo – 30 horas
- Fundamentos das Instalações Para Líquidos, Gases e Vapores – 40 horas
- Dimensionamento de Bombas – 20 horas
- Compressores, Sopradores e Ventiladores – 40 horas
- Sistemas Sujeitos a Vácuo e as Bombas de Vácuo – 30 horas
- Transferência de Calor Aplicada – 40 horas
- Vedação Industrial e a Segurança Industrial – 20 horas
- Normas Técnicas Aplicadas Aos Sistemas de Bombeamentos, Gases e Vapor – 10 horas
- Introdução à Manutenção Baseada na Condição – 20 horas

9.1. Fundamentos de Mecânica dos Fluidos – 40 horas

9.1.1. Objetivo do Módulo

Introduzir ao aluno os fundamentos essenciais da mecânica dos fluidos aplicados a sistemas industriais, abrangendo propriedades básicas dos fluidos, estática, dinâmica, equação de energia, cálculo de perdas de carga e noções fundamentais sobre escoamentos transitórios.

9.1.2. Ementa

Fundamentos de mecânica dos fluidos aplicados a sistemas industriais. Propriedades dos fluidos. Estática dos fluidos: pressão, princípios de Stevin e Pascal, medição e carga de pressão. Cinemática e dinâmica: regimes de escoamento, número de Reynolds, equação da continuidade e medição de vazão. Equação da energia. Perdas de carga distribuídas e localizadas. Introdução aos escoamentos transitórios, golpe de aríete e cálculo básico pela fórmula de Joukowsky.

9.1.3. Conteúdo Programático Detalhado

1. Propriedades dos Fluidos

- 1.1. Conceito técnico de fluido?
- 1.2. Massa específica



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

- 1.3. Peso específico
- 1.4. Densidade relativa ou gravidade específica
- 1.5. Viscosidade dinâmica ou absoluta
- 1.6. Viscosidade cinemática ou relativa
- 1.7. Tensão superficial
- 1.8. Capilaridade
- 1.9. Classificação dos fluidos
 - 1.9.1. Fluidos newtonianos
 - 1.9.2. Fluidos não-newtonianos
 - 1.9.3. Viscosidade aparente

2. Estática dos Fluidos

- 2.1. Pressão: conceito, unidades e conversões
- 2.2. Tipos Pressão:
 - 2.2.1. Pressão absoluta,
 - 2.2.2. Pressão relativa (manométrica e vacuométrica)
- 2.3. Pressão atmosférica
- 2.4. Princípio de Stevin
- 2.5. Princípio de Pascal
- 2.6. Conceito de carga de pressão
- 2.7. Vasos comunicantes
- 2.8. Medidores de pressão
 - 2.8.1. Piezômetro
 - 2.8.2. Manômetro em U
 - 2.8.3. Manômetro de Bourdon
 - 2.8.4. Transdutores de pressão

3. Cinemática e Dinâmica dos Fluidos

- 3.1. Escoamentos unidirecional, bidirecional e tridimensional
- 3.2. Escoamento laminar, turbulento e transição
- 3.3. Número de Reynolds e sua aplicação industrial
- 3.4. Escoamento incompressível
- 3.5. Escoamento compressível
- 3.6. Conceito de vazão
 - 3.6.1. Volumétrica
 - 3.6.2. Em massa
- 3.7. Lei de conservação da massa
- 3.8. Equação da continuidade
- 3.9. Medidores de vazão
 - 3.9.1. Venturi com manômetro em U
 - 3.9.2. Eletromagnético
 - 3.9.3. Ultrassônico
 - 3.9.4. Coriolis

4. Equação de Energia

- 4.1. Tipos de energia associados ao fluido
- 4.2. Conceito de altura de energia



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

- 4.3. Equação de Bernoulli
- 4.4. Equação de Bernoulli na presença de uma máquina
- 4.5. Conceito de perda de carga
- 4.6. Equação da energia para fluidos incompressíveis, na presença de uma máquina geradora
- 4.7. Equação da energia para fluidos compressíveis, na presença de uma máquina
- 4.8. Equação da energia aplicada a uma instalação

5. Cálculo de Perdas de Carga

- 5.1. Perdas distribuídas
 - 5.1.1. Conceito físico e importância
 - 5.1.2. Equação de Darcy-Weisbach (ou de perda de carga distribuída)
 - 5.1.3. Obtenção do Fator de atrito
 - 5.1.3.1. pelo diagrama de Moody
 - 5.1.3.2. pela equação de Colebrook
 - 5.1.3.3. pela equação de Swamee-Jain
 - 5.1.3.4. por outras fórmulas empíricas
 - 5.1.4. Cálculo de perda de carga distribuída pelo método da carga de pressão por comprimento de tubo.
- 5.2. Perdas localizadas
 - 5.2.1. Conceito
 - 5.2.2. Método do coeficientes Ks
 - 5.2.3. Método do comprimento equivalente (Leq)
 - 5.2.4. Método da pressão diferencial

6. Introdução aos Escoamentos Transitórios

- 6.1. Conceito de escoamento transitório
 - 6.1.1. Diferença entre regime permanente e transitório
 - 6.1.2. Quando o regime transitório aparece na indústria
 - 6.1.3. Condições que geram rápida variação de velocidade e pressão
- 6.2. Principais fenômenos transitórios
 - 6.2.1. Golpe de aríete (water hammer)
 - 6.2.1.1. Mecanismo físico
 - 6.2.1.2. Geração de ondas de pressão
 - 6.2.1.3. Efeitos em tubulações, bombas e conexões
 - 6.2.1.4. Exemplos reais de campo
 - 6.2.2. Separação de coluna / colapso de coluna
 - 6.2.2.1. Conceito e causas
 - 6.2.2.2. Formação de cavidades e pressões negativas
 - 6.2.2.3. Riscos operacionais e danos ao sistema
 - 6.2.3. Cálculo básico de sobrepressão — Fórmula de JOUKOWSKY
 - 6.2.3.1. Hipóteses da fórmula
 - 6.2.3.2. Velocidade de propagação da onda
 - 6.2.3.3. Pressão transitória gerada pela variação de velocidade
 - 6.2.3.4. Interpretação dos resultados para engenharia aplicada
 - 6.2.3.5. Como usar o cálculo para estimativas preliminares de risco



9.1.4. Resultados de Aprendizagem

Ao final do módulo, o aluno será capaz de:

- interpretar propriedades fundamentais dos fluidos e seus efeitos no escoamento;
- aplicar conceitos de pressão, carga e estática dos fluidos em sistemas reais;
- analisar regimes de escoamento e utilizar o número de Reynolds na classificação;
- aplicar a equação da continuidade e interpretar medições de vazão;
- aplicar a equação da energia em instalações industriais, com e sem máquinas;
- calcular perdas de carga distribuídas e localizadas em sistemas hidráulicos;
- compreender fenômenos transitórios, como golpe de aríete e separação de coluna;
- estimar sobrepressões transitórias usando a fórmula de Joukowsky.

9.2. Bombas Centrífugas – 30 horas

9.2.1. Objetivo do Módulo

Capacitar o aluno a compreender, analisar e aplicar os princípios de funcionamento, construção, desempenho e operação de bombas centrífugas em sistemas industriais. Ao final do módulo, o aluno será capaz de identificar componentes, interpretar curvas características, compreender o impacto dos principais parâmetros hidráulicos no ponto de operação, avaliar riscos como cavitação, selecionar arranjos de bombeamento e diagnosticar problemas comuns de instalação, operação e manutenção.

9.2.2. Ementa

Fundamentos das bombas e classificação geral. Construção, tipos e componentes das bombas centrífugas. Conceitos hidráulicos aplicados: alturas, pressão diferencial, potência, rendimento, perdas e NPSH. Princípios de funcionamento e curvas características. Ponto de operação, curva do sistema e variações de desempenho por rotação, diâmetro e viscosidade. Cavitação e BEP. Associação de bombas em série e paralelo. Noções de instalação, alinhamento, selagem e cuidados de manutenção. Problemas operacionais típicos, diagnóstico e práticas recomendadas em aplicações industriais.

9.2.3. Conteúdo Programático Detalhado

1. INTRODUÇÃO

- 1.1. Definição das Bombas
- 1.2. Classificação das Bombas Quanto à Transformação de Energia
 - 1.2.1. Bombas Hidrostáticas, Volumétricas ou de Deslocamento Positivo
 - 1.2.2. Bombas Hidrodinâmicas ou Bombas de Fluxo
 - 1.2.3. Comparativo entre Bombas Hidrostáticas e Hidrodinâmicas
- 1.3. Classificação das Bombas Quanto à Função
 - 1.3.1. Bombas de Transferência
 - 1.3.2. Bombas de Dosagem

2. Construção e Componentes



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

- 2.1. Introdução
- 2.2. Classificação de Bombas Centrífugas
 - 2.2.1. Quanto à orientação do eixo-rotor
 - 2.2.2. Quanto à Configuração Mecânica ou Suporte
 - 2.2.3. Quanto ao Número de Rotores
 - 2.2.4. Quanto às Conexões de Sucção e de Descarga
 - 2.2.5. Quanto ao Tipo de Rotor
- 2.3. Projetos Especiais
 - 2.3.1. Bombas Centrífugas Autoescorvantes
 - 2.3.2. Bombas Centrífugas Submersíveis
 - 2.3.3. Bomba Centrífuga com Rotor Vortex
 - 2.3.4. Bomba Centrífuga para Fluido Térmico
 - 2.3.5. Bomba Centrífuga Hermética ou Semi-Hermética
- 2.4. Componentes das Bombas Centrífugas
 - 2.4.1. Rotor
 - 2.4.2. Caixa Espiral, Voluta ou Corpo Espiral
 - 2.4.3. Difusor
 - 2.4.4. Eixo
 - 2.4.5. Luva de Proteção do Eixo
 - 2.4.6. Anéis de Desgastes ou Placas de Desgastes
 - 2.4.7. Caixa de Vedação
 - 2.4.8. Elementos de Vedação
 - 2.4.8.1. Gaxeta
 - 2.4.8.2. Selos Mecânicos
 - 2.4.8.3. Acoplamento Magnético Radial
 - 2.4.9. Suporte dos Mancais ou Cavalete ou Caixa de Mancais
 - 2.4.10. Mancais de Rolamentos
 - 2.4.11. Vedação da Caixa de Mancais
 - 2.4.11.1. Retentor
 - 2.4.11.2. Labirinto
 - 2.4.12. Acoplamento

3. CONCEITOS FUNDAMENTAIS RELACIONADOS ÀS BOMBAS

- 3.1. Altura Geométrica de Elevação (h_{geo})
- 3.2. Altura Manométrica (HB)
- 3.3. Pressão Diferencial (Δp)
- 3.4. Altura Manométrica versus Pressão Diferencial
- 3.5. Potência Hidráulica (P_h)
- 3.6. Potência de Eixo (P_e)
- 3.7. Rendimento
- 3.8. Fatores que Afetam o Rendimento
 - 3.8.1. Recirculações Internas
 - 3.8.2. Atrito Viscoso
 - 3.8.3. Fatores Hidrodinâmicos
- 3.9. NPSH
 - 3.9.1. NPSH Disponível e NPSH Requerido
- 3.10. Bombas Afogada e Não Afogada



3.11. Escorvamento

4. FUNCIONAMENTO DAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

- 4.1. Princípio de Funcionamento
- 4.2. Princípio de Funcionamento da Bomba Centrífuga Autoescorvante
- 4.3. Funcionamento de uma bomba centrífuga multi estágio
- 4.4. Curvas Características
 - 4.4.1. Altura manométrica (HB)
 - 4.4.2. Rendimento
 - 4.4.3. NPSHr
 - 4.4.4. Potência
- 4.5. Curva do Sistema (CS)
- 4.6. Ponto de Operação (PO)
- 4.7. Mudança das Curvas Da Bomba
 - 4.7.1. Mudança de curva pela rotação
 - 4.7.2. Mudança de curva pelo diâmetro
 - 4.7.3. Mudança da Curva pela viscosidade
- 4.8. O Que é BEP
- 4.9. Cavitação
- 4.10. Associação de Bombas em Paralelo
- 4.11. Associação de Bombas em Série

5. MONTAGEM E MANUTENÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

- 5.1. Montagem e Desmontagem
 - 5.1.1. Análise da vista explodida
 - 5.1.2. Análise do Desenho de Conjunto
- 5.2. Balanceamento
- 5.3. Alinhamento
 - 5.3.1. Principais Problemas Provocados
 - 5.3.2. Noções Básicas de Alinhamento
 - 5.3.3. Tipos de Desalinhamentos
 - 5.3.4. Métodos de Alinhamento
 - 5.3.4.1. Método Régua – Calibrador de Folga
 - 5.3.4.2. Relógio Comparador: Método Diâmetro-Face
 - 5.3.4.3. Alinhamento a Laser
- 5.4. Instalação de Retentores
 - 5.4.1. Velocidade Periférica
 - 5.4.2. Excentricidade
 - 5.4.3. Tolerância de Montagem
- 5.5. Instalação de Gaxetas
- 5.6. Instalação de Selos Mecânicos
- 5.7. Teste de Vazamento em Selos Mecânicos
- 5.8. Lubrificação de Mancais
- 5.9. Transporte da bomba

6. OPERAÇÃO



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

- 6.1. Primeira partida ou Pós-Manutenção
- 6.2. Procedimento pós-partida
- 6.3. Procedimento de parada
- 6.4. Escorvamento

7. PROBLEMAS MAIS COMUNS

- 7.1. Sem Descarga Líquida a Partir da Bomba
- 7.2. Descarga Líquida Insuficiente
- 7.3. Pressão Insuficiente
- 7.4. Consumo Excessivo de Energia ou Corrente Alta
- 7.5. Selo Mecânico Vaza Excessivamente ou Quebra Prematura

9.2.4. Resultados de Aprendizagem

Ao final do módulo, o aluno será capaz de:

1. Classificar bombas centrífugas quanto à construção, componentes, orientação de eixo, tipo de rotor e aplicações industriais.
2. Interpretar curvas características da bomba (altura, potência, rendimento e NPSHr) e relacioná-las com a curva do sistema.
3. Determinar o ponto de operação considerando condições reais de processo e variações de carga do sistema.
4. Avaliar riscos de cavitação analisando NPSHd, NPSHr e condições operacionais.
5. Explicar o impacto das alterações de rotação, diâmetro e viscosidade sobre o desempenho da bomba.
6. Compreender o funcionamento de arranjos em série e paralelo, avaliando ganhos e limitações.
7. Identificar e diagnosticar falhas operacionais comuns em bombas centrífugas, propondo ações corretivas compatíveis com as boas práticas industriais.
8. Reconhecer os principais elementos de montagem, selagem e manutenção, compreendendo suas implicações sobre a confiabilidade e o desempenho da bomba.

9.3. Bombas de Deslocamento Positivo – 30 horas

9.3.1. Objetivo do Módulo

Capacitar o aluno a compreender os princípios de funcionamento, classificação, características operacionais e aplicações industriais das bombas de deslocamento positivo. Desenvolver a habilidade de analisar desempenho, interpretar curvas, identificar fenômenos como escorregamento (slip), avaliar limitações de operação e selecionar tecnologias adequadas para diferentes fluidos, viscosidades e condições de processo.

9.3.2. Ementa

Princípios e conceitos das bombas de deslocamento positivo. Classificação e funcionamento de bombas rotativas e alternativas: engrenagens externas e internas,



lóbulo, pistões circunferenciais, palhetas, parafuso, pistão, cavidade progressiva, peristálticas e pneumáticas. Características operacionais: vazão, slip, eficiência volumétrica, comportamento com pressão, influência da viscosidade e limitações mecânicas. Curvas de desempenho, pulsação, sucção, NPSH e particularidades do bombeamento de fluidos viscosos, abrasivos ou sensíveis ao cisalhamento. Seleção por aplicação, materiais e requisitos de processo. Problemas comuns e boas práticas de operação e manutenção.

9.3.3. Conteúdo Programático Detalhado

1. Fundamentos das Bombas de Deslocamento Positivo

- 1.1. Princípios gerais de deslocamento de volume
- 1.2. Comparação com bombas centrífugas
- 1.3. Vazão, pressão e comportamento real
- 1.4. Conceitos de slip e eficiência volumétrica
- 1.5. Influência da viscosidade e temperatura

2. Bombas Rotativas

- 2.1. Bomba de engrenagens externas
- 2.2. Bomba de engrenagens internas
- 2.3. Bomba de lóbulos
- 2.4. Bomba de Pistões circunferenciais
- 2.5. Bomba de palhetas
- 2.6. Bomba de parafusos
- 2.7. Bomba de cavidade progressiva ou helicoidal
- 2.8. Bomba de rotor flexível

3. Bombas Alternativas

- 3.1. Bomba de Pistão
- 3.2. Bomba de diafragma
 - 3.2.1. Bomba pneumática (Duplo diafragma operada a ar AODD)
 - 3.2.1.1. Efeito da pressão de ar e comportamento da vazão
 - 3.2.1.2. Efeito Joule-Thomson: Congelamento no escapamento
 - 3.2.2. Bomba de acionamento mecânico
 - 3.2.3. Bomba de acionamento hidráulico
 - 3.2.4. Bomba de acionamento eletromagnético (bombas eletromagnéticas)
- 3.3. Bombas peristálticas

4. Desempenho e Curvas

- 4.1. Curva teórica versus curva real
- 4.2. Efeito do slip (escorregamento) e a influência da viscosidade
- 4.3. NPSH versus NPSP e a cavitação
- 4.4. Perda de carga por aceleração/desaceleração
- 4.5. Seleção de materiais e compatibilidade química

5. Aplicações Industriais

- 5.1. Fluidos viscosos



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

- 5.2. Fluidos sensíveis ao cisalhamento
- 5.3. Bombeamento de abrasivos
- 5.4. Dosagem e transferência de precisão
- 5.5. Sistemas de processo contínuo e batelada

6. Operação e Manutenção

- 6.1. Modos de falha recorrentes
- 6.2. Cuidados com vedação e integridade de componentes
- 6.3. Lubrificação, tolerâncias e desgaste
- 6.4. Boas práticas de operação

7. Acessórios e Dispositivos de Proteção em BDP

- 7.1. Válvulas de alívio e bypass
 - 7.1.1. Válvula de alívio interna da bomba
 - 7.1.2. Válvula de alívio externa na linha
 - 7.1.3. Linhas de recirculação / bypass (local e remoto)
 - 7.1.4. Consequências da ausência de alívio em BDP (sobrecarga mecânica e hidráulica)
- 7.2. Amortecedores de pulsação e acumulação
 - 7.2.1. Amortecedores em bombas alternativas e peristálticas
 - 7.2.2. Efeito na pulsação de vazão e pressão
 - 7.2.3. Impacto em instrumentação e em sistemas de medição de vazão
- 7.3. Filtros, peneiras e strainers
 - 7.3.1. Peneiras de sucção
 - 7.3.2. Cestos e strainers em linha
 - 7.3.3. Proteção contra partículas em folgas críticas
 - 7.3.4. Riscos de entupimento e perda de carga excessiva
- 7.4. Dispositivos de proteção e intertravamento
 - 7.4.1. Pressostatos de sucção e descarga
 - 7.4.2. Fluxostatos / chaves de fluxo
 - 7.4.3. Proteção contra funcionamento a seco
 - 7.4.4. Monitoramento de temperatura em mancais e selos
 - 7.4.5. Proteções em bombas pneumáticas (regulador, filtro, lubrificador, válvula de corte, dispositivo de contenção de vazamento)
- 7.5. Acessórios de instalação para BDP
 - 7.5.1. Bases, acoplamentos e amortecedores de vibração
 - 7.5.2. Mangueiras flexíveis e juntas de expansão (quando aplicável)
 - 7.5.3. Posição e orientação da bomba em relação ao reservatório
 - 7.5.4. Integração com painéis de controle e sistemas de automação simples

9.3.4. Resultados de Aprendizagem

Ao final do módulo, o aluno será capaz de:

- 1. Classificar bombas de deslocamento positivo quanto ao tipo, princípio de funcionamento e aplicação.
- 2. Interpretar curvas de desempenho considerando pressão, slip, viscosidade e eficiência volumétrica.



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

3. Selecionar o tipo adequado de bomba para fluidos viscosos, abrasivos ou sensíveis ao cisalhamento.
4. Avaliar comportamentos reais como redução de vazão com aumento da pressão e efeitos da viscosidade.
5. Reconhecer limitações operacionais, riscos de pulsação, sucção inadequada e desgaste prematuro.
6. Diagnosticar problemas comuns e propor ajustes ou práticas recomendadas de operação e manutenção.
7. Aplicar conhecimentos para comparar tecnologias (engrenagens, parafuso, lóbulos, AODD, peristálticas, cavidade progressiva etc.) conforme o processo industrial.

9.4. Fundamentos das Instalações Para Líquidos, Gases e Vapores – 40 horas

9.4.1. Objetivo do Módulo

Capacitar o aluno a compreender a estrutura, os componentes, os critérios de seleção e os princípios de funcionamento das instalações de bombeamento aplicadas a sistemas industriais com líquidos, gases e vapores. O módulo fornece a base necessária para análise de desempenho hidráulico, escolha de diâmetros de tubulação, seleção de válvulas e compreensão dos efeitos operacionais sobre bombas e demais equipamentos.

Ao final, o aluno será capaz de interpretar arranjos típicos de instalações industriais, identificar boas práticas, reconhecer riscos operacionais e avaliar tecnicamente os elementos que influenciam na confiabilidade e eficiência do sistema.

9.4.2. Ementa

Fundamentos das instalações industriais para escoamento de líquidos, gases e vapores. Características dos diferentes regimes de escoamento e suas implicações em tubulações e equipamentos. Componentes essenciais de uma instalação: tubulações, conexões, suportaço, válvulas, filtros, acessórios e instrumentos. Critérios de seleção de materiais: aço carbono, inox, PVC, CPVC, PEAD, sanitário, DIN/ISO/Schedule. Escolha de diâmetro baseada em velocidade, perda de carga, energia e requisitos operacionais. Instalações em sistemas abertos e fechados (bombeamento convencional, circuitos de refrigeração, trocadores de calor). Diferenças fundamentais entre instalações para líquidos, gases e vapor: compressibilidade, expansão térmica, condensação, formação de bolsões e controle operacional. Boas práticas de instalação, alinhamento básico, suportaço, amortecimento de vibrações e prevenção de falhas. Integração com válvulas industriais: tipos, funções e aplicações na instalação. Fundamentos que servem de base para o dimensionamento de bombas, ventiladores, compressores e sistemas térmicos.

9.4.3. Conteúdo Programático Detalhado

1. Fundamentos das Instalações Para Líquidos, Gases e Vapores

1.1. Função de uma instalação de bombeamento



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria

Engenharia que conecta teoria à prática industrial

- 1.2. Componentes típicos: sucção, recalque e acessórios
- 1.3. Noções de perda de carga e impacto no desempenho da bomba
- 1.4. Requisitos mínimos para instalações confiáveis e seguras

2. Tubulações Industriais e Materiais

- 2.1. Classificação por aplicação
 - 2.1.1. Tubulação para líquidos
 - 2.1.2. Tubulação para gases
 - 2.1.3. Tubulação para vapor e condensado
 - 2.1.4. Tubulações sanitárias, industriais e químicas
- 2.2. Materiais
 - 2.2.1. Aço carbono (normas: SCH, ASME B36.10)
 - 2.2.2. Aço inox (tubos sanitários e industriais)
 - 2.2.3. PVC, CPVC, PP, PEAD
 - 2.2.4. Tubulações especiais para químicos, abrasivos e altas temperaturas
- 2.3. Padrões e normas
 - 2.3.1. Schedule
 - 2.3.2. Normas ASME, ASTM, DIN, ISO, SMS (sanitário)
 - 2.3.3. Conexões, flanges e padrões de vedação
- 2.4. Seleção do diâmetro
 - 2.4.1. Critérios baseados em velocidades admissíveis
 - 2.4.2. Diferenciação por tipo de fluido
 - 2.4.3. Consequências da escolha inadequada
 - 2.4.4. Relação entre diâmetro e custo energético

3. Diferenças Essenciais entre as Instalações para Líquidos, Gases e Vapores

- 3.1. Instalações para líquidos
 - 3.1.1. Incompressibilidade
 - 3.1.2. Velocidades típicas
 - 3.1.3. Cuidados com sucção e riscos de cavitação
 - 3.1.4. Golpe de aríete e evento transitório
- 3.2. Instalações para gases
 - 3.2.1. Compressibilidade e variação volumétrica
 - 3.2.2. Altas velocidades e critérios de aceitabilidade
 - 3.2.3. Vibração, ruído e suportação
 - 3.2.4. Eficiência de sopradores e compressores
- 3.3. Instalações para vapor
 - 3.3.1. Condensação e necessidade de drenagem
 - 3.3.2. Purgadores, selos, armadilhas de vapor
 - 3.3.3. Expansão térmica e dilatação de tubulações
 - 3.3.4. Isolamento térmico e segurança operacional
 - 3.3.5. Riscos como martelamento por condensado
- 3.4. Comparativo técnico
 - 3.4.1. Diferenças hidráulicas e térmicas
 - 3.4.2. Impacto no bombeamento e nos equipamentos associados

4. Acessórios e Componentes de Instalações



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

- 4.1. Filtros, cestos, Y-strainer e unidades de proteção
- 4.2. Conexões, reduções, uniões e flanges conforme normas (ABNT, DIN, ANSI)
- 4.3. Dispositivos de descarte, drenos e respiros
- 4.4. Amortecedores de pulso (pulsation dampeners)
- 4.5. Câmaras de amortecimento para bombas alternativas
- 4.6. Visores de nível, fluxo e inspeção
- 4.7. Instrumentação básica para pressão, nível, vazão e temperatura
 - 4.7.1. Medição de pressão:
 - 4.7.1.1. Manômetros industriais
 - 4.7.1.2. Vacuômetros e manômetros absolutos
 - 4.7.1.3. Pressostatos e pressostatos diferenciais
 - 4.7.1.4. Transdutores e transmissores de pressão
 - 4.7.2. Medição de vazão:
 - 4.7.2.1. Medidores de vazão eletromagnéticos
 - 4.7.2.2. Medidores coriolis (massa)
 - 4.7.2.3. Medidores ultrassônicos (clamp-on e inserção)
 - 4.7.2.4. Medidores diferenciais de pressão (Venturi, placa de orifício, bocal)
 - 4.7.2.5. Turbina e rotâmetro (visão geral e cuidados de instalação)
 - 4.7.3. Medição de temperatura:
 - 4.7.3.1. Termômetros bimetálicos
 - 4.7.3.2. Termopares e RTDs
 - 4.7.3.3. Poços de proteção e requisitos de instalação
 - 4.7.4. Medição de nível
 - 4.7.4.1. Bóia mecânica
 - 4.7.4.2. Diferencial de pressão
 - 4.7.4.3. Ultrassônico / radar
 - 4.7.5. Critérios gerais de instalação para instrumentação:
 - 4.7.5.1. Posição do instrumento
 - 4.7.5.2. Evitar bolhas, vórtices, pontos de ar e zonas mortas
 - 4.7.5.3. Requisitos mínimos de trecho reto (vazão)
 - 4.7.5.4. Proteção contra pulsação e vibração
 - 4.7.5.5. Integração com bombas centrífugas e alternativas

5. Válvulas Industriais

- 5.1. Introdução
- 5.2. Classificações das válvulas
- 5.3. Classe de pressão
- 5.4. Componentes das válvulas e suas funções
- 5.5. Materiais de fabricação
- 5.6. Tipos de válvulas mais comuns
 - 5.6.1. Gaveta
 - 5.6.2. Globo
 - 5.6.3. De Pistão
 - 5.6.4. Agulha
 - 5.6.5. Guilhotina
 - 5.6.6. Diafragma
 - 5.6.7. De mangote



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

- 5.6.8. Esfera
- 5.6.9. Borboleta
- 5.6.10. Macho
- 5.6.11. De retenção
- 5.6.12. Quebra vácuo
- 5.6.13. De segurança (PSV) ou de alívio (PRV)
- 5.6.14. Reguladoras de pressão ou de contrapressão
- 5.7. Perdas de carga introduzidas pelas válvulas
- 5.8. Coeficientes de vazão CV e KV
- 5.9. Aplicações em sistemas com bombas, compressores e vapor

6. Arranjos Típicos de Instalações de Bombeamento

- 6.1. Sucção afogada ou sucção positiva (pressão)
- 6.2. Sucção não-afogada ou sucção negativa (pressão): riscos e recomendações
- 6.3. Instalações em circuito aberto
- 6.4. Instalações em circuito fechado
- 6.5. Instalações com vazão variável
- 6.6. Linhas de bypass e recirculação
- 6.7. Linhas de retorno, equalização e resfriamento

7. Efeitos Dinâmicos nas Instalações

- 7.1. Perdas de carga por aceleração e desaceleração
- 7.2. Golpe de ariete (introdução hidráulica aplicada ao contexto)
- 7.3. Transientes de pressão e velocidade
- 7.4. Cavitação induzida por instalação inadequada

8. Boas Práticas, Operação e Segurança

- 8.1. Diretrizes gerais de montagem e suportação
- 8.2. Requisitos mínimos de alinhamento e integridade mecânica
- 8.3. Proteção contra vibração e ruído
- 8.4. Condições de segurança para operação com vapor e gases
- 8.5. Checklist de comissionamento e inspeção pré-operação

9.4.4. Resultados de Aprendizagem

Ao final do módulo, o aluno será capaz de:

- 1) Interpretar a função e o comportamento hidráulico de uma instalação de bombeamento, identificando seus principais componentes, interfaces e requisitos operacionais.
- 2) Diferenciar instalações destinadas a líquidos, gases e vapores, reconhecendo as particularidades físicas de cada fluido e seus impactos sobre dimensionamento, suportação, perdas de carga, segurança e operação.
- 3) Selecionar adequadamente materiais e tipos de tubulação (aço carbono, inox, plásticos industriais, sanitários, etc.) conforme normas técnicas, temperatura, pressão e características químicas do fluido.
- 4) Avaliar critérios de escolha de diâmetro de tubulação, considerando velocidades admissíveis, tipo de fluido, eficiência energética e riscos operacionais.



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

- 5) Identificar e aplicar corretamente acessórios de instalação, como filtros, drenos, visores, câmaras de amortecimento e amortecedores de pulsação, compreendendo sua função e impacto no desempenho do sistema.
- 6) Reconhecer e diferenciar os principais instrumentos industriais usados para medir pressão, vazão, temperatura e nível, compreendendo limitações, requisitos de instalação e integração com sistemas de bombeamento.
- 7) Classificar e selecionar válvulas industriais básicas, entendendo princípios de funcionamento, vantagens, limitações e aplicações adequadas em sistemas de líquidos, gases e vapores.
- 8) Analisar arranjos típicos de instalações de bombeamento, incluindo sucção afogada, sucção elevada, circuitos abertos, circuitos fechados e sistemas com recirculação, identificando riscos e melhores práticas.
- 9) Avaliar efeitos dinâmicos relevantes, como aceleração, desaceleração, transientes de pressão, golpe de aríete e cavitação induzida por instalação inadequada.
- 10) Aplicar boas práticas de montagem, suportação e operação, reconhecendo requisitos mínimos de segurança, proteção contra vibração/ruído e integridade mecânica de sistemas fluidos.
- 11) Realizar análises críticas de instalações reais, identificando potenciais falhas, impropriedades de montagem ou seleção inadequada de componentes, propondo melhorias coerentes com normas e práticas industriais.

9.5. Dimensionamento de Bombas – 20 horas

9.5.1. Objetivo do Módulo

Capacitar o aluno a dimensionar e selecionar bombas centrífugas e de deslocamento positivo na prática, a partir de dados de processo e de instalação. Ao final do módulo, o participante será capaz de revisar rapidamente os conceitos fundamentais, aplicar um procedimento passo a passo de cálculo, construir a curva do sistema, escolher o tipo e o modelo de bomba adequados, verificar NPSH e condições de sucção, considerar efeitos de viscosidade e slip, e produzir uma especificação técnica consistente para uso com fabricantes e em projetos industriais.

9.5.2. Ementa

Revisão aplicada dos conceitos fundamentais usados no dimensionamento de bombas (vazão, pressão, altura manométrica, perdas de carga, NPSH, curvas da bomba e do sistema). Procedimento passo a passo para especificação de bombas centrífugas: levantamento de dados de processo e instalação, cálculo da altura manométrica total, construção da curva do sistema, seleção do tipo de bomba e modelo, verificação de NPSH, checagem de ponto de operação e BEP, definição de motor e estratégia de controle. Especificação de bombas de deslocamento positivo: vazão teórica e real, slip, eficiência volumétrica, influência da viscosidade e de fluidos não newtonianos, limitações de pressão e pulsação. Comparação de alternativas de bombas para uma mesma aplicação. Leitura de catálogos e curvas comerciais. Elaboração de folha de dados e checklist de especificação. Módulo majoritariamente prático, baseado em exercícios de dimensionamento e seleção.



9.5.3. Conteúdo Programático Detalhado

1. Revisão Aplicada de Conceitos Essenciais

- 1.1. Vazão, pressão e altura de energia
- 1.2. Altura manométrica total (HB)
- 1.3. Perdas distribuídas e localizadas
- 1.4. Curvas da bomba e curva do sistema
- 1.5. BEP e operação fora do ponto de melhor rendimento – consequências principais

2. Especificação de Bombas Centrífugas – Passo a Passo

- 2.1. Levantamento de dados
- 2.2. Condições de operação
- 2.3. Cálculo da altura manométrica (HB)
 - 2.3.1. Velocidade média
 - 2.3.2. Número de Reynolds
 - 2.3.3. Fator f
 - 2.3.4. Perda de carga distribuída
 - 2.3.5. Perda de carga localizada
 - 2.3.6. Perda de carga total
 - 2.3.7. Potência hidráulica
 - 2.3.8. Verificando os fatores de correção para viscosidade
 - 2.3.9. Selecionando a bomba
 - 2.3.10. Potência de eixo
 - 2.3.11. Verificando o ponto de operação
 - 2.3.12. Verificando a cavitação pelo NPSH ou altura geométrica de sucção
- 2.4. Exercícios práticos
 - 2.4.1. Especificação de bombas para instalação convencional
 - 2.4.2. Especificação de bombas para instalação com jato livre
 - 2.4.3.

3. Especificação de Bombas de Deslocamento Positivo – Passo a Passo

- 3.1. Levantamento de dados
- 3.2. Condições de operação
- 3.3. Fluidos de alta viscosidade
- 3.4. Fluidos não newtonianos e viscosidade aparente
- 3.5. Fluidos sensíveis ao cisalhamento
- 3.6. Cálculo da altura manométrica (HB)
 - 3.6.1. Velocidade média
 - 3.6.2. Número de Reynolds
 - 3.6.3. Fator f
 - 3.6.4. Perda de carga distribuída
 - 3.6.5. Perda de carga localizada
 - 3.6.6. Perda de carga por aceleração e desaceleração
 - 3.6.7. Perda de carga total
 - 3.6.8. Potência hidráulica
 - 3.6.9. Verificando os fatores de correção para viscosidade



- 3.6.10. Selecionando a bomba
- 3.6.11. Potencia de eixo
- 3.6.12. Verificando o ponto de operação
- 3.6.13. Verificando a cavitação pelo NPSH ou altura geométrica de sucção
- 3.7. Exercícios práticos
- 3.7.1. Bombas de lóbulos

9.5.4. Resultados de Aprendizagem

Ao final do módulo, o aluno será capaz de:

- 1) Relembrar rapidamente os conceitos fundamentais necessários ao dimensionamento de bombas (HB, curvas, NPSH), aplicando-os de forma direta, sem necessidade de reestudo teórico profundo.
- 2) Aplicar um procedimento passo a passo para dimensionar e selecionar bombas centrífugas, desde o levantamento de dados até a escolha final do modelo e do motor.
- 3) Calcular a altura manométrica total e montar a curva do sistema, identificando o ponto de operação e avaliando a posição do BEP.
- 4) Verificar NPSH disponível e requerido em instalações reais, identificando situações de risco de cavitação e propondo ajustes práticos.
- 5) Dimensionar e selecionar bombas de deslocamento positivo, estimando vazão real a partir da vazão teórica, considerando slip e eficiência volumétrica.
- 6) Considerar os efeitos de viscosidade e de comportamento não newtoniano na escolha do tipo de bomba, da rotação e da tecnologia de deslocamento positivo adequada.
- 7) Comparar alternativas de bombas (centrífugas e de deslocamento positivo) para uma mesma aplicação, argumentando tecnicamente sobre vantagens e limitações de cada solução.
- 8) Elaborar folhas de dados e especificações técnicas de bombas, aptas para serem enviadas a fabricantes e integradores, com foco em aplicações reais de engenharia.

9.6. Compressores, Sopradores e Ventiladores – 40 horas

9.6.1. Objetivo do Módulo

Capacitar o aluno a compreender, selecionar e avaliar o desempenho de ventiladores, sopradores e compressores industriais, aplicando fundamentos de escoamento compressível, curvas características, leis de afinidade e critérios de seleção. O módulo foca em aplicação prática, culminando em dois exercícios completos de dimensionamento: um ventilador industrial e um compressor de ar comprimido.

9.6.2. Ementa

Fundamentos aplicados de escoamento compressível. Classificação, funcionamento e características de ventiladores, sopradores e compressores industriais. Ventiladores axiais e centrífugos; sopradores roots e centrífugos; compressores alternativos e



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria

Engenharia que conecta teoria à prática industrial

rotativos. Curvas de desempenho, potência, eficiência e comportamento sob variação de pressão. Leis de afinidade para máquinas de gás. Critérios de seleção e aplicações típicas. Princípios de instalação, operação e modos de falha. Exercícios práticos de dimensionamento de ventilador e dimensionamento de compressor de ar comprimido, seguindo metodologia usada em engenharia industrial.

9.6.3. Conteúdo Programático Detalhado

4. Propriedades dos Fluidos

4.1. Conceito técnico de fluido?

4.1.1. Especificação de Bombas de Deslocamento Positivo – Passo a Passo

5. Fundamentos do Escoamento Compressível

5.1. Diferenças entre escoamento incompressível e compressível

5.2. Variação de densidade com pressão e temperatura

5.3. Regimes de escoamento (subsônico, supersônico e sônico)

5.4. Noção de eficiência isentrópica

6. Classificação das Máquinas

6.1. Ventiladores

6.1.1. Axiais

6.1.2. Centrífugos

6.1.3. Baixa, média e alta pressão

6.1.4. Aplicações (HVAC, exaustão, resfriamento)

6.2. Sopradores

6.2.1. Roots / lóbulos

6.2.2. Centrífugos

6.2.3. Aplicações (transporte pneumático, aeração)

6.3. Compressores

6.3.1. Alternativos

6.3.2. Parafuso

6.3.3. Scroll

6.3.4. Diafragma

6.3.5. Multistágio

6.3.6. Aplicações industriais

7. Funcionamento e Curvas

7.1. Curva pressão x vazão

7.2. Curva de potência

7.3. Curva de eficiência

7.4. Fatores que afetam desempenho

7.5. Efeito da temperatura de admissão

7.6. Mapas de compressores

8. Leis de Afinidade

8.1. Relação entre rotação, vazão, pressão e potência

8.2. Correção de desempenho



8.3. Limitações práticas da lei

9. Seleção para Aplicações Industriais

9.1. Ventiladores:

9.1.1. Perdas do sistema

9.1.2. Pressão estática e total

9.1.3. Critérios acústicos e de vibração

9.2. Sopradores:

9.2.1. Transporte pneumático

9.2.2. Aeração

9.2.3. Processos contínuos

9.3. Compressores:

9.3.1. Escolha por pressão

9.3.2. Ciclo de trabalho

9.3.3. Classe do ar (instrumentação / óleo / isento)

9.3.4. Temperatura e resfriamento

10. Instalação, Operação e Confiabilidade

10.1. Filtração de entrada

10.2. Redução de ruído

10.3. Vibração e balanceamento

10.4. Resfriamento

10.5. Modos de falha típicos

10.6. Indicadores de degradação

11. Dimensionamento Passo a Passo

11.1. Dimensionamento de um Ventilador Industrial

11.1.1. Coleta de dados do ambiente / processo

11.1.2. Determinação da vazão necessária

11.1.3. Determinação da pressão total requerida

11.1.4. Correção por perdas do sistema

11.1.5. Seleção da curva

11.1.6. Identificação da eficiência

11.1.7. Determinação da potência do motor

11.1.8. Configuração recomendada de instalação

11.2. Dimensionamento de um Compressor de Ar

11.2.1. Pressão de trabalho

11.2.2. Demanda de ar (vazão equivalente)

11.2.3. Fator de simultaneidade

11.2.4. Ciclo de carga e descarga

11.2.5. Correção por altitude e temperatura

11.2.6. Escolha do tipo de compressor

11.2.7. Seleção da potência do motor

11.2.8. Definição do reservatório

11.2.9. Considerações de secagem, filtração e purga



9.6.4. Resultados de Aprendizagem

Ao final do módulo, o aluno será capaz de:

- 1) Distinguir ventiladores, sopradores e compressores, identificando suas aplicações ideais.
- 2) Interpretar curvas de fabricantes e realizar análise crítica do desempenho.
- 3) Aplicar leis de afinidade na correção de curvas e ajustes de velocidade.
- 4) Selecionar equipamentos de acordo com a necessidade do processo.
- 5) Realizar o dimensionamento completo de um ventilador industrial.
- 6) Realizar o dimensionamento completo de um compressor de ar comprimido.
- 7) Avaliar requisitos de instalação, operação e confiabilidade.
- 8) Identificar modos de falha e propor soluções operacionais.

9.7. Sistemas Sujeitos a Vácuo e as Bombas de Vácuo – 30 horas

9.7.1. Objetivo do Módulo

Capacitar o aluno a compreender os fundamentos do vácuo industrial, os diferentes regimes de escoamento em baixa pressão e o funcionamento das principais tecnologias de bombas de vácuo utilizadas na indústria. O módulo desenvolve competências para interpretar curvas de desempenho, avaliar condições de processo, selecionar bombas adequadas, analisar estabilidade de sistemas multistágio e identificar problemas típicos de operação, incluindo efeitos de condensáveis, arraste, fluido de vedação e contaminação.

9.7.2. Ementa

Fundamentos do vácuo industrial e regime de escoamento em baixa pressão. Tipos de bombas de vácuo: anel líquido, palhetas rotativas, parafuso, roots, difusoras e ejetores. Princípios de funcionamento e características operacionais. Vazão de aspiração, pressão limite, velocidade de bombeamento e curva de desempenho. Configurações de sistemas de vácuo, boosters e estágios múltiplos. Efeitos do fluido de vedação, condensáveis, arraste e contaminação. Seleção de bombas para processos industriais. Problemas comuns, estabilidade do sistema e boas práticas de operação e manutenção..

9.7.3. Conteúdo Programático Detalhado

1. Fundamentos do Vácuo Industrial

- 1.1. Conceitos de pressão absoluta, parcial e pressão residual
- 1.2. Leitura e interpretação de níveis de vácuo
- 1.3. Classificação dos níveis de vácuo:
 - 1.3.1. Baixo vácuo
 - 1.3.2. Médio vácuo
 - 1.3.3. Alto vácuo (tratado em caráter introdutório, apenas para contextualização)
- 1.4. Regimes de escoamento em baixa pressão:



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

- 1.4.1. Regime viscoso
- 1.4.2. Regime de transição
- 1.4.3. Regime molecular (introdução conceitual)
- 1.5. Número de Knudsen e sua importância para aplicações industriais
- 1.6. Condutância de tubulações e impacto no desempenho real

2. Parâmetros de Desempenho de Sistemas de Vácuo

- 2.1. Vazão de aspiração (suction capacity)
- 2.2. Velocidade de bombeamento (pumping speed)
- 2.3. Pressão limite (ultimate pressure)
- 2.4. Influência do gás bombeado
- 2.5. Efeito da temperatura e umidade

3. Tecnologias de Bombas de Vácuo

- 3.1. Bombas de Anel Líquido
 - 3.1.1. Princípio de funcionamento
 - 3.1.2. Papel do fluido de vedação
 - 3.1.3. Tolerância a condensáveis e sólidos
 - 3.1.4. Aplicações típicas (processos úmidos, química, mineração)
- 3.2. Bombas de Palhetas Rotativas (lubrificadas e secas)
 - 3.2.1. Funcionamento
 - 3.2.2. Vantagens e limitações
 - 3.2.3. Sensibilidade à contaminação
- 3.3. Bombas de Parafuso (dry screw)
 - 3.3.1. Operação a seco
 - 3.3.2. Capacidade para gases corrosivos
 - 3.3.3. Ciclos de regeneração
- 3.4. Soprador Roots com função de bombas de vácuo / Boosters
 - 3.4.1. Necessidade de bomba primária
 - 3.4.2. Função como multiplicador de vazão
 - 3.4.3. Curva característica
- 3.5. Bombas Difusoras (visão geral)
 - 3.5.1. Regime de alto vácuo
 - 3.5.2. Uso em processos térmicos
- 3.6. Bombas alternadas / de diafragma e outras soluções secas
 - 3.6.1. Aplicações laboratoriais e industriais leves
- 3.7. Comparativo técnico entre tecnologias

4. Sistemas e Configurações de Vácuo

- 4.1. Sistemas de estágio único
- 4.2. Sistemas multistágio (Roots + parafuso / Roots + palheta / Roots + anel líquido)
- 4.3. Efeito da condutância das tubulações
- 4.4. Efeitos de condensáveis e vapores no desempenho
- 4.5. Requisitos para gases agressivos ou tóxicos
- 4.6. Separadores, filtros e proteção da bomba
- 4.7. Controle e válvulas específicas para vácuo:
 - 4.7.1. Válvulas borboleta para vácuo



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

4.7.2. Válvulas de alívio

4.7.3. Válvulas de isolamento e retenção

5. Seleção de Bombas para Aplicações Industriais

5.1. Coleta de dados essenciais do processo

5.2. Avaliação do regime de vácuo requerido

5.3. Determinação da vazão de aspiração e pressão final

5.4. Correções devido a condensáveis, arraste e outros gases

5.5. Determinação da tecnologia mais adequada

5.6. Verificação da curva de desempenho

5.7. Compatibilidade com o ambiente industrial (poeira, corrosão, vapores)

6. Problemas Comuns, Falhas e Instabilidade de Sistema

6.1. Saturação do fluido de vedação (anel líquido)

6.2. Sobreaquecimento em bombas secas

6.3. Arraste de óleo

6.4. Contaminação cruzada

6.5. Retorno de gás (backstreaming)

6.6. Instabilidade entre booster e bomba primária

6.7. Colapso térmico em tubulações de vácuo

6.8. Vazamentos externos e internos

7. Boas Práticas de Operação e Manutenção

7.1. Partida e parada correta

7.2. Sequenciamento em sistemas multiestágio

7.3. Manutenção preditiva e preventiva

7.4. Cuidados com fluido de vedação

7.5. Monitoramento de pressão e desempenho

7.6. Inspeção de tubulações e flanges

7.7. Procedimentos de segurança

9.7.4. Resultados de Aprendizagem

Ao final do módulo, o aluno será capaz de:

- 1) Compreender e diferenciar os regimes de escoamento relacionados ao vácuo industrial.
- 2) Interpretar os principais parâmetros de desempenho das bombas de vácuo.
- 3) Identificar e comparar as tecnologias de bombas de vácuo e suas aplicações ideais.
- 4) Avaliar curvas de desempenho e compreender limitações operacionais.
- 5) Selecionar a bomba de vácuo adequada a diferentes processos industriais.
- 6) Analisar efeitos de condensáveis, fluido de vedação e contaminação no desempenho.
- 7) Identificar modos de falha e instabilidades típicas em sistemas de vácuo.
- 8) Aplicar boas práticas de instalação, operação, proteção e manutenção.



9.8. Transferência de Calor Aplicada– 40 horas

9.8.1. Objetivo do Módulo

Apresentar os fundamentos da transferência de calor e capacitar o aluno a aplicar esses conhecimentos no dimensionamento e na análise de desempenho de trocadores de calor e sistemas de isolamento térmico, considerando eficiência energética, segurança operacional e práticas usuais da engenharia industrial.

9.8.2. Ementa

Vapor industrial: propriedades, vapor saturado e superaquecido, título e entalpias. Uso de tabelas e diagramas de vapor. Tipos de geradores de vapor (flamotubulares, aquatubulares, elétricos, instantâneos e HRSG). Vapor como fluido de aquecimento: condensação, coeficientes térmicos e controle de temperatura. Cálculo de carga térmica e consumo de vapor. Drenagem e condensado, tipos de purgadores e problemas operacionais. Integração com trocadores de calor e isolamento térmico industrial. Aplicações e diagnósticos em sistemas de utilidades e processos.

9.8.3. Conteúdo Programático Detalhado

1. Fundamentos de Transferência de Calor

- 1.1. Introdução
 - 1.1.1. Importância da transferência de calor em sistemas industriais
 - 1.1.2. Conceitos fundamentais
- 1.2. Condução de Calor Unidirecional
 - 1.2.1. Lei de Fourier
 - 1.2.2. Condutividade térmica
 - 1.2.3. Condução unidimensional
 - 1.2.4. Paredes planas
 - 1.2.5. Cilindros e esferas
 - 1.2.6. Resistência térmica em condução
- 1.3. Convecção
 - 1.3.1. Coeficiente de convecção (h)
 - 1.3.2. Convecção natural e forçada
 - 1.3.3. Números adimensionais: Reynolds, Nusselt, Prandtl
 - 1.3.4. Filme térmico
 - 1.3.5. Resistências de convecção
 - 1.3.6. Conceito de incrustação (fouling)
- 1.4. Radiação
 - 1.4.1. Conceito de radiação térmica
 - 1.4.2. Emissividade
 - 1.4.3. Trocas radiativas entre superfícies
 - 1.4.4. Quando considerar radiação em aplicações industriais
- 1.5. Efeito Combinado da Condução, Convecção e Radiação
 - 1.5.1. Resistências térmicas em série e paralelo
 - 1.5.2. Coeficiente global de troca térmica (U)



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

- 1.5.3. Influência das resistências no desempenho térmico
- 2. Trocadores de Calor – Dimensionamento Térmico
 - 2.1. Tipos de trocadores
 - 2.1.1. Casco e tubo
 - 2.1.2. Serpentina
 - 2.1.3. Trocadores de placas
 - 2.1.4. Espirais
 - 2.1.5. Arrefecedores a ar
 - 2.1.6. Condensadores e evaporadores
 - 2.2. Conceitos fundamentais
 - 2.2.1. Capacidade térmica
 - 2.2.2. Calor sensível e calor latente
 - 2.2.3. Taxa de transferência de calor: $Q = \dot{m}c_p\Delta T$
 - 2.3. Métodos de dimensionamento
 - 2.3.1. Método LMTD — diferença de temperatura logarítmica média
 - 2.3.2. Fator de correção F
 - 2.3.3. Método NTU- ϵ — efetividade e número de unidades de transferência
 - 2.3.4. Seleção preliminar do tipo de trocador
 - 2.4. Coeficiente global U
 - 2.4.1. Filmes interno e externo
 - 2.4.2. Condução na parede
 - 2.4.3. Incrustação (fouling) e normas TEMA
 - 2.4.4. Cálculo e estimativas práticas
 - 2.5. Cálculo térmico
 - 2.5.1. Determinação da área de troca térmica
 - 2.5.2. Calculando um trocador de calor
 - 2.5.2.1. Determinação da área necessária
 - 2.5.2.2. Seleção preliminar do tipo
 - 2.5.2.3. Método LMTD e NTU- ϵ para projeto
 - 2.5.2.4. Influência do U estimado no dimensionamento
 - 2.5.3. Verificando um trocador de calor existente
 - 2.5.3.1. Avaliação da capacidade real
 - 2.5.3.2. Verificação de temperaturas de saída
 - 2.5.3.3. Impacto de fouling na performance
 - 2.5.3.4. Comparação entre carga térmica requerida e carga térmica real
 - 2.5.3.5. Diagnóstico de subdimensionamento ou degradação
 - 2.5.4. Exemplos de aplicação industrial
 - 2.6. Aspectos operacionais
 - 2.6.1. Materiais
 - 2.6.2. Limpeza e manutenção
 - 2.6.3. Controle de temperatura e by-pass
- 3. Vapor Industrial Aplicado a Sistemas Térmicos
 - 3.1. Fundamentos e Propriedades do Vapor
 - 3.1.1. Vapor saturado e superaquecido
 - 3.1.2. Vapor saturado seco, vapor úmido e título (fração mássica de vapor)
 - 3.1.3. Curva de saturação



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

- 3.1.4. Dependência entre pressão e temperatura no vapor saturado
- 3.1.5. Entalpia
 - 3.1.5.1. do líquido saturado (h_f),
 - 3.1.5.2. de vaporização (h_{fg}) e
 - 3.1.5.3. do vapor (h_g)
- 3.1.6. Volume específico do vapor saturado e superaquecido
- 3.1.7. Comparação vapor × gás ideal (não idealidade)
- 3.2. Tabelas e Diagramas de Vapor
 - 3.2.1. Uso correto das tabelas de vapor
 - 3.2.2. Determinação de propriedades a partir da pressão
 - 3.2.3. Cálculo de entalpia do vapor úmido (com título)
 - 3.2.4. Interpretação dos diagramas T-s e P-h
 - 3.2.5. Exercícios industriais de leitura de tabelas
- 3.3. Geração de Vapor — Visão Industrial Essencial
 - 3.3.1. Caldeiras flamotubulares (fire-tube boilers)
 - 3.3.2. Caldeiras aquatubulares (water-tube boilers)
 - 3.3.3. Geradores de vapor elétricos
 - 3.3.4. Geradores instantâneos (flash steam)
 - 3.3.5. Geradores de recuperação de calor (HRSG)
 - 3.3.6. Pressões e faixas típicas de operação
 - 3.3.7. Vapor saturado × vapor superaquecido na planta
 - 3.3.8. Noções de separação de umidade na geração
 - 3.3.9. Purga de fundo e de superfície
- 3.4. Vapor como Fluido de Aquecimento
 - 3.4.1. Por que o vapor é o fluido térmico mais usado na indústria
 - 3.4.2. Condensação como mecanismo dominante de troca térmica
 - 3.4.3. Coeficientes elevados de transferência de calor
 - 3.4.4. Controle de temperatura baseado na pressão de saturação
 - 3.4.5. Vapor superaquecido: limitações e desvantagens em trocadores
 - 3.4.6. Queda de pressão em linhas e impacto térmico
 - 3.4.7. Exemplo prático: vapor a 4 bar versus 7 bar: impacto na temperatura de processo
- 3.5. Cálculo Térmico com Vapor
 - 3.5.1. Cálculo da carga térmica fornecida pelo vapor: $Q = \dot{m}_{vapor} \cdot (h_g - h_f)$
 - 3.5.2. Cálculo do consumo de vapor em um processo
 - 3.5.3. Obtenção de entalpias com base em tabelas
 - 3.5.4. Estimativa da vazão de vapor requerida em trocadores
 - 3.5.5. Vantagens térmicas da condensação isoterma
 - 3.5.6. Exemplo: aquecimento de água com vapor saturado
- 3.6. Condensado e Drenagem
 - 3.6.1. Formação e acúmulo de condensado
 - 3.6.2. Impactos negativos da drenagem inadequada
 - 3.6.2.1. queda de eficiência
 - 3.6.2.2. martelamento hidráulico
 - 3.6.2.3. corrosão
 - 3.6.2.4. erosão
 - 3.6.3. Tipos de purgadores (visão aplicada)



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

- 3.6.3.1. Termodinâmico
- 3.6.3.2. Termostático
- 3.6.3.3. Boia (float & thermostatic)
- 3.6.4. Posicionamento adequado do purgador
- 3.6.5. Noção de ventilação de ar frio (air vent)
- 3.7. Vapor e Isolamento Térmico
 - 3.7.1. Por que isolar vapor (energia, segurança, condensado)
 - 3.7.2. Risco de condensação indesejada sem isolamento
 - 3.7.3. Cálculo aproximado de perdas térmicas sem isolante
 - 3.7.4. Critérios de seleção do isolante para linhas de vapor
 - 3.7.5. Espessuras usuais (típicas da indústria)
 - 3.7.6. Segurança: limites de temperatura superficial
 - 3.7.7. CUI (corrosão sob isolamento) — visão geral
- 3.8. Problemas Industriais Comuns
 - 3.8.1. Vapor úmido chegando ao trocador
 - 3.8.2. Queda excessiva de pressão na linha
 - 3.8.3. Purgador subdimensionado
 - 3.8.4. "Cauda fria" em trocadores
 - 3.8.5. Condensado represado
 - 3.8.6. Baixa eficiência térmica em linhas longas
 - 3.8.7. Formação de golpe de aríete por bolsões de condensado
- 4. Dimensionamento de Isolantes Térmicos
 - 4.1. Fundamentos
 - 4.1.1. Condução em superfícies planas e cilíndricas
 - 4.1.2. Resistência térmica de materiais isolantes
 - 4.1.3. Condutividade térmica dependente da temperatura
 - 4.2. Objetivos do isolamento
 - 4.2.1. Redução de perdas térmicas
 - 4.2.2. Segurança operacional
 - 4.2.3. Controle de temperatura de superfície
 - 4.2.4. Evitar condensação
 - 4.3. Espessura do isolante
 - 4.3.1. Cálculo de espessura mínima
 - 4.3.2. Espessura crítica
 - 4.3.2.1. Em tubulações
 - 4.3.2.2. Em reservatórios esféricos
 - 4.3.3. Espessura econômica
 - 4.3.4. Gradiente térmico na parede
 - 4.4. Aplicações industriais
 - 4.4.1. Tubulações quentes
 - 4.4.2. Sistemas frios (refrigeração)
 - 4.4.3. Tanques e vasos
 - 4.4.4. Equipamentos térmicos
 - 4.5. Seleção de materiais
 - 4.5.1. Lã de rocha
 - 4.5.2. Fibra cerâmica



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

- 4.5.3. Poliuretano (PU, PIR)
- 4.5.4. Aerogel
- 4.5.5. Barreiras de vapor
- 4.6. Exercício prático
- 4.6.1. Cálculo de fluxo térmico
- 4.6.2. Determinação de espessura
- 4.6.3. Análise de caso real

9.8.4. Resultados de Aprendizagem

Ao final do módulo, o aluno será capaz de:

- 1) Explicar os mecanismos de transferência de calor (condução, convecção e radiação) relacionando propriedades térmicas, resistências e coeficiente global U ao desempenho de sistemas industriais.
- 2) Analisar e dimensionar trocadores de calor industriais, aplicando corretamente os métodos LMTD e NTU- ϵ , calculando área necessária e avaliando o desempenho de trocadores existentes.
- 3) Interpretar propriedades do vapor industrial, incluindo pressão de saturação, título, entalpias e volume específico, utilizando tabelas e diagramas de vapor em aplicações práticas.
- 4) Calcular a energia térmica fornecida pelo vapor e determinar o consumo de vapor necessário para aquecer fluidos, dimensionar trocadores ou atender processos industriais específicos.
- 5) Avaliar o comportamento de condensado em sistemas térmicos, identificando problemas operacionais como acúmulo, golpe de aríete, vapor úmido, purgador inadequado e queda de desempenho térmico.
- 6) Selecionar e justificar soluções de isolamento térmico, determinando espessura adequada, materiais aplicáveis e analisando perdas térmicas, segurança de operação e eficiência energética.
- 7) Diagnosticar problemas térmicos em trocadores, linhas de vapor e sistemas isolados.
- 8) Propondo melhorias técnicas, correções operacionais e medidas de aumento de eficiência.
- 9) Aplicar conceitos térmicos a casos reais da indústria, integrando dimensionamento, operação, vapor, condensado e isolamento em cenários típicos de utilidades e processos industriais.

9.9. Vedação Industrial e a Segurança Industrial – 20 horas

9.9.1. Objetivo do Módulo

Capacitar o aluno a compreender, selecionar e avaliar sistemas de vedação utilizados em equipamentos rotativos e estacionários, relacionando essas tecnologias com segurança ocupacional, segurança da instalação, eficiência operacional e proteção ambiental. O módulo desenvolve competências para identificar modos de falha, avaliar riscos associados a vazamentos, selecionar materiais adequados, interpretar sistemas



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

auxiliares de selagem e entender os impactos da vedação na confiabilidade global de bombas, compressores e equipamentos industriais.

9.9.2. Ementa

Fundamentos de vedação industrial aplicada a bombas, compressores, misturadores e equipamentos estacionários. Juntas, O-rings, gaxetas, retentores, isoladores de mancal e tecnologias herméticas. Selos mecânicos: tipos, classificações, funcionamento, parâmetros de seleção, materiais e modos de falha. Sistemas auxiliares de selagem conforme API. Selos a gás secos (DGS) e aplicações avançadas. Relação direta entre vedação, segurança operacional, proteção ambiental e requisitos legais.

9.9.3. Conteúdo Programático Detalhado

1. Papel da Vedação na Confiabilidade e Segurança Industrial

- 1.1. Funções da vedação: contenção, isolamento e proteção
- 1.2. Consequências de falhas de vedação
 - 1.2.1. Riscos de vazamentos tóxicos e inflamáveis
 - 1.2.2. Contaminação ambiental e passivos legais
 - 1.2.3. Acidentes ocupacionais (queimaduras, intoxicações, despressurização)
 - 1.2.4. Paradas de produção e custos de manutenção
- 1.3. Vedação como elemento de segurança: visão normativa (NR-13, NR-26, API, ISO)
- 1.4. Vedação e a filosofia de equipamentos isentos de vazamento
- 1.5. Relação entre vedação e eficiência energética

2. Introdução às Vedações

- 2.1. Importância
- 2.2. Princípio de funcionamento das vedações
- 2.3. Classificação das vedações
- 2.4. Vedação estática versus vedação dinâmica

3. Juntas Industriais

- 3.1. Definição
- 3.2. Materiais (elastômeros, grafite, PTFE, espiraladas, metálicas)
- 3.3. Critérios de especificação conforme pressão, temperatura e fluido
- 3.4. Juntas e segurança: torqueamento, uniformidade e falhas comuns

4. Anel O (O-rings) e vedações elastoméricas (anel X e gaxetas injetadas)

- 4.1. Definição e funcionamento
- 4.2. Extrusão, mordidas e O-rings com back-up rings
- 4.3. Materiais (NBR, EPDM, Viton, FFKM, silicone, HNBR)
- 4.4. Compatibilidade química e térmica
- 4.5. Normas de fabricação e tolerâncias

5. Retentores (Selo de Lábio)

- 5.1. Definição e aplicações
- 5.2. Influência da pressão
- 5.3. Velocidade periférica e limites operacionais (ábacos)



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

- 5.4. Excentricidades e vibração
- 5.5. Critérios de montagem
- 5.6. Tipos de retentores (simples, duplo, vedação de pó etc.)

6. Isoladores de Mancal – Tipo Labirinto

- 6.1. Conceito e princípio sem contato
- 6.2. Redução de contaminação interna do óleo
- 6.3. Tipos e materiais
- 6.4. Aplicações em bombas, compressores e motores

7. Isoladores de Mancal Magnéticos

- 7.1. Operação sem atrito
- 7.2. Redução de perda energética
- 7.3. Aplicações industriais de alto desempenho

8. Equipamentos isentos de vazamento

- 8.1. Herméticos e semi-herméticos
- 8.2. Equipamentos com acoplamento magnético

9. Gaxetas de Compressão

- 9.1. Definição e funcionamento
- 9.2. Materiais (grafite, PTFE expandido, aramida, carbono etc.)
- 9.3. Formas construtivas e lubrificantes
- 9.4. Técnicas de instalação e compressão adequada
- 9.5. Aplicações em válvulas e bombas
- 9.6. Impacto na segurança (superaquecimento, desgaste, emissões)

10. Selos Mecânicos Úmidos

- 10.1. Introdução e fundamentos
- 10.2. Gaxetas entrelaçadas versus selos mecânicos
- 10.3. Componentes
 - 10.3.1. Faces de vedação ou vedação primária
 - 10.3.2. Vedações secundária
 - 10.3.3. Elemento elástico
 - 10.3.4. Pinos e acionamentos
 - 10.3.5. Partes metálicas
- 10.4. Funcionamento
 - 10.4.1. Película interfacial
 - 10.4.2. Geração de calor
 - 10.4.3. Selo trabalhando a seco: riscos
- 10.5. Tipos e classificações de selos mecânicos
 - 10.5.1. Selos Simples, duplos, múltiplos
 - 10.5.2. Selos componentes e selos cartuchos
 - 10.5.3. Selos internos e externos
 - 10.5.4. Selos hidraulicamente balanceado e não balanceado
 - 10.5.5. Selos pusher x não-pusher
 - 10.5.6. Selos autobalanceados e reversibilidade da pressão
- 10.6. Especificação de selos mecânicos



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

- 10.6.1. Parâmetros de seleção (pressão, temperatura, velocidade, fluido)
- 10.6.2. Materiais das faces (carbeto de silício, grafite, cerâmica)
- 10.6.3. Vedações secundárias (O-ring, PTFE, elastômeros especiais)
- 10.6.4. Velocidade periférica e pressão de contato
- 10.6.5. Efeito da compatibilidade química
- 10.6.6. Papel da transferência de calor
- 10.7. Dimensionamento e consideração térmica
 - 10.7.1. Análises básicas
 - 10.7.2. Importância da dissipação térmica ou flushing
 - 10.7.3. Papel do fluido de barreira
- 10.8. Montagem
- 10.9. Cuidados com alinhamento
 - 10.9.1. Instalação de selos componentes
 - 10.9.2. Instalação de cartuchos
 - 10.9.3. Ajustes de set screws e tolerâncias
- 10.10. Tipos de falhas mais comuns em selos mecânicos

11. Planos de Selagem API ou Sistemas Auxiliares de Selagem

- 11.1. Introdução aos planos de selagem
- 11.2. Objetivos: limpeza, refrigeração, lubrificação, barreira, segurança
- 11.3. Codificação API (Planos 01, 11, 21, 23, 32, 52, 53A/B/C, 62, 71, 74 etc.)
- 11.4. Comparações e aplicações industriais

12. Introdução aos Selos a Gás Secos (DGS – Dry Gas Seals)

- 12.1. Funcionamento sem contato
- 12.2. Aplicações em turbocompressores, bombas críticas, processos limpos
- 12.3. Sistemas auxiliares de gás (Plano 74)
- 12.4. Mecanismos de falha (contaminação, queda de pressão, vibração)

9.9.4. Resultados de Aprendizagem

Ao final do módulo, o aluno será capaz de:

- 1) Reconhecer o papel crítico das vedações na confiabilidade, segurança operacional e proteção ambiental, identificando riscos associados a falhas e suas implicações ocupacionais, normativas e econômicas.
- 2) Classificar corretamente os principais tipos de vedações industriais — estáticas, dinâmicas, elastoméricas, metálicas, gaxetas, retentores, isoladores e selos mecânicos — compreendendo seus princípios de funcionamento e limites operacionais.
- 3) Selecionar materiais adequados de vedação considerando fluido, pressão, temperatura, compatibilidade química, requisitos normativos e condições específicas de processo.
- 4) Avaliar modos de falha comuns em vedações (extrusão, desgaste, superaquecimento, falha por montagem, contaminação, cavitação induzida no selo, perda de lubrificação etc.) e propor ações corretivas e preventivas.



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

- 5) Interpretar e comparar diferentes tecnologias de vedação, incluindo vedações convencionais, selos mecânicos simples e duplos, selos cartucho, isoladores de mancal e sistemas de acoplamento magnético.
- 6) Aplicar conceitos fundamentais na escolha e especificação de selos mecânicos, analisando pressão, temperatura, velocidade periférica, fluido, características térmicas e requisitos de segurança.
- 7) Identificar o funcionamento e aplicação dos planos de selagem API, compreendendo objetivos, vantagens, riscos e limitações.
- 8) Descrever o funcionamento dos selos a gás secos (DGS) e seus sistemas auxiliares, reconhecendo aplicações industriais, riscos associados e condições críticas para operação segura.
- 9) Relacionar falhas de vedações com falhas mecânicas do equipamento, aplicando métodos de análise de causa raiz (RCA) em contextos reais de bombas, compressores e sistemas de processo.
- 10) Integrar práticas de vedação ao contexto de segurança industrial, reconhecendo requisitos normativos (NR-13, NR-26, API, ISO) e sua influência na confiabilidade de sistemas pressurizados.

9.10. Normas Técnicas Aplicadas Aos Sistemas de Bombeamentos, Gases e Vapor

9.10.1. Objetivo do Módulo

Apresentar as principais normas nacionais e internacionais aplicáveis a bombas, sistemas de bombeamento, tubulações, selos mecânicos, instalações de utilidades industriais (ar comprimido, vapor, vácuo) e segurança operacional. O aluno compreenderá quais normas existem, para que servem, quando são aplicáveis e quais requisitos impactam diretamente o dimensionamento, a instalação e a operação de sistemas industriais. Não se trata de um módulo de interpretação normativa profunda, mas uma visão prática e aplicada para engenheiros e profissionais da área.

9.10.2. Ementa

Panorama das normas ABNT, API, ANSI/ASME, ISO e HI aplicáveis a sistemas de bombeamento, tubulações industriais, vedações, compressores, ventiladores, equipamentos sujeitos a pressão e sistemas térmicos. Normas que definem tipos construtivos (ANSI/ASME B73.1, ISO 5199, API 610), requisitos de instalação, testes, desempenho, inspeção e segurança operacional. Aplicação prática das normas em seleção de equipamentos, confiabilidade, integridade mecânica e segurança industrial. Relação entre norma, boas práticas e operação segura de bombas, sistemas hidráulicos e de utilidades.

9.10.3. Conteúdo Programático Detalhado

1. Normas Aplicadas a Bombas Centrífugas



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria

Engenharia que conecta teoria à prática industrial

- 1.1. Bombas Industriais – Padrões Dimensionais e Construtivos
 - 1.1.1. ISO 2858: Dimensões principais para bombas centrífugas de sucção final (end-suction).
 - 1.1.2. ISO 5199: Requisitos de construção para bombas industriais Classe II.
 - 1.1.3. ISO 9908: Bombas Classe III (uso geral).
- 1.2. Bombas Americanas – ANSI/ASME
 - 1.2.1. ASME/ANSI B73.1: Bombas centrífugas horizontais de sucção final
 - 1.2.2. ASME/ANSI B73.2: Bombas centrífugas verticais inline.
 - 1.2.3. ASME/ANSI B73.3: Bombas herméticas e de acoplamento magnético.
- 1.3. Bombas de Serviço Severo – Oil & Gas
 - 1.3.1. API 610: Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries.
- 1.4. Ensaios, Desempenho e Tolerâncias
 - 1.4.1. ISO 9906: Testes de performance (Grades 1 e 2).
 - 1.4.2. HI Standards (Hydraulic Institute): HI 1.1–1.2, HI 9.6.7

2. Normas Aplicadas a Bombas de Deslocamento Positivo

- 2.1. Bombas Rotativas (Engrenagens, Lóbulos, Parafusos etc.)
 - 2.1.1. ISO 1217: Desempenho e testes de bombas rotativas.
 - 2.1.2. VDMA 24284 / 24279: Normas alemãs para bombas rotativas e de lóbulos
- 2.2. Bombas Alternativas
 - 2.2.1. API 674 — Reciprocating Pumps (bombas alternativas industriais de processo).
 - 2.2.2. API 675 — Bombas dosadoras (metering pumps), incluindo diafragma hidráulico.
- 2.3. Bombas Pneumáticas (AODD)
 - 2.3.1. ISO 9001 (qualidade)
 - 2.3.2. Diretrizes de materiais e compatibilidade química
 - 2.3.3. ATEX (EU) quando usadas em atmosferas explosivas.

3. Normas Aplicadas a Selos Mecânicos e Vedação

- 3.1. API 682 — Seals for Pumps: a norma mais importante para selos mecânicos.
- 3.2. ISO 21049 — Equivalente internacional da API 682.
- 3.3. ISO 6194 / DIN 3760 — Normas para retentores (shaft seals).
- 3.4. ASTM / ISO elastomers standards — Ensaios e compatibilidade.

4. Normas Aplicadas a Válvulas Industriais

- 4.1. API 600 — Válvulas gaveta.
- 4.2. API 602 — Gaveta compacta.
- 4.3. API 603 — Gaveta inox.
- 4.4. API 594 — Check-valves wafer.
- 4.5. API 598 — Testes de válvulas.
- 4.6. API 6D — Válvulas para transporte (pipelines).
- 4.7. ASME B16.x — Flanges, conexões, classes de pressão.
- 4.8. DIN/EN 558 — Face-to-face dimensions.
- 4.9. ISO 5208 — Teste de estanqueidade.

5. Normas para Tubulações, Conexões e Materiais



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

- 5.1. ASME B31.1 / B31.3 — Código de tubulação industrial (energia e processo).
- 5.2. ASME B36.10 / B36.19 — Schedules de aço carbono e inox.
- 5.3. ASTM A106, A53, A312, A790 — Materiais de tubos.
- 5.4. ISO / DIN / SMS (para tubos sanitários).

6. Normas Aplicadas a Compressores, Ventiladores e Sopradores

- 6.1. Compressores
 - 6.1.1. API 617 — Turbocompressores centrífugos.
 - 6.1.2. API 618 — Compressores alternativos.
 - 6.1.3. ISO 1217 — Medição de desempenho de compressores.
 - 6.1.4. ASME PTC 10 — Test code para compressores.
- 6.2. Ventiladores
 - 6.2.1. AMCA Standards (210, 300, 540) — Normas internacionais para ensaios de ventiladores.

7. Sopradores (Roots / Parafuso)

- 7.1. ISO 1217 — Também aplicável a sopradores industriais.
- 7.2. VDMA 24284 — Aspectos construtivos e de desempenho.
- 7.3. Normas Aplicadas a Sistemas de Vapor e Caldeiras
- 7.4. NR-13 (Brasil) — Caldeiras, vasos de pressão e tubulações.
- 7.5. ASME Section I / IV / VIII — Caldeiras e vasos de pressão.
- 7.6. ABNT NBR 13211 — Redes de vapor.
- 7.7. ISO 4126 — Válvulas de segurança.
- 7.8. API 520 / 521 — Seleção de válvulas de alívio.

8. Normas de Segurança, Instalação e Operação

- 8.1. NR-10 — Segurança em eletricidade.
- 8.2. NR-12 — Máquinas e equipamentos.
- 8.3. NR-26 — Sinalização / produtos perigosos.
- 8.4. NR-33 / NR-35 — Espaço confinado / trabalho em altura (instalações de bombas).
- 8.5. ATEX / IECEx — Atmosferas explosivas.

9.10.4. Resultados de Aprendizagem

Ao final do módulo, o aluno será capaz de:

- 1) Identificar as principais normas ABNT, ANSI/ASME, API, HI e ISO aplicáveis a bombas, tubulações, vedações e sistemas térmicos.
- 2) Compreender o papel de cada norma na segurança, operação e manutenção de equipamentos industriais.
- 3) Reconhecer diferenças entre bombas API, bombas ANSI e bombas ISO e sua aplicabilidade.
- 4) Interpretar requisitos essenciais de normas técnicas para seleção e instalação adequada de equipamentos.
- 5) Aplicar diretrizes normativas básicas para melhorar a confiabilidade e a segurança operacional de sistemas industriais.
- 6) Relacionar normas com boas práticas de inspeção, testes, integridade mecânica e contenção de emissões.



- 7) Avaliar quando e por que uma norma é obrigatória, recomendada ou apenas referência de boas práticas.

9.11. Introdução à Manutenção Baseada na Condição

9.11.1. Objetivo do Módulo

Introduzir os princípios, técnicas e ferramentas da Manutenção Baseada na Condição (Condition-Based Maintenance – CBM), capacitando o aluno a identificar sinais precoces de falha em equipamentos rotativos, interpretar dados de monitoramento, correlacionar variáveis físicas com modos de degradação e aplicar métodos de análise para tomada de decisão em confiabilidade. O módulo prepara o estudante para compreender os fundamentos e utilizar CBM como suporte técnico no diagnóstico de bombas, compressores, ventiladores, motores e selos mecânicos, contribuindo para a redução de falhas, aumento da disponibilidade e segurança operacional.

9.11.2. Ementa

Fundamentos da manutenção baseada na condição (CBM) e sua relação com confiabilidade e integridade mecânica. Técnicas de monitoramento: vibração, termografia, ultrassom, análise de óleo, inspeções sensoriais e monitoramento online. Modos de falha, mecanismos de degradação e indicadores característicos. Aplicação das técnicas em bombas, compressores, ventiladores e motores elétricos. Introdução a RCM, FMEA, análise de criticidade e tomada de decisão baseada em tendências. Estudo de caso real envolvendo falha em selo mecânico e bomba centrífuga, integrando diagnóstico, causa raiz e ações corretivas.

9.11.3. Conteúdo Programático Detalhado

1. Fundamentos da Manutenção Baseada na Condição (CBM)

- 1.1. Conceito e evolução da manutenção industrial
- 1.2. Diferença entre manutenção corretiva, preventiva e preditiva
- 1.3. O papel da CBM dentro da confiabilidade operacional
- 1.4. Indicadores de condição e suas limitações
- 1.5. Modos de falha vs. mecanismos de degradação

2. Técnicas de Monitoramento de Condição

- 2.1. Análise de Vibração (introdução aplicada a bombas e compressores)
 - 2.1.1. Desequilíbrio
 - 2.1.2. Desalinhamento
 - 2.1.3. Soltura mecânica
 - 2.1.4. Defeitos em rolamentos
 - 2.1.5. Pulsações e problemas hidráulicos
- 2.2. Termografia
 - 2.2.1. Identificação de hotspots
 - 2.2.2. Aquecimento anormal em mancais e selos
 - 2.2.3. Aplicações em painéis elétricos e motores



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

- 2.2.4. Aplicações para identificação de vazamentos ou entupimentos
- 2.3. Ultrassom industrial
 - 2.3.1. Vazamentos de ar
 - 2.3.2. Detecção precoce de falha em rolamentos
 - 2.3.3. Aplicações em bombas alternativas e vedações
- 2.4. Análise de Óleo
 - 2.4.1. 2.4.1. Viscosidade, contaminação e partículas
 - 2.4.2. 2.4.2. Desgaste e identificação de mecanismos de falha
 - 2.4.3. 2.4.3. Lubrificação e integridade de mancais
- 2.5. Inspeções sensoriais estruturadas (operator-driven reliability)
 - 2.5.1. Ruído
 - 2.5.2. Vazamentos
 - 2.5.3. Vibração perceptível e cheiro de aquecimento
- 2.6. Monitoramento Online e IoT industrial
 - 2.6.1. Parâmetros monitorados: vibração, temperatura, pressão
 - 2.6.2. Tendências e diagnóstico remoto
- 2.7. Alarmes e envelopes operacionais

3. Aplicações em Equipamentos Industriais

- 3.1. Bombas centrífugas
- 3.2. Bombas de deslocamento positivo
- 3.3. Compressores
- 3.4. Ventiladores e sopradores
- 3.5. Motores elétricos
- 3.6. Selos mecânicos e sistemas auxiliares

4. Ferramentas de Análise e Tomada de Decisão

- 4.1. Introdução ao RCM – Reliability-Centered Maintenance
- 4.2. Noções de FMEA e modos de falha críticos
- 4.3. Hierarquização por criticidade
- 4.4. Seleção da técnica CBM adequada por tipo de falha
- 4.5. Como interpretar tendências e definir ações

5. Estudo de Caso — Falha em Selo Mecânico e Bomba Centrífuga

- 5.1. Apresentação de casos reais de estudos de causa raiz

9.11.4. Resultados de Aprendizagem

Ao final do módulo, o aluno será capaz de:

- 1) Compreender os princípios da manutenção baseada na condição e sua relevância para confiabilidade industrial.
- 2) Identificar mecanismos típicos de falha em bombas, compressores, ventiladores e motores.
- 3) Selecionar técnicas adequadas de monitoramento para cada tipo de equipamento e falha.
- 4) Interpretar sinais e indicadores de degradação, correlacionando vibração, temperatura, ruído e partículas.



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

- 5) Realizar análise preliminar de tendência para suporte à tomada de decisão.
- 6) Compreender o papel do RCM, FMEA e análise de criticidade no planejamento de manutenção.
- 7) Aplicar CBM em situações reais, utilizando o estudo de caso do selo mecânico como referência.
- 8) Reconhecer eventos anormais precocemente, reduzindo risco de falhas catastróficas.

10. FAQ'S - PERGUNTAS FREQUENTES

10.1. O curso é reconhecido pelo MEC?

Sim. Este é um Curso de Pós-Graduação Lato Sensu, cadastrado e autorizado pelo Ministério da Educação (MEC), conforme a legislação vigente.

O registro oficial pode ser consultado diretamente no sistema do MEC ou [CLICANDO AQUI](#).

10.2. Quem pode se inscrever nesta Pós-Graduação?

Podem se inscrever profissionais com diploma de graduação reconhecido pelo MEC, especialmente das áreas de:

- Engenharia
- Tecnologia
- Manutenção, operação e confiabilidade industrial
- Profissionais que atuam com bombas, equipamentos industriais e sistemas de movimentação de fluidos

A análise da documentação é feita no momento da matrícula.

10.3. O curso é presencial ou a distância?

O curso é oferecido na modalidade EAD síncrona, com:

- aulas ao vivo,
- interação direta com o professor,
- encontros realizados via Microsoft Teams ou Google Meet.

10.4. As aulas ficam gravadas?

As aulas ao vivo serão gravadas e disponibilizadas para fins de acompanhamento acadêmico, conforme a política do curso.

No entanto, o programa mantém atividades, avaliações e interação síncrona, preservando o caráter acadêmico da pós-graduação.



10.5. Como funciona o ingresso contínuo?

O curso opera em regime de ingresso contínuo, o que significa que o aluno pode ingressar a qualquer momento, integrando uma turma única.

As disciplinas são interrelacionadas, mas uma não é pré-requisito para outra, permitindo que elas sigam um fluxo acadêmico organizado, garantindo que:

- o aluno curse todas as disciplinas do programa,
- inclusive aquelas já realizadas pela turma,
- sem prejuízo da carga horária ou do conteúdo.

10.6. Entrar depois não prejudica meu aprendizado?

Não. O curso foi estruturado justamente para permitir o ingresso em diferentes momentos, mantendo a integralização completa do currículo, com acompanhamento acadêmico adequado.

10.7. Qual é a duração do curso?

O curso possui 360 horas, com duração estimada de 12 meses, conforme o ritmo acadêmico do aluno e o cronograma do curso.

Além disso, há um módulo internacional complementar, com duração de 3 meses, vinculado ao Post-Baccalaureate Program (EUA).

10.8. O módulo internacional é obrigatório?

O módulo internacional integra a proposta acadêmica do curso como diferencial formativo, estando vinculado à parceria com o STAR Research Institute (EUA). Quem não desejar cursá-lo deve informar sua decisão no momento da matrícula.

10.9. O curso possui TCC?

O Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) não é obrigatório para a conclusão desta Pós-Graduação.

No entanto, o aluno que desejar poderá optar pelo desenvolvimento de um TCC, seguindo as orientações e critérios acadêmicos definidos pelo curso.

Essa opção permite aprofundamento técnico ou acadêmico em um tema de interesse do aluno, sem prejuízo à integralização do curso para aqueles que optarem por não realizá-lo.

10.10. Qual é o foco do curso?

O curso tem foco em aplicação prática de campo, abrangendo:

seleção e especificação de bombas e equipamentos industriais,

- operação e diagnóstico



ENGENHARIA & CIA

Cursos | Treinamentos | Softwares | Consultoria
Engenharia que conecta teoria à prática industrial

- sistemas sob vácuo, instalações industriais, vedação, normas técnicas e confiabilidade.

Não se trata de um curso excessivamente teórico ou matemático, mas de engenharia aplicada à realidade industrial.

10.11. Ao final do curso, qual certificado recebo?

Ao concluir o curso com aproveitamento, o aluno recebe:

- Diploma de Pós-Graduação Lato Sensu, com validade nacional no Brasil.
- O módulo internacional possui certificação própria, emitida pela instituição internacional parceira com validade nos Estados Unidos da América.

10.12. Quando o curso tem início?

O curso possui ingresso contínuo, com previsão de início a partir de fevereiro de 2026 (após o carnaval) para a abertura do fluxo acadêmico.

10.13. Fazer a pré-inscrição gera algum compromisso?

Não. A pré-inscrição não gera obrigação de matrícula nem qualquer tipo de pagamento. Ela serve apenas para:

- manifestar interesse,
- receber informações oficiais sobre matrícula, valores e cronograma.

10.14. Como faço para me inscrever?

O primeiro passo é realizar a pré-inscrição no formulário disponível nesta página. Após isso, a equipe acadêmica entrará em contato com as orientações para matrícula.