



Pós Graduação Lato Sensu

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



EDUCACIONAL



PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU
**ENGENHARIA DE MOVIMENTAÇÃO
DE FLUIDOS E
EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS**
– EAD

Coordenador Micelli R. Camargo



ENGENHARIA & CIA EDUCACIONAL
Pós-graduação Engenharia de Movimentação de Fluidos e
Equipamentos Industriais

Apresentação Acadêmica e Profissional do Curso

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

Coordenador de Curso Micelli R. Camargo

São Paulo, 15 de julho de 2026



(11) 95696-7808



contato@engenhariaecia.com



www.engenhariaecia.com/pos

Página 1 de 59

ENGENHARIA & CIA EDUCACIONAL

Pós-graduação Engenharia de Movimentação de Fluidos e Equipamentos Industriais

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. CONTATOS E INSCRIÇÃO	6
4. SOBRE O COORDENADOR DO CURSO	6
5. PÚBLICO ALVO	7
6. PARA EMPRESAS	7
7. PERFIL DO EGRESSO	7
8. Cronograma 2026-2027	8
9. COMPETÊNCIAS E HABILIDADES	8
9.1. Competências Técnicas	8
9.2. Competências Profissionais	9
10. PARCERIAS INSTITUCIONAIS E ESTRUTURA ACADÊMICA DO PROGRAMA	9
11. ESTRUTURA CURRICULAR	11
11.1. Fundamentos de Mecânica dos Fluidos – 30 horas	12
11.1.1. Objetivo do Módulo	12
11.1.2. Ementa	12
11.1.3. Conteúdo Programático Detalhado	12
11.1.4. Resultados de Aprendizagem	16
11.2. Bombas Centrífugas – 30 horas	16
11.2.1. Objetivo do Módulo	16
11.2.2. Ementa	16
11.2.3. Conteúdo Programático Detalhado	17
11.2.4. Resultados de Aprendizagem	22
11.3. Bombas de Deslocamento Positivo – 30 horas	22
11.3.1. Objetivo do Módulo	22
11.3.2. Ementa	23
11.3.3. Conteúdo Programático Detalhado	23
11.3.4. Resultados de Aprendizagem	26
11.4. Fundamentos das Instalações Para Líquidos, Gases e Vapores – 40 horas	27
11.4.1. Objetivo do Módulo	27

ENGENHARIA & CIA EDUCACIONAL

Pós-graduação Engenharia de Movimentação de Fluidos e Equipamentos Industriais

11.4.2.	Ementa	27
11.4.3.	Conteúdo Programático Detalhado	27
11.4.4.	Resultados de Aprendizagem	34
11.5.	Dimensionamento de Bombas – 30 horas	35
11.5.1.	Objetivo do Módulo.....	35
11.5.2.	Ementa	35
11.5.3.	Conteúdo Programático Detalhado	36
11.5.4.	Resultados de Aprendizagem	37
11.6.	Compressores, Sopradores e Ventiladores – 40 horas.....	37
11.6.1.	Objetivo do Módulo.....	37
11.6.2.	Ementa	38
11.6.3.	Conteúdo Programático Detalhado	38
11.6.4.	Resultados de Aprendizagem	40
11.7.	Sistemas Sujeitos a Vácuo e as Bombas de Vácuo – 30 horas	40
11.7.1.	Objetivo do Módulo.....	40
11.7.2.	Ementa	40
11.7.3.	Conteúdo Programático Detalhado	40
11.7.4.	Resultados de Aprendizagem	42
11.8.	Transferência de Calor Aplicada– 40 horas.....	43
11.8.1.	Objetivo do Módulo.....	43
11.8.2.	Ementa	43
11.8.3.	Conteúdo Programático Detalhado	43
11.8.4.	Resultados de Aprendizagem	47
11.9.	Vedação Industrial e a Segurança Industrial – 30 horas	47
11.9.1.	Objetivo do Módulo.....	47
11.9.2.	Ementa	48
11.9.3.	Conteúdo Programático Detalhado	48
11.9.4.	Resultados de Aprendizagem	51
11.10.	Normas Técnicas Aplicadas Aos Sistemas de Bombeamentos, Gases e Vapor – 30 horas	52
11.10.1.	Objetivo do Módulo.....	52
11.10.2.	Ementa	53
11.10.3.	Conteúdo Programático Detalhado	53
11.10.4.	Resultados de Aprendizagem	55
11.11.	Introdução à Manutenção Baseada na Condição – 30 horas	55

ENGENHARIA & CIA EDUCACIONAL

Pós-graduação Engenharia de Movimentação de Fluidos e Equipamentos Industriais

11.11.1.	Objetivo do Módulo.....	55
11.11.2.	Ementa	55
11.11.3.	Conteúdo Programático Detalhado	55
11.11.4.	Resultados de Aprendizagem	57
12.	FAQ'S - PERGUNTAS FREQUENTES	57
12.1.	O curso é reconhecido pelo MEC?	57
12.2.	Quem pode se inscrever nesta Pós-Graduação?	57
12.3.	O curso é presencial ou a distância?	58
12.4.	As aulas ficam gravadas?	58
12.5.	Como funciona o ingresso contínuo?	58
12.6.	Entrar depois não prejudica meu aprendizado?	58
12.7.	Qual é a duração do curso?	58
12.8.	O módulo internacional é obrigatório?	58
12.9.	O curso possui TCC?	59
12.10.	Qual é o foco do curso?	59
12.11.	Ao final do curso, qual certificado recebo?	59
12.12.	Quando o curso tem início?	59
12.13.	Fazer a pré-inscrição gera algum compromisso?	59
12.14.	Como faço para me inscrever?	59

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.

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:

✉ 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. PARA EMPRESAS

Para empresas, podemos desenvolver uma versão personalizada dessa pós-graduação para atender a necessidade específicas da sua empresa.

Observação: turma mínima de 20 alunos.

7. 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:

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.

8. CRONOGRAMA

Nosso curso é modular, permitindo o ingresso de novos alunos a qualquer início de módulo.

Cada módulo tem de 30 a 40 horas, acontecendo de 8 a 10 aulas.

Portanto, a cada 4 ou 6 semanas, temos o ingresso de novos alunos.

9. 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.

9.1. 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.

9.2. 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.

10. 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.

ENGENHARIA & CIA EDUCACIONAL

Pós-graduação Engenharia de Movimentação de Fluidos e Equipamentos Industriais

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.

e-MEC

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

Grau: Lato-sensu

Carga horária: 360 Horas

Duração: 12 (meses)

Periodicidade de oferta: Eventual

Data de início da oferta: 25/07/2025

Modalidade: Educação a Distância

Quantidade de vagas: 150

Documento de Criação do Curso:

Data do Documento: 22/07/2025

Situação de Funcionamento Atual: Ativo

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	Chapecó	SC

Curso de Graduação Vinculado: Não possui vínculo

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

ENGENHARIA & CIA EDUCACIONAL

Pós-graduação Engenharia de Movimentação de Fluidos e Equipamentos Industriais

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.

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.

11. ESTRUTURA CURRICULAR

O curso está dividido nos seguintes módulos:

- Fundamentos de Mecânica dos Fluidos – 30 horas
- Bombas Centrífugas – 40 horas
- Bombas de deslocamento positivo – 40 horas
- Fundamentos das Instalações Para Líquidos, Gases e Vapores – 40 horas
- Dimensionamento de Bombas – 30 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 – 30 horas
- Normas Técnicas Aplicadas Aos Sistemas de Bombeamentos, Gases e Vapor – 30 horas
- Introdução à Manutenção Baseada na Condição – 30 horas

11.1. Fundamentos de Mecânica dos Fluidos – 30 horas

11.1.1. Objetivo do Módulo

Introduzir ao aluno os fundamentos essenciais da mecânica dos fluidos aplicados a sistemas industriais, abrangendo propriedades básicas dos fluidos, estática, cinemática, equação da energia para líquidos e gases, cálculo de perdas de carga, modelos matemáticos para fluidos não-newtonianos e noções fundamentais sobre escoamentos transitórios.

11.1.2. Ementa

Fundamentos de mecânica dos fluidos aplicados a sistemas industriais. Propriedades dos fluidos e reologia. Estática dos fluidos: pressão, princípio de Stevin, medição e carga de pressão. Cinemática dos fluidos: regimes de escoamento, números de Reynolds e Mach, equação da continuidade. Equação da energia para líquidos e gases, potência e rendimento. Perdas de carga distribuídas e localizadas. Modelos matemáticos para fluidos não-newtonianos: Lei da Potência (Ostwald-de Waele), Bingham e Herschel-Bulkley. Introdução aos escoamentos transitórios, golpe de aríete e cálculo básico pela fórmula de Joukowsky. Escoamento por gravidade, linhas de energia e piezométrica e medição de vazão (Pitot, Venturi e placa de orifício).

11.1.3. Conteúdo Programático Detalhado

1. PROPRIEDADES DOS FLUIDOS

- 1.1. Conceito técnico de fluido
- 1.2. A Hipótese do Fluido Como Contínuo
- 1.3. O Princípio da Aderência
- 1.4. A Experiência das Duas Placas
- 1.5. Definição de Fluido
- 1.6. Lei de Newton da Viscosidade
- 1.7. Massa Específica
- 1.8. Peso Específico
- 1.9. Gravidade Específica (SG) ou Densidade Relativa
- 1.10. Viscosidade Dinâmica ou absoluta
- 1.11. Viscosidade Cinemática (ν) ou Viscosidade Relativa
- 1.12. Viscosidade Aparente
- 1.13. Tipos de Fluidos
- 1.14. Conceitos Fundamentais
- 1.15. Reologia
- 1.16. Deformação por Cisalhamento
- 1.17. Taxa de Deformação
- 1.18. Taxa de Cisalhamento
- 1.19. Gradiente de Velocidades
- 1.20. Fluidos newtonianos
- 1.21. Fluidos não-newtonianos
- 1.22. Pseudoplásticos (Shear Thinning)

- 1.23. Dilatantes (Shear Thickening)
- 1.24. Fluidos Plásticos (com Tensão de Escoamento)
- 1.25. Fluidos Tixotrópicos
- 1.26. Fluidos Reopéticos
- 1.27. Fluidos Viscoelásticos
- 1.28. Tensão superficial
- 1.29. Pressão Capilar (Lei de Laplace)
- 1.30. Capilaridade

2. Estática dos Fluidos

- 2.1. Conceito de Pressão (p)
- 2.2. Unidades Adicionais
- 2.3. Equivalências
- 2.4. Pressão Absoluta (pabs)
- 2.5. Pressão Atmosférica
- 2.6. Dependência com a Altitude
- 2.7. Fórmula Prática para Engenharia
- 2.8. Formas Simplificadas
- 2.9. Importância Prática
- 2.10. Pressão Relativa ou Pressão Efetiva
- 2.11. Escala de Pressão: Absoluta versus Efetiva
- 2.12. Princípio de Stevin (Pressão Hidrostática)
- 2.13. Carga de Pressão (h)
- 2.14. Influência da Altura do Manômetro na Leitura
- 2.15. Vasos comunicantes
- 2.16. Aplicações Práticas
- 2.17. Medidores de Pressão Tradicionais
- 2.18. Piezômetro
- 2.19. Manômetro em U
- 2.20. Manômetro de Bourdon

3. Cinemática dos Fluidos

- 3.1. Perfil de Velocidades
- 3.2. Escoamento Unidimensional ou Uniforme na Seção
- 3.3. Velocidade Média
- 3.4. Escoamento em Regime Permanente
- 3.5. Regime Não-Permanente ou Regime Transitório
- 3.6. Escoamento Laminar
- 3.7. Escoamento Turbulento
- 3.8. Escoamento de Transição
- 3.9. O Número de Reynolds (Re)
- 3.10. Número de Mach
- 3.11. Escoamento Incompressível
- 3.12. Escoamento Compressível
- 3.13. Vazão Volumétrica (Q)
- 3.14. Vazão mássica ou em massa
- 3.15. Sistemas e Volume de Controle

- 3.16. Equação da Continuidade e a Lei da Conservação da Massa
- 3.17. Conceito de Jato Livre
- 3.18. Reservatório de Grandes Dimensões

4. A Equação da Energia

- 4.1. Energia Mecânica do Fluido (E) associadas aos líquidos
- 4.2. Energia Potencial (E_{pot})
- 4.3. Energia Cinética (E_{cin})
- 4.4. Energia de Pressão (E_{pr})
- 4.5. Altura de Energia (H)
- 4.6. Altura de Energia Potencial (H_{pot})
- 4.7. Altura de Energia Cinética (H_{cin})
- 4.8. Altura de Energia de Pressão (H_{pr})
- 4.9. Apresentando a Equação da Energia
- 4.10. Fluido Ideal e a Equação de Bernoulli
- 4.11. Equação de Bernoulli na presença de uma Bomba
- 4.12. Conceito de Perda de Carga
- 4.13. Equação da Energia para Líquidos Reais
- 4.14. Aplicação da Equação da Energia
- 4.15. Equação da Energia Aplicada aos Gases
- 4.16. Energia Mecânica em Gases
- 4.17. Equação da Energia para Gases
- 4.18. Potência Hidráulica (Ph)
- 4.19. Rendimento da máquina
- 4.20. Potência de Eixo (P_e)

5. Cálculo de Perda de Carga

- 5.1. Classificação de Condutos
- 5.2. Conduto Forçado
- 5.3. Conduto Livre
- 5.4. Raio Hidráulico
- 5.5. Diâmetro Hidráulico (DH)
- 5.6. Camada Limite
- 5.7. Camada Limite em Condutos Forçados
- 5.8. Rugosidade Uniforme e a Rugosidade Equivalente (K)
- 5.9. Rugosidade Relativa
- 5.10. Classificação das Perdas de Carga
- 5.11. Perda de Carga Distribuída (H_d)
- 5.12. Método da Equação de Darcy-Weisbach
- 5.13. Obtendo o fator f
- 5.14. Escoamento Laminar
- 5.15. Escoamento Turbulento
- 5.16. Diagrama de Moody-Rouse
- 5.17. Equação de Colebrook-White
- 5.18. Equação de Swamee e Jain
- 5.19. Método das Fórmulas Empíricas
- 5.20. Método da Carga de Pressão por Comprimento de Tubo

- 5.21. Cálculo de Perda de Carga Localizada (HL)
- 5.22. Método de Cálculo pelo Comprimento Equivalente
- 5.23. Método de Cálculo Pelo Coeficiente k_s
- 5.24. Perda de Carga por Aceleração e Desaceleração em Bombas Alternativas

6. MODELOS MATEMÁTICOS PARA FLUIDOS NÃO-NEWTONIANOS

- 6.1. Introdução
- 6.2. Modelo da Lei da Potência (Ostwald-de Waele)
- 6.3. Viscosidade Aparente
- 6.4. Taxa de Cisalhamento na Parede do Tubo
- 6.5. Número de Reynolds Generalizado
- 6.6. Modelo de Bingham
- 6.7. Viscosidade aparente
- 6.8. Taxa de cisalhamento na parede
- 6.9. Gradiente de Pressão em Regime Laminar
- 6.10. Região de Núcleo (Plug Flow)
- 6.11. Número Hedstrom
- 6.12. Determinação do Fator de Atrito
- 6.13. Condição para Existência de Escoamento
- 6.14. Considerações sobre o Regime Turbulento
- 6.15. Modelo de Herschel-Bulkley
- 6.16. Viscosidade Aparente
- 6.17. Taxa de Cisalhamento na Parede
- 6.18. Número de Reynolds Generalizado
- 6.19. Determinação do Fator de Atrito (Regime Laminar)
- 6.20. Considerações sobre o Regime Turbulento
- 6.21. Considerações Finais

7. INTRODUÇÃO AOS ESCOAMENTOS TRANSITÓRIOS

- 7.1. Conceito de Escoamento Transitório
- 7.2. Principais Fenômenos Transitórios
- 7.3. Golpe de Aríete (Water Hammer)
- 7.4. Separação e Colapso de Coluna
- 7.5. Fórmula de Joukowski
- 7.6. Considerações Finais

8. ANEXO

- 8.1. Escoamento por Gravidade – Instalação Sem Bomba
- 8.2. Escoamento por Gravidade: Aproximação Empírica para Água – Fórmula de Hazen-Williams
- 8.3. Linhas de Energia e Linha Piezométrica
- 8.4. Conceito de carga total
- 8.5. Linha Piezométrica – HGL (Hydraulic Grade Line)
- 8.6. Linha de Energia – EGL (Energy Grade Line)
- 8.7. Como as linhas se comportam em um sistema real
- 8.8. Linha Piezométrica e Perfil do Terreno
- 8.9. Tubo de Pitot e Pitot-Estático

- 8.10. Princípio Físico
- 8.11. Tubo de Pitot
- 8.12. Tubo de Pitot-Estático
- 8.13. Aplicação na Determinação da Vazão
- 8.14. Aplicação com Sondas Eletrônicas
- 8.15. Medição de Vazão com uso da Equação de Bernoulli
- 8.16. Ideia física
- 8.17. Desenvolvimento Geral
- 8.18. Medidor Venturi
- 8.19. Placa de Orifício
- 8.20. Tabelas
- 8.21. Pressão Atmosférica em Função da Altitude
- 8.22. Dados da Água
- 8.23. Rugosidade Equivalente
- 8.24. Perda de Carga Localizada

11.1.4. 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.

11.2. Bombas Centrífugas – 40 horas

11.2.1. 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.

11.2.2. 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.

11.2.3. Conteúdo Programático Detalhado

1. INTRODUÇÃO

- 1.1. Definição das Bombas
- 1.2. Classificação Quanto à Transformação de Energia
- 1.3. Bombas Hidrostáticas, Volumétricas ou de Deslocamento Positivo
- 1.4. Bombas Hidrodinâmicas ou Bombas Rotodinâmicas
- 1.5. Comparativo entre Bombas Hidrostáticas e Hidrodinâmicas
- 1.6. Classificação das Bombas Quanto à Função
- 1.7. Bombas de Transferência
- 1.8. Bombas de Dosagem
- 1.9. Bombas de Pressurização

2. CLASSIFICAÇÃO DAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

- 2.1. Introdução
- 2.2. Classificação Quanto ao Regime de Escoamento Interno
- 2.3. Bombas Radiais (Centrífugas)
- 2.4. Bombas de Fluxo Misto
- 2.5. Bombas Axiais
- 2.6. Rotação Específica (Velocidade Específica)
- 2.7. Classificação na Prática Industrial
- 2.8. Classificação Quanto à Orientação do Eixo
- 2.9. Bombas de Eixo Horizontal
- 2.10. Bombas de Eixo Vertical
- 2.11. Classificação Quanto à Configuração Mecânica ou Suporte
- 2.12. Rotor em Balanço ou Cantilever
- 2.13. Rotor Entre Mancais (Bi-Apoiada)
- 2.14. Vertical Suspensa
- 2.15. Classificação Quanto ao Número de Rotores ou Estágios
- 2.16. Bombas Monoestágio
- 2.17. Bombas Multi-Estágio
- 2.18. Classificação Quanto às Conexões de Sucção e de Descarga
- 2.19. End-Top
- 2.20. Side-Side
- 2.21. Top-Top
- 2.22. Back Pull-Out (BPO)

3. FUNDAMENTOS DAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

- 3.1. Princípio de Funcionamento de Uma Bomba Centrífuga
- 3.2. Escorvamento ou Escorva da Bomba
- 3.3. Bombas Afogada e Não-Afogada
- 3.4. Procedimentos de Escorvamento em Bombas

- 3.5. Preenchimento Prévio da Tubulação de Sucção
- 3.6. Escorvamento por Tanque de Escorva
- 3.7. Uso de Bomba de Vácuo
- 3.8. Bombas Centrífugas Autoescorvantes
- 3.9. Limitação Física da Altura de Sucção
- 3.10. Limite Teórico
- 3.11. Influência da Massa Específica
- 3.12. Limitação Prática
- 3.13. Soluções para Alturas de Sucções Elevadas
- 3.14. Pressurização do reservatório
- 3.15. Utilização de bombas submersíveis
- 3.16. Bombas verticais de eixo prolongado
- 3.17. Sistemas com bomba de reforço (injeção)
- 3.18. Sistema de Injeção de Ar Comprimido (Air Lift)

4. COMPONENTES DAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

- 4.1. Rotor
- 4.2. Caixa Espiral, Voluta ou Corpo Espiral
- 4.3. Difusor
- 4.4. Eixo
- 4.5. Luva de Proteção do Eixo
- 4.6. Anéis de Desgastes ou Placas de Desgastes
- 4.7. Caixa de Vedação ou Caixa de Selagem
- 4.8. Elementos de Vedação
- 4.9. Gaxeta
- 4.10. Selos Mecânicos
- 4.11. Acoplamento Magnético Radial
- 4.12. Acoplamento
- 4.13. Materiais de Construção
- 4.14. Carcaça e Voluta
- 4.15. Ferro fundido cinzento e nodular
- 4.16. Aço carbono
- 4.17. Aços inoxidáveis
- 4.18. Ligas especiais
- 4.19. Rotor
- 4.20. Materiais para serviços com fluidos limpos e corrosivos
- 4.21. Materiais para serviços abrasivos
- 4.22. Anéis de Desgaste
- 4.23. Eixo
- 4.24. Luva de Proteção do Eixo (sleeve)
- 4.25. Materiais de Vedação
- 4.26. Elastômeros para vedações secundárias e anéis O
- 4.27. Faces do selo mecânico
- 4.28. Tabela Consolidada
- 4.29. Tabela Complementar — Materiais de Vedação

5. CURVAS E DESEMPENHO

- 5.1. As Curvas Características: Visão Geral
- 5.2. Curva Altura Manométrica (HB) versus Vazão (Q)
- 5.3. Como a Curva é Obtida?
- 5.4. Forma Típica da Curva HB $\times$ Q
- 5.5. Campo Básico de Funcionamento: Múltiplos Diâmetros
- 5.6. Curva do Sistema (CS)
- 5.7. Ponto de Operação (PO)
- 5.8. Campo Básico de Funcionamento: Múltiplas Rotações
- 5.9. Mapa de Seleção de Bombas
- 5.10. Curva Potência Absorvida (Pe) versus Vazão (Q)
- 5.11. Relação entre Potências e Rendimento
- 5.12. Curva Rendimento (η) versus Vazão (Q) e o BEP
- 5.13. Rendimento Hidráulico
- 5.14. Rendimento Volumétrico
- 5.15. Rendimento Mecânico (η_m)
- 5.16. Fatores Hidrodinâmicos
- 5.17. Consequências de Operar Fora do BEP
- 5.18. Curva NPSHr versus Vazão (Q)
- 5.19. Leis de Afinidade: Mudança das Curvas
- 5.20. Mudança de Curva pela Rotação
- 5.21. Mudança de Curva pelo Diâmetro
- 5.22. Resumo das Leis de Afinidade
- 5.23. Correção das Curvas pela Viscosidade
- 5.24. Associação de Bombas
- 5.25. Associação de Bombas em Paralelo
- 5.26. Associação de Bombas em Série
- 5.27. Cavitação

6. TIPOS ESPECIAIS DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

- 6.1. Bomba Centrífuga Multiestágios
- 6.2. Princípio Construtivo
- 6.3. Características de Desempenho
- 6.4. Aplicações Típicas
- 6.5. Curvas Características
- 6.6. Limitações e Cuidados Operacionais
- 6.7. Bomba Centrífuga Autoescorvante
- 6.8. Características Construtivas
- 6.9. Princípio de Funcionamento
- 6.10. Aplicações e Limitações
- 6.11. Curvas Características
- 6.12. Bomba Centrífuga Submersível
- 6.13. Princípio Construtivo
- 6.14. Vantagens e Limitações
- 6.15. Bomba Centrífuga Plástica
- 6.16. Materiais Utilizados e suas Aplicações

ENGENHARIA & CIA EDUCACIONAL

Pós-graduação Engenharia de Movimentação de Fluidos e Equipamentos Industriais

- 6.17. Características Construtivas e Limitações
- 6.18. Associação com Acoplamento Magnético
- 6.19. Bomba Centrífuga para Fluido Térmico (Óleo Térmico)
- 6.20. Solução Construtiva: O Projeto de Resfriamento
- 6.21. Aplicações e Cuidados Operacionais
- 6.22. Bomba Centrífuga Hermética e Semi-Hermética
- 6.23. Bomba Centrífuga Sanitária
- 6.24. Requisitos Normativos: 3A e EHEDG
- 6.25. Características Construtivas
- 6.26. Variantes para a Indústria Farmacêutica e Biotecnológica
- 6.27. Bomba de Polpa (Slurry Pump)
- 6.28. Curvas Características
- 6.29. Desafio do Desgaste Abrasivo
- 6.30. Soluções Construtivas
- 6.31. Critério de Seleção: Borracha ou Liga Dura?
- 6.32. Influência da Polpa no Desempenho Hidráulico
- 6.33. Influência da Concentração de Sólidos
- 6.34. Velocidade do Fluido e Taxa de Desgaste
- 6.35. Velocidade Mínima de Transporte
- 6.36. Bombas Verticais Suspensas
- 6.37. Princípio Construtivo
- 6.38. Curvas Características
- 6.39. Campo de Aplicação
- 6.40. Abastecimento de água e saneamento básico
- 6.41. Geração de energia e processo industrial
- 6.42. Irrigação e agronegócio
- 6.43. Normas aplicáveis e critérios de seleção por setor
- 6.44. Bombas Verticais para Mineração
- 6.45. Bomba com Rotor Vortex
- 6.46. Princípio de Funcionamento
- 6.47. Características de Desempenho
- 6.48. Aplicações Típicas
- 6.49. Bomba Helicoidal Centrífuga (Híbrida)
- 6.50. Princípio Construtivo
- 6.51. Comportamento Hidráulico Híbrido
- 6.52. Curvas Características
- 6.53. Aplicações Industriais
- 6.54. Comparação com a Bomba Vortex
- 6.55. Bomba de Fluxo Axial (Bomba Hélice)
- 6.56. Princípio Construtivo
- 6.57. Características de Desempenho
- 6.58. Aplicações Típicas
- 6.59. Bombas Anfíbias
- 6.60. Conceito e Princípio de Funcionamento
- 6.61. Tipos de Rotores
- 6.62. Seleção de Materiais

- 6.63. Formas de Instalação
- 6.64. Aplicações Típicas

7. MANUTENÇÃO, DIAGNÓSTICO E ANÁLISE DE FALHAS

- 7.1. Documentação Técnica
- 7.2. Vista Explodida
- 7.3. Desenho de Conjunto
- 7.4. Balanceamento do Rotor
- 7.5. Consequências do Desbalanceamento
- 7.6. Norma ISO 21940 (Graus de Balanceamento)
- 7.7. Como é Feito o Balanceamento
- 7.8. Alinhamento Motor-Bomba
- 7.9. Por que o Desalinhamento é Tão Prejudicial
- 7.10. Causas Principais de Desalinhamento
- 7.11. Métodos de Alinhamento: Comparativo
- 7.12. Retentores (Selos de Lábio)
- 7.13. Rugosidade do Eixo: A Janela Crítica
- 7.14. Velocidade Periférica: Limite por Material
- 7.15. Excentricidade e Interferência de Montagem
- 7.16. Gaxetas de Compressão
- 7.17. O Gotejamento Necessário
- 7.18. Diagnóstico de Falhas em Gaxetas
- 7.19. Selos Mecânicos: Teste de Integridade
- 7.20. Lubrificação de Mancais - Princípios e Gestão
- 7.21. Lubrificação por Óleo
- 7.22. Lubrificação por Graxa
- 7.23. Análise de Óleo como Ferramenta Preditiva
- 7.24. Falhas e Desgaste em Rotores
- 7.25. Tabela de Diagnóstico Operacional

8. OPERAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

- 8.1. Partida a Seco: A Falha que Acontece em Segundos
- 8.2. A Física do Dano: Por que Segundos São Suficientes
- 8.3. Vulnerabilidade por Tipo de Vedação
- 8.4. Causas Comuns de Partida a Seco
- 8.5. Prevenção: Projeto e Procedimento
- 8.6. No projeto da instalação
- 8.7. No procedimento operacional
- 8.8. Sequência de Primeira Partida - Análise Passo a Passo
- 8.9. Aspectos Elétricos Relevantes para a Operação
- 8.10. Corrente de Partida e Seus Efeitos Mecânicos
- 8.11. Métodos de Partida
- 8.12. Proteções Elétricas Essenciais
- 8.13. Procedimentos de Partida
- 8.14. Procedimentos de Parada: Normal e Emergencial
- 8.15. Parada Normal: Controle do Golpe Hidráulico

- 8.16. Parada de Emergência: Riscos Específicos
- 8.17. Golpe de Aríete: Consequências e Mitigação
- 8.18. Mecanismo Físico
- 8.19. Consequências Práticas
- 8.20. Mitigação: Soluções de Projeto e Operacionais
- 8.21. Operação com Vazão Mínima: Limites e Proteções
- 8.22. O que Acontece em Baixa Vazão
- 8.23. Vazão Mínima Admissível
- 8.24. Linha de Recirculação - Projeto e Operação
- 8.25. Monitoramento durante Operação: Parâmetros e Alertas
- 8.26. O Conceito de Baseline Operacional
- 8.27. Operação de Bombas em Paralelo e em Série
- 8.28. Partida de Bomba em Paralelo
- 8.29. Partida de Bomba em Série
- 8.30. Parada com Múltiplas Bombas

11.2.4. 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.

11.3. Bombas de Deslocamento Positivo – 40 horas

11.3.1. 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), pulsação e cavitação, avaliar limitações de operação, compreender sistemas de dosagem e selecionar tecnologias adequadas para diferentes fluidos, viscosidades e condições de processo, com metodologia estruturada de seleção e de interação com fabricantes.

11.3.2. Ementa

Princípios e conceitos das bombas de deslocamento positivo: comparação com bombas centrífugas, classificação, papel das folgas, pulsação e válvulas de alívio. Curvas e desempenho: curva teórica e real, slip, eficiência volumétrica, controle de vazão, influência da viscosidade e cavitação (NPSH e NPSP). Bombas rotativas: engrenagens externas e internas, gerotor, lóbulos e pistões circunferenciais, palhetas, cavidade progressiva (helicoidal), parafusos, rotor flexível, disco excêntrico e senoidal. Bomba peristáltica. Bombas alternativas: pistão e êmbolo, diafragma (acionamento mecânico, hidráulico e eletromagnético) e pneumática (AODD). Bombas dosadoras: conceito de dosagem, tecnologias, critérios de seleção e instalação típica. Seleção e aplicações das BDP: metodologia de perguntas, requisitos por segmento industrial, interação com o fabricante e erros comuns de seleção.

11.3.3. Conteúdo Programático Detalhado

1. INTRODUÇÃO ÀS BOMBAS DE DESLOCAMENTO POSITIVO

- 1.1. O Princípio de Funcionamento das BDP
- 1.2. BDP versus BC - Diferença Fundamental
- 1.3. Terminologia - Três Nomes para a Mesma Família
- 1.4. Classificação das BDP - Rotativas e Alternativas
- 1.5. Bombas Alternativas
- 1.6. Bombas Rotativas
- 1.7. O Caso Especial: Bomba Peristáltica
- 1.8. O Papel das Folgas nas BDP Rotativas
- 1.9. Por que as Folgas Existem
- 1.10. Viscosidade e Folga - Uma Relação Crítica
- 1.11. Folgas e Escorvamento
- 1.12. Pulsação de Fluxo - Causas e Mitigação
- 1.13. Por que a Pulsação Ocorre
- 1.14. Consequências da Pulsação
- 1.15. Mitigação da Pulsação
- 1.16. Válvula de Alívio - Proteção Obrigatória
- 1.17. Localização e Configuração
- 1.18. Ajuste do Set Point
- 1.19. Válvulas de Alívio Bidirecionais

2. CURVAS E DESEMPENHO DAS BDP

- 2.1. A Curva Característica da BDP - Teórica e Real
- 2.2. A Curva Teórica - Reta Vertical
- 2.3. A Curva Real - O Efeito do Slip
- 2.4. Eficiência Volumétrica
- 2.5. Curva do Sistema (CS)
- 2.6. Ponto de Operação (PO)
- 2.7. Controle de Vazão em BDP
- 2.8. Variação de Rotação ou Número de Ciclos
- 2.9. Ajuste o Volume Deslocado por Ciclo

- 2.10. O Bypass - Controle por Desvio
- 2.11. Viscosidade e Desempenho nas BDP
- 2.12. Efeito sobre a Potência Necessária
- 2.13. Efeito sobre o Slip
- 2.14. Viscosidade e Seleção de Bomba
- 2.15. Pulsação - Análise e Quantificação
- 2.16. Índice de Pulsação
- 2.17. Perdas por Aceleração - Impacto no Dimensionamento
- 2.18. Válvula de Alívio - Dimensionamento e Posicionamento
- 2.19. Posicionamento Correto
- 2.20. Set Point - Ajuste Correto
- 2.21. Dimensionamento da Capacidade
- 2.22. Válvulas de Alívio Bidirecionais
- 2.23. Cavitação nas BDP
- 2.24. NPSH ou NPSP
- 2.25. Outras Origens da Cavitação
- 2.26. Por Dificuldade De Preenchimento Volumétrico

3. BOMBAS DE DESLOCAMENTO POSITIVO ROTATIVAS

- 3.1. Bombas de Engrenagens Externas (Spur Gear Pump)
- 3.2. Por que Engrenagens de Dentes Retos?
- 3.3. Lubrificação pelo Produto Bombeado – Ponto Crítico
- 3.4. Cavitação Inerente ao Funcionamento
- 3.5. Bombas de Engrenagens Internas (Internal Gear Pump)
- 3.6. Pontos Críticos de Operação e Manutenção
- 3.7. Folga axial - o parâmetro central de ajuste
- 3.8. Lubrificação da bucha do pino
- 3.9. Fluidos que solidificam que requerem aquecimento
- 3.10. Desgaste do crescente
- 3.11. Engrenagens Internas versus Engrenagens Externas
- 3.12. Bomba de Engrenagens Internas Gerotor
- 3.13. Bombas de Lóbulos ou de Pistões Circunferenciais
- 3.14. Componentes da Bomba de Lóbulos
- 3.15. Curvas Características e Correção por Viscosidade
- 3.16. O efeito da viscosidade no gráfico
- 3.17. Potência de Eixo necessária
- 3.18. Bombas de Palhetas (Sliding Vane Pumps)
- 3.19. Mecanismos de Força sobre as Palhetas
- 3.20. Compensação do Desgaste
- 3.21. Materiais das Palhetas
- 3.22. Bombas Helicoidais (Cavidade Progressiva)
- 3.23. Número de Estágios
- 3.24. Bombas de Parafusos
- 3.25. Diferença Construtiva Fundamental
- 3.26. Parafuso Triplo
- 3.27. Parafuso Duplo
- 3.28. Outros Tipos de Bombas Rotativas

- 3.29. Bomba de Rotor Flexível
- 3.30. Bomba de Disco Excêntrico
- 3.31. Bomba Senoidal

4. BOMBA PERISTÁLTICA – UMA BOMBA ESPECIAL

- 4.1. Inspiração Biológica - A Peristalse
- 4.2. Principais Componentes
- 4.3. Princípio de Funcionamento
- 4.4. Sapatas versus Roletes
- 4.5. Sapata
- 4.6. Roletes
- 4.7. Curvas Características
- 4.8. O Mangote
- 4.9. Detector de Vazamento
- 4.10. A Pulsação
- 4.11. Características Operacionais
- 4.12. Limitações
- 4.13. Aplicações Típicas
- 4.14. Sapatas Versus Roletes: O Que Dizem Os Fabricantes
- 4.15. Fabricantes de Bombas de Sapatas Sobre os Roletes
- 4.16. Fabricantes De Bombas De Roletes Sobre As Sapatas

5. BOMBAS DE DESLOCAMENTO POSITIVO ALTERNATIVAS

- 5.1. Princípio Geral das Alternativas
- 5.2. Bombas de Pistão ou de Êmbolo
- 5.3. Diferença Conceitual e Terminológica
- 5.4. Mecanismos de Acionamento
- 5.5. Configurações Multicilíndricas: Redução de Pulsação
- 5.6. Perda de Carga por Aceleração e Desaceleração
- 5.7. Câmaras Separadas: Proteção do Fluido de Processo
- 5.8. Bombas de Diafragma
- 5.9. Acionamento Mecânico Direto
- 5.10. Acionamento Hidráulico
- 5.11. Acionamento Eletromagnético
- 5.12. Diafragma Simples versus Diafragma Diversos
- 5.13. Materiais do Diafragma
- 5.14. Válvulas de Retenção
- 5.15. Vantagens e Limitações
- 5.16. Bomba Pneumática
- 5.17. Efeito Joule-Thomson: Congelamento no Escapamento
- 5.18. Energia Pneumática e Eficiência Energética
- 5.19. Bomba Pneumática Não-Requer Válvula de Alívio
- 5.20. Curva Característica da Bomba Pneumática
- 5.21. Influência da Viscosidade na Curva Característica
- 5.22. Influência da Massa Específica
- 5.23. Especificação da Bomba Pneumática
- 5.24. Acessórios: Amortecedor de Pulsação e Spill Stop

5.25. Vantagens das Bombas Pneumáticas

6. BOMBAS DOSADORAS

- 6.1. Conceito de Dosagem
- 6.2. Parâmetros Específicos de Especificação
- 6.3. Tecnologias para Dosagem
- 6.4. Critérios de Seleção
- 6.5. Mecanismo de Ajuste de Vazão
- 6.6. Instalação de dosagem típica

7. SELEÇÃO E APLICAÇÕES DAS BDP

- 7.1. Metodologia das Perguntas
- 7.2. Pergunta 1: O Fluido é Bombeável por BDP?
- 7.3. Pergunta 2: Quais são as Restrições do Fluido?
- 7.4. Pergunta 3: Quais são os Requisitos de Processo?
- 7.5. Pergunta 4: Quais são as Restrições de Instalação?
- 7.6. Pergunta 5: Qual é o Segmento Industrial?
- 7.7. Indústria com Grau Sanitário: Alimentícia, Bebidas, Farmacêutica e Cosmética
- 7.8. Indústria Química e Petroquímica
- 7.9. Mineração e Saneamento
- 7.10. Petróleo, Gás e Geração de Energia
- 7.11. Indústria de Papel e Celulose
- 7.12. Pergunta 6: Fluido tem Características Especiais?
- 7.13. Fluidos Não Newtonianos
- 7.14. Fluidos com Gases Dissolvidos ou em Mistura Bifásica
- 7.15. Fluidos Sensíveis à Temperatura
- 7.16. Metodologia da Interação com o Fabricante
- 7.17. Informações que o Comprador Deve Fornecer
- 7.18. Perguntas que o Comprador Deve Fazer ao Fabricante
- 7.19. Resumo das BDP
- 7.20. Erros Comuns de Seleção e Como Evitá-los
- 7.21. Selecionar para Água quando o Fluido é Outro
- 7.22. Ignorar o Fator de Correção de Viscosidade
- 7.23. Confundir Pressão Máxima como Pressão de Operação
- 7.24. Copiar a Especificação de uma Bomba Existente
- 7.25. Não Verificar o Compressor para Bomba Pneumática

11.3.4. 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.
- 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.

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

11.4.1. Objetivo do Módulo

Capacitar o aluno a compreender a estrutura, os componentes, os critérios de seleção e os princípios de funcionamento das instalações industriais para líquidos, gases e vapores, abrangendo tubulações, válvulas, acessórios, instrumentação, reservatórios e vasos de processo. O módulo fornece a base necessária para análise dos arranjos típicos de bombeamento, de gases e de vapor, escolha de diâmetros de tubulação, seleção de válvulas e compreensão dos efeitos operacionais sobre bombas e demais equipamentos.

11.4.2. Ementa

Fundamentos das instalações industriais para escoamento de líquidos, gases e vapores: anatomia da instalação, função dos componentes e critérios de uma boa instalação. Tubulações industriais e materiais: classificação por fluido e aplicação; aço carbono, aços-liga Cr-Mo, inoxidáveis, plásticos industriais (PVC, CPVC, PP, PVDF, PEAD) e ligas especiais; padrões dimensionais NPS e Schedule, normas ASME, DIN e ISO e tipos de uniões; seleção do diâmetro por velocidade admissível e diâmetro econômico. Válvulas industriais: classificação funcional, classes de pressão (ASME B16.34), componentes, tipos de válvulas, válvulas de controle, coeficientes de vazão CV e KV, perda de carga e seleção por sistema. Acessórios e componentes: filtros de linha, acessórios de instalação, instrumentação de processo e juntas de expansão. Reservatórios e vasos de processo: classificação, tampos e fundos, requisitos da NR-13 e segurança contra vácuo. Arranjos típicos de instalações de bombeamento, de gases e de vapor: sucção, escorvamento, circuitos abertos e fechados, hierarquia da rede de vapor, retorno de condensado e bomba de alimentação de caldeira. Boas práticas, operação e segurança: montagem e alinhamento, testes de pressão e inspeção, comissionamento, operação segura com vapor e gases, manutenção preventiva, gestão de mudanças (MOC) e normas brasileiras aplicáveis.

11.4.3. Conteúdo Programático Detalhado

1. INTRODUÇÃO

- 1.1. Visão Geral da Instalação
- 1.2. Para Que Serve Uma Instalação De Bombeamento

- 1.3. Onde Aparece
- 1.4. O Papel Da Bomba
- 1.5. Equipamentos Similares Às Bombas
- 1.6. Anatomia de uma Instalação Típica para Líquidos
- 1.7. O Lado da Sucção
- 1.8. Componentes típicos da sucção
- 1.9. O Lado da Descarga (Recalque)
- 1.10. Componentes típicos da descarga
- 1.11. Os Acessórios e Instrumentos
- 1.12. Como Cada Componente Afeta o Escoamento
- 1.13. O Conceito Prático de Perda de Carga
- 1.14. Categorias de Componentes pelo Impacto
- 1.15. Curva do Sistema e o Ponto
- 1.16. Particularidades de Instalações para Gases
- 1.17. O que tem na instalação de gás
- 1.18. Cuidados peculiares em instalações de gás
- 1.19. Particularidades de Instalações para Vapor
- 1.20. O Que Tem de Diferente na Instalação de Vapor
- 1.21. Cuidados peculiares em instalações de vapor
- 1.22. Comparativo Prático: O Que Tem em Cada Instalação
- 1.23. Critérios de uma Boa Instalação
- 1.24. Especificação Correta dos Materiais
- 1.25. Dimensionamento da Tubulação
- 1.26. Instrumentação para monitoramento contínuo
- 1.27. Proteção contra transientes e operação fora da faixa
- 1.28. Suportação e Alinhamento Corretos
- 1.29. Procedimentos Documentados
- 1.30. Tópicos Complementares
- 1.31. Como Ler um Diagrama de Instalação
- 1.32. Exemplo
- 1.33. Lado da Sucção
- 1.34. Bomba
- 1.35. Lado da Descarga
- 1.36. Como o Sistema Opera
- 1.37. Convenções de Identificação
- 1.38. Instalações Modulares (Skid Mounted)
- 1.39. Limitação
- 1.40. Onde os Tipos de Bomba Entram

2. TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS E MATERIAIS

- 2.1. Classificação por Tipo de Fluido e Aplicação
- 2.2. Tubulação para Líquidos
- 2.3. Tubulação para Gases
- 2.4. Corrosão seca (high-temperature corrosion)
- 2.5. Tubulação para Vapor
- 2.6. Vapor Saturado
- 2.7. Vapor superaquecido ou Vapor Seco

- 2.8. Fluência (creep)
- 2.9. Tubulação Sanitária
- 2.10. Acabamento Superficial
- 2.11. Boas Práticas de Instalação Sanitária
- 2.12. Materiais de Tubulação Industrial
- 2.13. Aço Carbono
- 2.14. Composição e propriedades
- 2.15. Principais especificações ASTM para tubos de aço carbono
- 2.16. Limitações do aço carbono
- 2.17. Aços-Liga Cromo-Molibdênio (Cr-Mo)
- 2.18. Aço Inoxidável
- 2.19. Classificação microestrutural
- 2.20. AISI 304 e 304L – Uso geral
- 2.21. AISI 316 e 316L – Com molibdênio
- 2.22. Materiais Plásticos: PVC, CPVC, PP, PVDF e PEAD
- 2.23. PVC – Cloreto de Polivinila
- 2.24. CPVC – PVC Clorado
- 2.25. PP – Polipropileno
- 2.26. PVDF – Fluoreto de Polivinilideno
- 2.27. PEAD – Polietileno de Alta Densidade
- 2.28. Ligas Especiais e Materiais de Alta Performance
- 2.29. Padrões Dimensionais: Schedule e Normas
- 2.30. O Sistema NPS
- 2.31. Schedule
- 2.32. Tabela NSP versus Schedule
- 2.33. Normas DIN e ISO – Sistema Europeu
- 2.34. Tipos de Uniões
- 2.35. Uniões Flangeadas
- 2.36. Uniões Soldadas
- 2.37. Uniões Roscadas
- 2.38. Conexões Sanitárias
- 2.39. Acoplamentos Rápidos e Mecânicos
- 2.40. Seleção do Diâmetro de Tubulação
- 2.41. Critério de Velocidade Admissível
- 2.42. Cálculo do Diâmetro pela Equação da Continuidade
- 2.43. Diâmetro Econômico Ótimo
- 2.44. Consequências da Escolha Inadequada do Diâmetro

3. VÁLVULAS INDUSTRIAIS

- 3.1. Classificação Funcional das Válvulas
- 3.2. Classe de Pressão e Temperatura – ASME B16.34
- 3.3. Grupos de Materiais e Pressão × Temperatura
- 3.4. Componentes Fundamentais e suas Funções
- 3.5. Corpo da válvula
- 3.6. Castelo ou Bonnet
- 3.7. Mecanismo de Abertura e Fechamento e de vedação
- 3.8. Vedações da haste

- 3.9. Extremidades ou Conexões
- 3.10. Meios de Operação das Válvulas
- 3.11. By Pass
- 3.12. Materiais de Construção das Válvulas
- 3.13. Tipos de Válvulas Industriais
- 3.14. Válvula Gaveta (Gate Valve)
- 3.15. Pressurização da Cavidade Entre o Corpo e o Castelo
- 3.16. Válvula Globo (Globe Valve)
- 3.17. Válvula Globo com Não-Retorno ou Globo SDNR
- 3.18. Válvula Angular (Angle Valve)
- 3.19. Válvula Globo Tipo Y ou Válvula Y
- 3.20. Válvula Agulha (Needle Valve)
- 3.21. Válvula Globo Pistão (Piston Valve) ou Válvula Sem Assento (Seatless Valve)
- 3.22. Válvula Guilhotina (knife gate ou guillotine valve)
- 3.23. Válvula Diafragma (Diaphragm Valve)
- 3.24. Válvula Esfera (Ball Valve)
- 3.25. Válvula Macho ou Plugue (Plug Valve)
- 3.26. Válvula Borboleta
- 3.27. Válvula Mangote (Pinch Valve)
- 3.28. Válvula de Retenção (Check Valve)
- 3.29. Componentes da Válvula de Retenção de Portinhola
- 3.30. Componentes da Válvula de Retenção de Levantamento ou de Pistão
- 3.31. Componentes da Válvula de Retenção de Esfera
- 3.32. Componentes da Válvula de Retenção de Dupla Portinhola
- 3.33. Componentes da Válvula de Retenção de Pé
- 3.34. Válvulas de Segurança e Válvulas de Alívio
- 3.35. Diferenças entre as Válvulas de Segurança (PSV) e Alívio (PRV)
- 3.36. Disco de Ruptura
- 3.37. Válvula Quebra-Vácuo (Vacuum Breaker Valve)
- 3.38. Válvula Quebra Vácuo com Retenção Esfera
- 3.39. Válvula Quebra Vácuo com Contrapeso
- 3.40. Válvula Quebra Vácuo com Molas
- 3.41. Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo (PVRV)
- 3.42. Válvula Redutora de Pressão (PRV)
- 3.43. Válvula Reguladora de Pressão de Ação Direta
- 3.44. Válvula Reguladora de Pressão Auto Operada ou Pilotada
- 3.45. Válvula Ventosa ou Desaeradora
- 3.46. Válvula Ventosa Simples
- 3.47. Válvula Ventosa Combinada
- 3.48. Válvulas de Controle
- 3.49. Coeficientes de Vazão (CV) e (KV)
- 3.50. Coeficiente de Vazão CV
- 3.51. Coeficiente de Vazão KV
- 3.52. Relações entre CV e KV
- 3.53. Característica de Vazão Inerente
- 3.54. Perda de Carga em Válvulas

- 3.55. Seleção de Válvulas por Sistema
- 3.56. Sistemas de Bombeamento de Líquidos
- 3.57. Sistemas de Gases e Ar Comprimido
- 3.58. Sistemas de Vapor e Condensado
- 3.59. Normas de Fabricação e Classificação das Válvulas
- 3.60. Classes de Estanqueidade – FCI 70-2 / ANSI/ISA 75.07

4. ACESSÓRIOS E COMPONENTES DE INSTALAÇÕES

- 4.1. Filtros de Linha: Proteção dos Equipamentos
- 4.2. Filtro Y ou Y-Strainer
- 4.3. Filtro de Cesto (Basket Strainer)
- 4.4. Acessórios de Instalação
- 4.5. Conexões (Fittings)
- 4.6. Drenos e Respiros
- 4.7. Amortecedor de Pulsação ou Atenuador de Pulsos
- 4.8. Instrumentação de Processo: Fundamentos e Seleção
- 4.9. Medição e Monitoramento de Pressão
- 4.10. Manômetros de Bourdon
- 4.11. Transmissores ou Transdutores de Pressão
- 4.12. Pressostatos
- 4.13. Medição de Vazão
- 4.14. Medidores de Pressão Diferencial (ΔP)
- 4.15. Placa de Orifício
- 4.16. Tubo de Venturi
- 4.17. Medidor Eletromagnético (Magflowmeter)
- 4.18. Medidor por Efeito Coriolis
- 4.19. Medidores Ultrassônicos
- 4.20. Tempo de Trânsito
- 4.21. Efeito Doppler
- 4.22. Configurações
- 4.23. Medidor de Turbina
- 4.24. Rotâmetro (Medidor de Área Variável)
- 4.25. Medição de Temperatura
- 4.26. Termopares (Thermocouple)
- 4.27. RTDs – Detectores de Temperatura por Resistência
- 4.28. Termômetro Bimetálico de Mostrador
- 4.29. Medição de Nível
- 4.30. Medição por Diferencial de Pressão (DP)
- 4.31. Medição Ultrassônica
- 4.32. Medição por Radar Sem Contato (FMCW)
- 4.33. Medição por Radar de Onda Guiada (GWR)
- 4.34. Medidor por Boia
- 4.35. Resumo dos medidores de nível
- 4.36. Critérios Gerais de Instalação para Instrumentação
- 4.37. Tomadas de Pressão e Ramais de Impulso
- 4.38. Proteção Contra Pulsação
- 4.39. Proteção Contra Vibração e Temperatura

- 4.40. Integração com Bombas Centrífugas e Alternativas
- 4.41. Visores de Fluxo
- 4.42. Visor Tubular (Sight Glass Simples)
- 4.43. Visor com Pá Articulada (Flapper)
- 4.44. Visor tipo rotativo (paddle Wheel/rotor)
- 4.45. Visor tipo flutuador (float/ball)
- 4.46. Critérios de aplicação
- 4.47. Visores de Nível
- 4.48. Visor tubular
- 4.49. Visor Reflexivo
- 4.50. Visor Transparente
- 4.51. Visor de Nível Magnético (Magnetic Level Gauge)
- 4.52. Materiais e Limites Operacionais
- 4.53. Critérios de Seleção e Instalação
- 4.54. Caldeiras (NR-13)
- 4.55. Juntas de Expansão
- 4.56. Juntas de Expansão Metálicas
- 4.57. Tipos por Movimento Absorvido
- 4.58. Empuxo da Pressão e Pontos Fixos
- 4.59. Posicionamento de Guias
- 4.60. Material Conforme Aplicação
- 4.61. Cuidados de instalação e operação
- 4.62. Vida em ciclos
- 4.63. Juntas de Expansão de Borracha (Elastoméricas)
- 4.64. Juntas de Expansão de Tecido
- 4.65. Juntas de expansão de PTFE
- 4.66. Critérios de seleção entre tipos

5. RESERVATÓRIOS E VASOS DE PROCESSO

- 5.1. Introdução
- 5.2. Classificação dos Reservatórios
- 5.3. Por Função no Processo
- 5.4. Por Geometria
- 5.5. Cilíndrico vertical
- 5.6. Cilíndrico horizontal
- 5.7. Esférico
- 5.8. Tampos e Fundos de Reservatórios
- 5.9. Requisitos NR-13 – Vasos de Pressão no Brasil
- 5.10. Categorização de Vasos
- 5.11. Dispositivos de Segurança Obrigatórios
- 5.12. Inspeção Periódica
- 5.13. Segurança Contra Vácuo
- 5.14. Como o Vácuo é Gerado?
- 5.15. Dimensionamento por API 2000
- 5.16. A norma calcula duas capacidades diferentes
- 5.17. Exemplo de ordem de grandeza

6. ARRANJOS TÍPICOS DE INSTALAÇÕES DE BOMBEAMENTO

- 6.1. Introdução
- 6.2. Arranjos Quanto à Sucção
- 6.3. Bomba Afogada (Sucção com Pressão Positiva)
- 6.4. Componentes característicos da sucção afogada
- 6.5. O que não existe na bomba afogada
- 6.6. Como isso reflete na operação da bomba
- 6.7. Escorvamento e partida com bomba afogada
- 6.8. Boas práticas adicionais na sucção afogada
- 6.9. Bomba Não-Afogada (Sucção com Pressão Negativa)
- 6.10. Componentes característicos da sucção não-afogada
- 6.11. O que é diferente na sucção não-afogada
- 6.12. Como isso reflete na operação da bomba
- 6.13. Procedimentos de Escorvamento
- 6.14. Preenchimento Prévio da Tubulação de Sucção
- 6.15. Escorvamento por Tanque de Escorva
- 6.16. Uso de Bomba de Vácuo
- 6.17. Bombas Autoescorvantes
- 6.18. Instalação em Circuito Aberto
- 6.19. Instalação em Circuito Fechado

7. ARRANJOS TÍPICOS DE INSTALAÇÕES DE GASES

- 7.1. Introdução
- 7.2. Tipos de Equipamento por Faixa de Pressão
- 7.3. Arranjos Quanto à Sucção
- 7.4. Componentes característicos da sucção
- 7.5. Sucção de ar atmosférico versus gás de processo
- 7.6. Arranjos Quanto à Descarga
- 7.7. Componentes característicos da descarga
- 7.8. Rede de distribuição com drenos em pontos baixos
- 7.9. Arranjos Quanto ao Circuito
- 7.10. Distribuição em rede aberta (ar comprimido)
- 7.11. Circuito fechado de gás (gás reciclado)
- 7.12. Compressão para armazenamento
- 7.13. Cuidados Operacionais Específicos
- 7.14. Surge e choke em compressor centrífugo
- 7.15. Aquecimento por compressão e descarga térmica
- 7.16. Condensado na rede e drenagem programada
- 7.17. Atmosfera classificada para gases inflamáveis

8. ARRANJOS TÍPICOS DE INSTALAÇÕES DE VAPOR

- 8.1. Introdução
- 8.2. Hierarquia da Rede de Vapor
- 8.3. Componentes Específicos da Rede de Vapor
- 8.4. Separador de umidade
- 8.5. Purgadores de condensado (steam traps)
- 8.6. Ventosa para gases não condensáveis

- 8.7. Retorno de Condensado
- 8.8. Linha de retorno e inclinações
- 8.9. Tanque flash
- 8.10. Bomba de retorno de condensado
- 8.11. Bomba de Alimentação da Caldeira (BFW pump)

9. BOAS PRÁTICAS, OPERAÇÃO E SEGURANÇA

- 9.1. Introdução
- 9.2. Montagem e Alinhamento de Tubulações
- 9.3. Esforços nos Bocais de Bombas - Limites Admissíveis
- 9.4. Normas para Cargas Admissíveis nos Bocais
- 9.5. Alinhamento Bomba - Motor
- 9.6. Tipos de desalinhamento
- 9.7. Métodos de alinhamento
- 9.8. Tolerâncias de alinhamento
- 9.9. Fundações e Chumbamento
- 9.10. Testes de Pressão e Inspeção Pré-Operação
- 9.11. Teste Hidrostático - Fundamento e Procedimento
- 9.12. Por que água e não gás?
- 9.13. Procedimento padrão de teste hidrostático
- 9.14. Flush (Limpeza Química e Física da Tubulação)
- 9.15. Comissionamento de Sistemas de Bombeamento
- 9.16. Verificações Mecânicas Pré-Partida
- 9.17. Partida e verificações durante operação
- 9.18. Operação Segura com Vapor e Gases
- 9.19. Riscos Específicos da Operação com Vapor
- 9.20. Procedimento de Partida de Sistema de Vapor
- 9.21. Riscos Específicos com Gases Inflamáveis e Tóxicos
- 9.22. Manutenção Preventiva de Sistemas de Bombeamento
- 9.23. Plano de Manutenção Preventiva para Bombas
- 9.24. Manutenção Preditiva - Análise Espectral de Vibração
- 9.25. Gestão de Mudanças (MOC – Management of Change)
- 9.26. Tipos de Mudança que Requerem MOC
- 9.27. Normas e Regulamentações Brasileiras Aplicáveis

11.4.4. 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.

ENGENHARIA & CIA EDUCACIONAL

Pós-graduação Engenharia de Movimentação de Fluidos e Equipamentos Industriais

- 4) Avaliar critérios de escolha de diâmetro de tubulação, considerando velocidades admissíveis, tipo de fluido, eficiência energética e riscos operacionais.
- 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.

11.5. Dimensionamento de Bombas – 30 horas

11.5.1. 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.

11.5.2. 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.

11.5.3. 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

11.5.4. 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.

11.6. Compressores, Sopradores e Ventiladores – 40 horas

11.6.1. 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.

11.6.2. 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 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.

11.6.3. 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

11.6.4. 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.

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

11.7.1. 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.

11.7.2. 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..

11.7.3. 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:
 - 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
 - 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

11.7.4. 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.

11.8. Transferência de Calor Aplicada– 40 horas

11.8.1. 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.

11.8.2. 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.

11.8.3. 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)

- 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

- 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)

- 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

- 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

11.8.4. 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) Propor 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.

11.9. Vedação Industrial e a Segurança Industrial – 30 horas

11.9.1. 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

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

11.9.2. 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.

11.9.3. 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)

- 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. Gaxetas de Compressão

- 8.1. Definição e funcionamento
- 8.2. Materiais (grafite, PTFE expandido, aramida, carbono etc.)
- 8.3. Formas construtivas e lubrificantes
- 8.4. Técnicas de instalação e compressão adequada
- 8.5. Aplicações em válvulas e bombas
- 8.6. Impacto na segurança (superaquecimento, desgaste, emissões)

9. Selos Mecânicos Úmidos

- 9.1. Introdução e fundamentos
- 9.2. Gaxetas entrelaçadas versus selos mecânicos
- 9.3. Componentes
 - 9.3.1. Faces de vedação ou vedação primária
 - 9.3.2. Vedações secundária
 - 9.3.3. Elemento elástico
 - 9.3.4. Pinos e acionamentos
 - 9.3.5. Partes metálicas
- 9.4. Funcionamento
 - 9.4.1. Película interfacial
 - 9.4.2. Geração de calor
 - 9.4.3. Selo trabalhando a seco: riscos
- 9.5. Tipos e classificações de selos mecânicos
 - 9.5.1. Selos Simples, duplos, múltiplos
 - 9.5.2. Selos componentes e selos cartuchos
 - 9.5.3. Selos internos e externos
 - 9.5.4. Selos hidraulicamente balanceado e não balanceado
 - 9.5.5. Selos pusher x não-pusher
 - 9.5.6. Selos autobalanceados e reversibilidade da pressão
 - 9.5.7. Selos mecânicos mancalizados (para reatores)
- 9.6. Especificação de selos mecânicos
 - 9.6.1. Parâmetros de seleção (pressão, temperatura, velocidade, fluido)
 - 9.6.2. Materiais das faces (carbeto de silício, grafite, cerâmica)
 - 9.6.3. Vedações secundárias (O-ring, PTFE, elastômeros especiais)

- 9.6.4. Velocidade periférica e pressão de contato
- 9.6.5. Efeito da compatibilidade química
- 9.6.6. Papel da transferência de calor
- 9.7. Dimensionamento e consideração térmica
 - 9.7.1. Análises básicas
 - 9.7.2. Importância da dissipação térmica ou flushing
 - 9.7.3. Papel do fluido de barreira
- 9.8. Montagem
- 9.9. Cuidados com alinhamento
 - 9.9.1. Instalação de selos componentes
 - 9.9.2. Instalação de cartuchos
 - 9.9.3. Ajustes de set screws e tolerâncias
- 9.10. Tipos de falhas mais comuns em selos mecânicos

10. Planos de Selagem API ou Sistemas Auxiliares de Selagem

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

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

- 11.1. Funcionamento sem contato
- 11.2. Aplicações em turbocompressores, bombas críticas, processos limpos
- 11.3. Sistemas auxiliares de gás (Plano 74)
- 11.4. Mecanismos de falha (contaminação, queda de pressão, vibração)

12. Equipamentos Sem Vedações Dinâmicas (sealless)

- 12.1. Conceito de equipamentos sem vedação dinâmica
- 12.2. Motivação para uso de arquiteturas “sealless”
 - 12.2.1. Eliminação de emissões fugitivas
 - 12.2.2. Segurança ocupacional e ambiental
 - 12.2.3. Atendimento a normas e requisitos legais
- 12.3. Equipamentos herméticos
 - 12.3.1. Bombas herméticas com motor encapsulado
 - 12.3.2. Limitações térmicas e de potência
 - 12.3.3. Aplicações típicas
- 12.4. Equipamentos com acoplamento magnético
 - 12.4.1. Princípio de funcionamento
 - 12.4.2. Limitações de torque e eficiência
 - 12.4.3. Riscos operacionais (desacoplamento, aquecimento)
 - 12.4.4. Aplicações industriais recomendadas
- 12.5. Comparação entre equipamentos sealless e selos mecânicos
 - 12.5.1. Segurança
 - 12.5.2. Manutenção
 - 12.5.3. Eficiência energética
 - 12.5.4. Custo de ciclo de vida
- 12.6. Critérios de decisão: quando eliminar a vedação dinâmica é a melhor solução

13. Vedação Hidrodinâmica

- 13.1. Conceito de vedação hidrodinâmica
- 13.2. Formação do filme fluido e equilíbrio de forças
- 13.3. Diferença entre vedação por contato e vedação por filme
- 13.4. Vedação hidrodinâmica em selos mecânicos balanceados
- 13.5. Selos não-contato e aplicações de alta rotação
- 13.6. Relação entre vedação hidrodinâmica, DGS e selos a gás
- 13.7. Limitações da vedação hidrodinâmica
 - 13.7.1. Condições de partida e parada
 - 13.7.2. Sensibilidade à contaminação
 - 13.7.3. Requisitos de fluido
- 13.8. Aplicações industriais típicas
 - 13.8.1. Turbomáquinas
 - 13.8.2. Compressores
 - 13.8.3. Bombas de alta rotação

14. Vedação Industrial sob a Ótica da Segurança de Processo

- 14.1. Conceito de segurança aplicado a sistemas de vedação
- 14.2. Diferença entre **probabilidade de falha** e **severidade da falha**
- 14.3. Tipos de vedação e seus mecanismos de contenção
 - 14.3.1. Gaxetas e selos simples
 - 14.3.2. Selos mecânicos simples com planos básicos
 - 14.3.3. Selos mecânicos duplos não pressurizados
 - 14.3.4. Selos mecânicos duplos pressurizados
 - 14.3.5. Selos a gás secos (DGS)
 - 14.3.6. Equipamentos sealless (herméticos e acoplamento magnético)
- 14.4. Comportamento das diferentes arquiteturas **em condição normal de operação**
- 14.5. Comportamento das diferentes arquiteturas **em condição de falha**
- 14.6. Análise crítica de equipamentos com acoplamento magnético
 - 14.6.1. Eliminação do vazamento em operação normal
 - 14.6.2. Copo de contenção como elemento crítico
 - 14.6.3. Falha abrupta e liberação não controlada do fluido
 - 14.6.4. Influência do fluido no risco de falha
 - 14.6.5. Limitações térmicas e de operação
- 14.7. Comparação qualitativa entre arquiteturas de vedação
 - 14.7.1. Nível de contenção
 - 14.7.2. Severidade da falha
 - 14.7.3. Impacto ambiental
 - 14.7.4. Risco ocupacional
 - 14.7.5. Complexidade operacional
- 14.8. Critérios práticos para escolha do tipo de vedação com base em risco
- 14.9. Erros comuns de decisão motivados por abordagem puramente comercial

11.9.4. Resultados de Aprendizagem

Ao final do módulo, o aluno será capaz de:

ENGENHARIA & CIA EDUCACIONAL

Pós-graduação Engenharia de Movimentação de Fluidos e Equipamentos Industriais

- 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.
- 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.

11.10. Normas Técnicas Aplicadas Aos Sistemas de Bombeamentos, Gases e Vapor – 30 horas

11.10.1. 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.

11.10.2. 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.

11.10.3. Conteúdo Programático Detalhado

1. Normas Aplicadas a Bombas Centrífugas

- 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. Ensaaios, 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

- 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.

11.10.4. 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.

11.11. Introdução à Manutenção Baseada na Condição – 30 horas

11.11.1. 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.

11.11.2. 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.

11.11.3. Conteúdo Programático Detalhado

1. Fundamentos da Manutenção Baseada na Condição (CBM)

ENGENHARIA & CIA EDUCACIONAL

Pós-graduação Engenharia de Movimentação de Fluidos e Equipamentos Industriais

- 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
 - 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

ENGENHARIA & CIA EDUCACIONAL

Pós-graduação Engenharia de Movimentação de Fluidos e Equipamentos Industriais

- 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

11.11.4. 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.
- 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.

12. FAQ'S - PERGUNTAS FREQUENTES

12.1. 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](#).

12.2. 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.

12.3. 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.

12.4. 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.

12.5. 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.

12.6. 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.

12.7. 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).

12.8. 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.

12.9. 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.

12.10. 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
- 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.

12.11. 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.

12.12. 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.

12.13. 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.

12.14. 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.