

PLANO DE ENSINO POLI

válido apenas para o ano de 2023

1. DISCIPLINA PME3453	vi
1.1 Aulas	vi
1.2 Atendimento e comunicação	vi
1.3 Corpo docente e atribuições	vi
1.4 Categoria	vi
1.5 Desenvolvimento do curso de teoria e exercícios	vii
1.6 Programa	vii
1.7 Objetivos da disciplina	vii
1.7.1 Aulas de Laboratório, PME3453	vii
1.8 Atividades em sala de aula	vii
1.9 Critérios e correção	ix
1.10 Critério de aprovação	ix
1.11 Outras atividades	ix
2. EQUIPES	ix
2.1 Trabalhos em sala	ix
3. AVALIAÇÕES	x
3.1 Critério de correção	x
3.2 Prova substitutiva	x
3.3 Revisões de provas	x
4. SISTEMA DE UNIDADES	x
4.1 Unidade SI de base	x
4.2 Unidades legais no Brasil	xi
4.3 Formação de múltiplos e sub múltiplos das unidades de medida (prefixos SI)	xii
5. COMO RESOLVER UM PROBLEMA	xii
6. BIBLIOGRAFIA	xiv
6.1 Literatura de Referência	xiv

1. DISCIPLINA PME3453

1.1 Aulas

PME3453	
teoria e exercícios	Sala A2; 3 ^{as} 14h00 – 16h40 (sem intervalo)
laboratório	Sala A2 e/ou Lab. de Máq. Hidráulicas; 2 ^{as} 15h00 – 18h30 (ver horários específicos)

1.2 Atendimento e comunicação

teoria e exercícios	3 ^{as} 16h40 – 18h00	Secretaria de Mecânica dos Fluidos	Prof. Humberto Gissoni
	Moodle	e-Disciplinas: 2023 / EP / PME PME3453	
Laboratório	A ser definido pelo professor		Prof. Sérgio Roberto Ceccato

1.3 Corpo docente e atribuições

- Humberto Gissoni: teoria e exercícios.
 - ∴ Doutor em Engenharia Mecânica, Escola Politécnica da USP – 2015; Método para análise da interação fluido-estrutura em travessas do pré-distribuidor de turbinas hidráulicas;
 - ∴ Mestre em Engenharia Mecânica, Escola Politécnica da USP – 2005; Análise mecânica de vibrações em travessas do pré-distribuidor de turbinas hidráulicas;
 - ∴ Engenheiro Mecânico, Escola Politécnica da USP – 1997.
 - ∴ Gerente de engenharia do produto da Voith Hydro.
- Sérgio Roberto Ceccato: laboratório.
 - ∴ Engenheiro Mecânico, Escola Politécnica da USP – 1973.
 - ∴ Professor do Depto. de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da USP desde 1974.
 - ∴ Diretor da Tree-Bio Soluções Ambientais.
 - ∴ Diretor Técnico da Endeavor-Nordic Water – Divisão de Águas e Mineração.

1.4 Categoria

- disciplina semestral, com a aprovação baseada em provas e trabalhos;
 - ∴ as provas, sem consulta, serão realizadas em datas pré-definidas e não alteráveis, abrangendo todos os assuntos tratados entre a primeira aula do semestre e a aula imediatamente anterior à prova, **admitido um atraso máximo de 15 (quinze) minutos, após o que a entrada na sala será vedada;**
 - ∴ serão considerados como trabalhos as atividades avaliadas desenvolvidas ao longo do semestre letivo nas aulas de exercícios ou propostas para entrega em data pré-definida e os questionários a serem respondidos no Moodle, conforme cronograma;
 - ∴ a prova substitutiva será fechada, sem consulta, dela podendo participar apenas aqueles alunos que faltaram a uma ou as duas provas do semestre.

1.5 Desenvolvimento do curso de teoria e exercícios

O curso irá se apoiar no material didático específico preparado para a disciplina; **Lauria, D. Máquinas de Fluxo, apostila, EPUSP, 2021** (igual à de 2019). Além da apostila, os alunos terão à sua disposição as apresentações a serem usadas nas aulas de teoria, assim como as apresentações relativas às soluções de alguns problemas dos capítulos 1 e 2. Todo esse material estará disponível na página da disciplina no Moodle.

1.6 Programa

1. ENERGIA: formas, potencial e reservas, inconvenientes. Problemas.
2. MÁQUINAS DE TRANSFORMAÇÃO DE ENERGIA: tipos, análise energética, rendimentos, parâmetros de escolha, representação das características das máquinas, cinemática e equação fundamental das máquinas de fluxo, teoria de semelhança. Problemas.
3. CAVITAÇÃO: conceito, identificação, combate, parâmetros. Problemas.
4. APROVEITAMENTOS HIDRELÉTRICOS: Usinas Hidrelétricas convencionais e reversíveis: tipos de aproveitamento, análises hidrológicas e energéticas, componentes principais, arranjo de um aproveitamento típico; configurações, rendimentos comparados, análise de um arranjo típico. Turbinas: formas construtivas, triângulos de velocidade, características principais, seleção, desempenho comparado, transformação de energia em turbinas. Problemas. Ensaios de máquinas.
5. APROVEITAMENTOS TERMELÉTRICOS: Instalações termelétricas, usinas a vapor nucleares e convencionais, usinas a gás. Turbinas térmicas axiais, transformação de energia, triângulos de velocidade. Problemas.
6. SISTEMAS DE RECALQUE: Instalações de Bombeamento: ponto de funcionamento, instalação, regulação, associação de rotores e condutos. Bombas: hidráulicas de fluxo e volumétricas, formas construtivas, características principais, triângulos de velocidade, transformação de energia em bombas. Problemas. Ensaios de máquinas.

1.7 Objetivos da disciplina

1.7.1 Aulas de Laboratório, PME3453

As aulas de laboratório serão desenvolvidas visando a familiarização dos alunos com os equipamentos, componentes e instalações hidráulicas. Objetivam ainda interpretar comportamentos e desempenhos, complementando de forma prática o conhecimento apresentado nas aulas de teoria. Sempre que possível, as aulas de laboratório serão ministradas com relativa sincronia com as aulas de teoria.

1.8 Atividades em sala de aula

Propostas didático-pedagógicas modernas indicam, com o foco no cumprimento de objetivos de formação e aproveitamento máximo do tempo de trabalho em sala de aula, que as atividades sejam desenvolvidas segundo procedimentos específicos, apoiados em material didático adequado e

planejamento detalhado. Para tanto os alunos terão o material didático da apostila, as apresentações e um cronograma de atividades aula a aula disponíveis na página da disciplina. O plano de aulas a ser seguido consta de:

Teoria: estão programadas, uma aula de teoria para os capítulos 1 e 3, duas aulas para os capítulos 2 e 4, três aulas para capítulo 6 e nenhuma para o capítulo 5. Conforme cronograma disponível, os alunos devem proceder à leitura e/ou assistir à apresentação correspondente à aula de teoria vindoura e também responder ao Questionário no Moodle e, com isso, identificar dúvidas. Durante a aula será feita a apresentação correspondente objetivando detalhar os assuntos e dirimir dúvidas que venham a ser apresentadas.

A segunda parte da aula envolverá, na maioria das vezes e ainda segundo o cronograma de aulas, a solução de problemas relativos aos temas tratados nas aulas anteriores, segundo critério a seguir.

Problemas: após apresentação de técnica genérica de abordagem e solução de problemas, esses serão desenvolvidos por equipes de alunos, avaliados e disponibilizados para vista dos interessados. Os exercícios serão corrigidos segundo um critério qualitativo – suficiente (S) ou insuficiente (N) – e o seu conjunto irá definir um coeficiente **Kp** entre 0,9 e 1,1 a ser multiplicado pela média final de provas. Até três avaliações poderão ser descartadas no cálculo do coeficiente. Ausência corresponde ao critério insuficiente (N).

Questionários: são compostos de perguntas com respostas de múltipla escolha ou verdadeiro/falso, relativas aos conhecimentos e conceitos constantes do material didático supracitado. Eles poderão ser acessados nos 6 dias anteriores à aula, com duração do tempo de resposta compatível com o número de questões propostas. O gerenciamento de acesso, a escolha aleatória das questões e o tempo de duração do questionário serão controlados pelo próprio Moodle. Os questionários serão corrigidos segundo um critério qualitativo – suficiente (S) ou insuficiente (N) – e o seu conjunto irá definir um coeficiente **Kq** entre 0,9 e 1,1, a ser multiplicado pela média final de provas. Até três avaliações poderão ser descartadas no cálculo do coeficiente. No caso de o questionário não ter sido respondido, o mesmo será classificado como insuficiente (N).

Laboratório: aulas convencionais, sendo na primeira parte da aula apresentado pelo professor o resumo da teoria pertinente ao ensaio e os alunos acompanhando essa apresentação. Em seguida, no laboratório, os alunos acompanharão os ensaios, anotando os dados iniciais e resultados experimentais coletados para a elaboração de um relatório individual a ser apresentado na aula seguinte para avaliação também individual em uma compacta arguição oral. Das diversas verificações experimentais serão eleitas quatro para emissão do referido relatório individual para avaliação, conforme programa a ser distribuído oportunamente.

1.9 Critérios e correção

Serão realizadas duas provas regulares e uma prova substitutiva, todas elas sem consulta, mas com acesso a caderno de consulta oferecido pela disciplina e recolhido ao final da prova. Material idêntico ao oferecido nas provas pode ser encontrado no Moodle da disciplina, mas não pode ser levado às provas. Nas correções de provas serão atribuídas notas entre zero e dez. As provas serão subdivididas em 3 partes, sendo uma delas baseada nas questões dos questionários, mas de resposta não necessariamente de múltipla escolha. Respostas de difícil entendimento, seja por desorganização, por linguagem inadequada ou por letra ilegível, serão desconsideradas, inclusive na revisão.

Cada problema, resolvido em sala ou em provas, será corrigido admitida a sequência de solução apresentada em sala de aula na primeira atividade de solução de problemas e de aplicação incentivada, sintetizada nos tópicos 1 a 4 a seguir e detalhada no item **5. Como resolver um problema.**

1. Análise e compreensão do problema.
2. Estabelecimento de um plano de solução.
3. Execução do plano de solução.
4. Análise da solução.

1.10 Critério de aprovação

Para cálculo da média final de aprovação tem-se:

$$MF = 0,7 * (Kp * Kq * MP) + 0,3 * MT$$

MF: média final; MP: média aritmética simples de duas provas; MT: média de trabalhos de laboratório; Kp: coeficiente originado da solução de problemas em sala e em grupo, onde $0,9 \leq Kp \leq 1,1$. Kq: coeficiente originado das respostas aos questionários no Moodle, onde $0,9 \leq Kq \leq 1,1$.

Como pré-condição para aprovação, o aluno deverá obter a média em provas, $Kp * Kq * MP$, igual ou superior a 3,0 (três). Caso $Kp * Kq * MP$ ou MT sejam menores do que três, o aluno estará reprovado.

A situação do aluno ao encerramento do curso será dada por:

Média final MF	Situação final do aluno
$Kp * Kq * MP < 3,0$ ou $MT < 3,0$	REPROVADO
$3,0 \leq MF < 5,0$	EM RECUPERAÇÃO
$5,0 \leq MF$	APROVADO

1.11 Outras atividades

Visitas técnicas a indústrias da área ou a usinas podem ser viabilizadas dependendo das disponibilidades de momento dos anfitriões e interesse dos alunos. A organização dos eventos deve ser coordenada por aluno ou alunos, os quais receberão apoio da disciplina e do PME para a sua organização.

2. EQUIPES

2.1 Trabalhos em sala

Serão formadas equipes de, no máximo, 4 (quatro) alunos, a menos de decisão específica do professor. As equipes não poderão ser alteradas durante um evento.

3. AVALIAÇÕES

3.1 Critério de correção

As avaliações irão considerar não apenas os cálculos, quando pertinentes, mas também toda a estrutura, justificativas e forma de exposição da resolução. Respostas de difícil entendimento, seja por desorganização, por linguagem ou por letra ilegível, serão consideradas erradas.

3.2 Prova substitutiva

A substituição de provas regulares segue as disposições específicas da EPUSP, com prova substitutiva ao final do semestre letivo. **Podem participar da prova substitutiva apenas os alunos que não compareceram a uma ou às duas provas realizadas ao longo do semestre letivo.**

3.3 Revisões de provas

A revisão de provas será feita no horário e local do atendimento, a partir de solicitação verbal ao professor. As provas poderão ser revistas até a data de realização da prova seguinte, a partir da qual será feita apenas a revisão da prova mais recente.

Todos os trabalhos avaliados, incluindo provas, estarão à disposição dos interessados para verificação, dispensando-se, em princípio, pedidos formais de revisão.

O professor estará à disposição para esclarecer dúvidas quanto às correções.

4. SISTEMA DE UNIDADES

Excerto da publicação: Instituto Euvaldo Lodi *Sistema Internacional de Unidades* v. 8, Rio de Janeiro, 1994

4.1 Unidade SI de base

GRANDEZA	NOME	SÍMBOLO
comprimento	metro	m
massa	quilograma	kg
tempo	segundo	s
temperatura termodinâmica	kelvin	K
corrente elétrica	ampére	A
quantidade de matéria	mol	Mol
intensidade luminosa	candela	Cd

Escreva		
unidade	símbolo	para designar
metro	m	comprimento
metro quadrado	m ²	área
metro cúbico	m ³	volume
quilograma	kg	massa
grama	g	massa
litro	l ou L	volume ou capacidade
mililitro	ml ou mL	volume ou capacidade
quilômetro	km	comprimento (distância)
quilômetro por hora	km/h	velocidade
hora	h	tempo
minuto	min	tempo
segundo	s	tempo
grau Celsius	°C	temperatura
kelvin	K	temperatura termodinâmica
hertz	Hz	frequência
newton	N	força
pascal	Pa	pressão
watt	W	potência
ampére	A	corrente elétrica
volt	V	tensão elétrica
candela	cd	intensidade luminosa

4.2 Unidades legais no Brasil

Outras unidades fora do SI, admitidas temporariamente		
nome	símbolo	valor em unidades SI
atmosfera	atm	101,325 kPa
bar	bar	10 ² kPa
barn	b	10 ⁻²⁸ Pa
caloria	cal	4,1868 J
cavalo-vapor	cv	735,5 W
curie	Ci	3,7 x 10 ¹⁰ Bq
gal	Gal	0,01 m/s ²
gauss	Gs	10 ⁻⁴ T
hectare	ha	10 ⁴ m ²
quilograma-força	kgf	9,80665 N
milímetro de mercúrio	mmHg	133,322 Pa
milha marítima		1852 m
nó		(1852/3600) m/s
quilate		2 x 10 ⁻¹ kg
rad		0,01 Gy
roentgen	R	2,58 x 10 ⁻⁴ C/kg
rem	rem	1 rem = 1 cSv = 10 ⁻² Sv
	A evitar e substituir pela unidade SI correspondente	

4.3 Formação de múltiplos e sub múltiplos das unidades de medida (prefixos SI)

prefixo	símbolo	fator multiplicativo da unidade		
tera	T	1 000 000 000 000	ou	10^{12}
giga	G	1 000 000 000	ou	10^9
mega	M	1 000 000	ou	10^6
quilo	k	1 000	ou	10^3
hecto	h	100	ou	10^2
deca	da	10		
deci	d	0,1	ou	10^{-1}
centi	c	0,01	ou	10^{-2}
mili	m	0,001	ou	10^{-3}
micro	μ	0,000 001	ou	10^{-6}
nano	n	0,000 000 001	ou	10^{-9}
pico	p	0,000 000 000 001	ou	10^{-12}

- Os prefixos devem ser antepostos aos nomes das unidades.
- Os símbolos devem ser antepostos aos símbolos das unidades.

5. COMO RESOLVER UM PROBLEMA

(Polya G., 1977; Holtzapple, M.T., 2006)

A resolução racional de qualquer problema, em qualquer área de atividade, pressupõe uma série de ações que, se bem concatenadas, irão resultar em uma solução final confiável e segura. Essas ações devem ser aplicadas na resolução de todo problema, seja ele aparentemente óbvio ou difícil. Nos problemas ditos fáceis elas evitarão falhas consequentes a uma abordagem superficial e desatenta. Aplicadas em problemas considerados difíceis, elas permitirão soluções claras, conscientes e objetivas.

Os quatro passos apresentados a seguir compõem a estratégia proposta.

i. Compreensão do problema

i.1. Identificar e redigir claramente

- ⇒ dados - o que se tem do problema -;
- ⇒ incógnitas - o que se procura com a resolução -;
- ⇒ condicionantes - o que limita, condiciona, a resolução -.

Na maioria dos problemas profissionais e também nos pessoais, inexistem enunciados para que possam ser obtidos dados, incógnitas e condicionantes. Deve-se, assim, atuar sobre as informações parciais disponíveis buscando aprofundá-las, ampliá-las e complementá-las. Noutras vezes deve-se

inserir informações apoiadas em conclusões coerentes e justificáveis consequentes à análise do problema. Jamais devem ser inseridas informações infundadas, injustificáveis, indefensáveis e que objetivem obter uma solução, qualquer que seja essa solução.

Uma vez compreendido o problema parte-se para o passo seguinte.

ii. Estruturação de um plano de solução

O plano de solução nada mais é do que o estabelecimento das inter-relações entre os dados, as incógnitas e as condicionantes do problema em análise.

ii.1. Identificar e redigir claramente

- ⇒ conceitos relativos aos dados do problema;
- ⇒ conceitos relativos às incógnitas do problema;
- ⇒ conexão entre os dados e as incógnitas do problema;
- ⇒ limitações impostas pelas condicionantes do problema;
- ⇒ equações aplicáveis à resolução, limitadas pelas condicionantes do problema.

Cumpridas as etapas anteriores deve-se:

ii.2. Testar a exequibilidade e confiabilidade do plano.

- ⇒ todos os dados foram utilizados?
- ⇒ todas as condicionantes foram aplicadas?
- ⇒ o plano é confiável?
- ⇒ o plano é defensável?

Uma solução será aceita apenas quando o seu proponente estiver convencido, para poder, então, convencer outros de sua exequibilidade. Estar convencido e convencer outros é a função maior de quem propõe uma determinada solução.

A solução, inclusive numérica, será desenvolvida no passo seguinte.

iii. Execução do plano

Como o próprio título indica, executa-se aqui o que foi preparado anteriormente.

iii.1. Análise passo a passo do plano de solução

- ⇒ cada passo está correto?
- ⇒ você está convencido da correção do passo a ser dado?
- ⇒ é possível justificar tal correção?

iii.2. Se o problema não exige solução numérica,

- ⇒ redigir de forma clara e organizada toda a argumentação exigida para a solução;
- ⇒ se pertinente, redigir de forma clara e organizada todo o equacionamento literal;
- ⇒ verificar a homogeneidade dimensional do equacionamento literal;

iii.3. Se o problema exige solução numérica,

- ⇒ redigir de forma clara e organizada todo o equacionamento literal;

- ⇒ simplificar as equações literais iniciais;
- ⇒ obter a(s) equação(s) literal(is) que explicita(m) a(s) incógnita(s) em função dos dados;
- ⇒ estabelecer o encadeamento entre as incógnitas visando a solução numérica sequencial;
- ⇒ verificar a coerência dimensional do equacionamento literal;
- ⇒ executar os poucos cálculos numéricos, substituindo os dados nas equações literais.

A solução literal reduz o número de cálculos e minimiza erros derivados de cálculos sucessivos.

Executados de forma consciente e correta, os passos anteriores levam à solução do problema.

iv. Análise da solução

Sem esse passo pode-se deixar passar eventuais falhas cometidas ao longo da resolução do problema e que comprometem o resultado final ou pode-se também propor soluções incoerentes.

- ⇒ os resultados são coerentes? Por quê?
- ⇒ os resultados são justificáveis? Por quê?
- ⇒ se possível, compare os resultados com soluções semelhantes conhecidas.
- ⇒ o(s) proponente(s) da solução está(ão) convencido(s) da solução proposta? Por quê?
- ⇒ a argumentação a ser usada na defesa da solução é coerente? Por quê?

Ao finalizar a resolução de um problema, pergunte POR QUÊ? à solução. Caso a resposta não apresente todos os argumentos necessários a um claro entendimento da solução, refaça-a; caso contrário a solução não será aceita por quem a solicitou.

6. BIBLIOGRAFIA

6.1 Literatura de Referência

LAURIA, D. **Máquinas de Fluxo** S. Caetano do Sul, 5. ed., [S. l.: s. n.] 2021, apostila