

ENG 6648
Conformação Mecânica
www.ufrgs.br/ldtm

PLANO DE ENSINO
Turma A e B
(versão 19/02/2020)

2020/1

Prof. Dr. Eng. Lirio Schaeffer

Prof. Dr. Eng. Alexandre Rocha

Prof. Dr. Eng. Rafael Menezes Nunes

1.1 Considerações Gerais

A disciplina de “Conformação Mecânica”, destina-se aos alunos de Engenharia Metalúrgica, Engenharia Mecânica e Engenharia de Materiais e tem como principal objetivo mostrar os princípios básicos dos Processos de Fabricação por Conformação Mecânica. A disciplina consiste de aulas expositivas, de exercícios e práticas. A disciplina é dividida em duas áreas: uma conceitual, com modelos teóricos de cálculo, e outra dos processos de fabricação (laminação, trefilação, forjamento e extrusão/ estampagem, corte e dobra e metalurgia do pó). As aulas práticas são voltadas aos processos de fabricação.

1.2 Bibliografia Referencial da Disciplina

- a) Conformação Mecânica – Cálculos Aplicados em Processos de Fabricação
Editora Imprensa Livre, 2007
Autores: Lirio Schaeffer, Alexandre da Silva Rocha
- b) Manufatura por Conformação Mecânica
Editora Imprensa Livre, 2016
Autor: Lirio Schaeffer

1.3 Referências Bibliográficas Complementares

- a) Forjamento – Introdução ao Processo
Editora Imprensa Livre, 2001
Autor: Lirio Schaeffer
- b) Conformação de Chapas Metálicas
Editora: Imprensa Livre, 2004
Autor: Lirio Schaeffer
- c) Metal Forming – Fundamentals and Applications
Autor: T. Altan
- d) Handbook of Metal Forming
Springer Verlag, 1984
Autor: K. Lange
- e) Fundamentos da Conformação Mecânica dos Metais
Editora Guanabara Dois S.A., 1983
Autor: P. Cetlin e H. Helmann
- f) The Principles of Metal Working
Edward Arnold Ltd
Autor: Geoffrey W. Rowe
- g) Conformação dos Metais. Fundamentos e Aplicações
T. Altan, S. Oh, H.
EESC-USP – São Carlos – SP 1999
- h) Estampado y Prensado a Máquina Editorial
J. Billigmann
Reyerté S.A. – 1956
- i) Conformação dos Metais: Metalurgia e Mecânica
Editora Rigel, 1995
Lirio Schaeffer
- j) Conformação Mecânica
Editora Imprensa Livre, 1999
Lirio Schaeffer

1.4 Trabalho de Pesquisa

O trabalho de pesquisa é uma opção colocada à disposição dos alunos que possuem interesse em participar de projetos de pesquisa e atuar de forma mais ativa na parte experimental da disciplina. Para estar apto a levar adiante o trabalho de pesquisa o aluno deverá obter conceito mínimo 6 na primeira área da disciplina e obter aprovação pelo professor do tema proposto para desenvolvimento. O aluno que optar pelo trabalho de pesquisa é liberado da prova de avaliação da 2ª área, sendo, no entanto obrigatória a participação do aluno em pelo menos mais duas aulas teóricas a serem definidas pelo professor em função do tema de trabalho de pesquisa.

A candidatura ao desenvolvimento de um trabalho de pesquisa deve ser definida até a 5ª semana de aula através da entrega de uma sugestão de trabalho (ante-projeto) por aqueles alunos que estiverem pleiteando sua implementação.

Este trabalho tem como objetivo a participação nas práticas dos desenvolvimentos tecnológicos dos processos de fabricação por conformação mecânica em andamento no LdTM. O aluno deve fazer um estudo bibliográfico, demonstrar conhecimento de uso de sensores (tipo força, deslocamento, temperatura), software de aquisição de dados e equipamentos de processo. Os relatórios devem ser descritos nos moldes da apresentação final dos Trabalhos de Diplomação dos respectivos cursos. A nota final do trabalho de pesquisa (TP) é composta da avaliação de um relatório intermediário (TP1) **(a ser entregue na 14ª semana de aula)** e de um relatório final (TPF) e da apresentação **(19ª semana de aula)**. Uma relação dos projetos de pesquisa em desenvolvimento no LdTM será disponibilizada via internet. Durante o desenvolvimento do Trabalho de Pesquisa os alunos podem acompanhar outros experimentos e o funcionamento dos equipamentos existentes no LdTM. Todos os relatórios devem conter uma revisão bibliográfica atualizada com demonstração clara da individualidade de cada projeto. Na semana após a 1ª avaliação serão nominados os alunos que poderão optar pela realização do trabalho de pesquisa. O aluno deverá entregar uma proposta de trabalho até a 1ª avaliação. É requerido um conceito 6 na primeira avaliação.

Candidatura à execução de trabalho de pesquisa: (5ª semana de aula)

Relatório intermediário: (12ª Semana de aula)

Relatório Final e apresentação: (17ª semana de aula)

1.5 Reportagem Técnica

Durante o semestre todo aluno deve apresentar pelo menos uma Reportagem Técnica. A reportagem técnica consiste na leitura de um texto relacionado à área de fabricação por conformação mecânica. **O tema é de livre escolha do aluno, entretanto deve ser proveniente de artigos de revistas indexadas publicados em língua inglesa.**

É obrigatório que o aluno envie uma cópia da apresentação em formato ppt, pptx ou pdf via sala de aula virtual até o meio dia do dia anterior a apresentação. O

aluno terá um tempo de ~5 minutos, para a apresentação. **É necessário apresentar uma cópia do artigo com o respectivo resumo em português.** Somente serão aceitos artigos publicados a partir do ano de 2015 e dos seguintes *journals*:

<https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-materials-processing-technology/>

<https://www.springer.com/engineering/industrial+management/journal/170>

<http://journals.sagepub.com/home/pib>

As apresentações devem ser agendadas com antecedência e ficam limitadas a no máximo 5 por aula. Parte da avaliação considera a forma de apresentação que deve simular uma informação tecnológica para uma diretoria de uma empresa. A avaliação

será ainda feita em relação ao tema escolhido, preparo na apresentação, domínio do assunto e motivação da plateia.

OBS.: Datas reservadas a apresentação da Reportagem Técnica, no cronograma da Disciplina. O dia de apresentação de cada aluno, dentro das datas reservadas para tal fim, será definido de forma antecipada a critério dos professores.

1.6 Relatórios de Aulas práticas

Durante o semestre serão realizadas aulas práticas envolvendo processos de conformação estudados na disciplina. Após a aula prática de demonstração poderão ser enviados dados obtidos nos experimentos para os alunos e estes deverão fazer um relatório a ser entregue em até duas semanas após a realização da aula em questão. Os relatórios deverão ser feitos em grupos de no máximo 4 alunos e deverá conter os seguintes elementos textuais:

- Introdução e objetivos;
- Procedimento experimental;
- Resultados e discussões;
- Conclusões;
- Referências bibliográficas;

Cabe salientar que cópias ou plágios de relatórios de semestres passados ou corrente não serão tolerados. Caso seja detectado alguma destas circunstâncias será dado nota ZERO aos envolvidos sem possibilidade de avaliação posterior ou troca de relatório.

Alunos que faltaram a aula prática, sem as possíveis justificativas legais de acordo com as normas da UFRGS, não poderão entregar o relatório. Não haverá recuperação de aulas práticas

1.7 Critérios de Avaliação

Para aprovação na disciplina o aluno deve ter:

- a) Nota final superior ou igual a 6 ($NF \geq 6$).
- b) Média das provas igual a 6 ($PA \geq 6$ para alunos que não realizaram Trabalho de Pesquisa e $PA1 \geq 6$ para alunos que realizaram Trabalho de Pesquisa).
- c) Frequência igual ou superior a 75%.

A Nota Final (NF) será calculada dependendo se o aluno realizou ou não trabalho de pesquisa, casos a) e b) a seguir:

1.8 Cálculo da Nota Final

- a) Alunos que não foram selecionados para realizar trabalho de pesquisa

$$NF = (7.PA + 2.AP + RT)/10$$

Provas de Avaliação (P.A.)

$PA = (PA1 + PA2)/2$ – Média das provas de avaliação

PA1, PA2 – Provas de Avaliações

Aulas Práticas (AP)

$$AP = (AP1 + AP2 + \dots + APn)/n$$

n – número de aulas práticas

AP – Média dos conceitos das Aulas Práticas (relatórios)

RT – Reportagem Técnica

- b) Alunos que foram selecionados a realizar o trabalho de pesquisa a Nota Final será calculada por:

$$NF = ((8 \cdot ((TP + PA1)/2)) + 2 \cdot AP)/10$$

$$TP = (3 \cdot TP1 + 7 \cdot TPF)/10$$

PA1- Nota obtida na primeira prova de avaliação.

AP – Média das aulas práticas da primeira área e de aulas recomendadas pelo professor (até 2 aulas adicionais da segunda área).

TP1 – Relatório Intermediário do Trabalho de Pesquisa

TPF - Versão Final do Trabalho de Pesquisa

Os conceitos finais serão em função de:

A: NF entre 9,0 e 10 e frequência igual ou superior a 75%.

B: NF entre 7,5 e 8,9 e frequência igual ou superior a 75%.

C: NF entre 6,0 e 7,4 e frequência igual ou superior a 75%.

D: NF menor que 6 (Reprovação) e frequência igual ou superior a 75%.

FF: Frequência inferior a 75%.

1.9 Recuperação de Provas de Avaliações

O aluno que não conseguiu a média nas provas (somando-se as notas das duas provas e dividindo-se por dois), PA = 6, poderá realizar o exame, o qual recupera somente a nota das provas e cujo conteúdo constará de todo assunto do semestre. A prova de recuperação será realizada no final do semestre letivo. **A nota do exame substitui somente a nota das provas de avaliação no cálculo do conceito final.**

1.10 Objeções à Sistemática da Disciplina

Até a 3ª semana de aula poderá ser questionada pelos alunos a sistemática programada para o semestre. Sugestões para nova sistemática poderão ser avaliadas até este período.

1.11 Visita a Indústria

Poderão ser formados grupos para visita às indústrias do Rio Grande do Sul. Os grupos devem indicar as áreas de interesse e o LdTM se responsabilizará pela organização. As visitas deverão ser realizadas fora do horário de aula. Serão aceitos grupos formados até a Quinta semana de aula

1.12 Cursos Especializados para a Indústria

Todos os alunos da UFRGS podem participar de todos os cursos para a indústria oferecidos pelo Laboratório de Transformação Mecânica (LdTM). A divulgação das datas constam da página da internet: www.cbcm-metalforming.com (ver aba: TREINAMENTOS)

1.13 Endereços de E-Mail

Para facilitar a comunicação é indispensável que todos os alunos deixem seus endereços atualizados no portal do aluno, incluindo o endereço de e-mail. É desejável que os alunos forneçam também seu endereço à Secretaria do LdTM. **Ao enviar mensagem via SAV (sala de aula virtual) é imprescindível que o aluno forneça email para resposta, caso contrário não será respondido.**

1.14 Cronograma e Conteúdo Programático –Turma A: Quinta – feira
As Aulas Teóricas são baseadas no Livro: Manufatura por Conformação Mecânica.
As Aulas de Exercícios são baseadas no Livro: Cálculos Aplicados em Processos de Fabricação

| | Data | Tipo de Aula | Responsável | Assunto |
|----|------------|--------------------|--------------------|---|
| 1 | 12/03/20 | Teórica (1) | Prof. L. Schaeffer | Apresentação do Plano de Aulas do semestre Cap. 1: Introdução aos P.de Conformação Mecânica. Cap. 2: Tensões e Deformações |
| | | Visita ao LdTM | Prof. R. Nunes | Visita guiada ao LdTM. |
| 2 | 19/03/20 | Teórica (2) | Prof. L. Schaeffer | Cap. 2 (cont.): Vel. de Deformação, Temperatura durante a Conformação. Curva e Tensão de Escoamento. |
| | | Exercícios (1) | Prof. R. Nunes | Exercícios: Cap. I e II, Livro de Cálculos: Parâmetros Fundamentais em Conformação Mecânica. |
| 3 | 26/03/20 | Teórica (3) | Prof. L. Schaeffer | Cap. 2 (cont.): Coeficiente de Atrito; Limite Máximo de Deformação; Trabalho de Conformação |
| | | Práticas (1) e (2) | Thairo/Richardt | Obtenção de C. de Escoamento a Frio por Compressão (Prensa EKA)/ Obtenção de Curva de Escoamento a Frio por Tração (EMIC) |
| 4 | 02/04/20 | Teórica (4) | Prof. A. Rocha | Teoria Elementar da Plasticidade |
| | | Exercícios (2) | Prof. R. Nunes | Exercício: Aplicação da TEP. |
| 5 | 09/04/20 | Teórica (5) | Prof. A. Rocha | Cap. 3: Processo de Laminação |
| | | Exercícios (3) | Prof. R. Nunes | Cont. Exercícios Cap. I e II, Capítulo X e XI: Livro Cálculos (Laminação a Quente de Perfis) capítulo XI livro Cálculos (Laminação) |
| 6 | 16/04/20 | Teórica (6) | Prof. A. Rocha | Cap. 3 Processo de laminação (cont.) |
| | | Exercícios (4) | Prof. R. Nunes | Capítulo X e XI: Livro Cálculos (Laminação a Quente de Perfis) capítulo XI livro Cálculos (Laminação) |
| 7 | 23/04/20 | Teórica (7) | Prof. R. Nunes | Cap. 4 Trefilação |
| | | Prática (3) e (4) | Dalcin/Thais | Laminação a quente (Laminador) / Trefilação (EMIC) |
| 8 | 30/04/20 | Teórica (8) | Prof. A. Rocha | Cap. 5 : Processo de Forjamento |
| | | Exercícios (5) | Prof. R. Nunes | Cap XII: Trefilação (livro de cálculos) |
| 9 | 07/05/20 | Teórica (9) | Prof. A. Rocha | Cap. 5: Processo de Forjamento (cont) |
| | | Exercícios (6) | Prof. R. Nunes | Exercícios: Cap. IV e V: Forjamento em Matriz Aberta (Livro Cálculos) |
| 10 | 14/05/20 | Prova Escrita (1) | | 1ª Prova de Avaliação |
| 11 | 21/05/20 | Teórica (10) | Prof. R. Nunes | Cap. 6: Processo de Extrusão |
| | | Prática (5) e (6) | Rosiak/ Valcir | Forjamento a quente de Alumínio (FKL) / Ensaio do Anel (Prensa EKA) |
| 12 | 28/05/20 | Teórica (11) | Prof. A. Rocha | Cap. 7: Processo de Estampagem de Chapas Metálicas |
| | | Exercícios (7) | Prof. R. Nunes | Exercícios: Cap. VI: Extrusão (Livro Cálculos) |
| 13 | 04/06/20 | Teórica (13) | Prof. A. Rocha | Cap 7: Estampagem de Chapas Metálicas (cont) |
| | | Prática (7) e (8) | Juliano/Bruno | Anisotropia (EMIC) / Erichsen (DAN-PRESS) |
| 14 | 11/06/2020 | Feriado | | Corpus Christi (quinta-feira) |
| 15 | 18/06/20 | Teórica (14) | Prof. L. Schaeffer | Cap. 8: Processo de Corte de Chapas por Cisalhamento Cap. 9: Processo de Dobramento de Chapas Metálicas Apresentação Reportagens Técnicas |
| | | Exercícios (9) | Prof. R. Nunes | Cap. IX Processos de Estampagem (Livro de Cálculos Cap. VII : Corte por Cisalhamento (Livro de Cálculos) |
| 16 | 25/06/20 | Prova Escrita (2) | | 2ª Prova de Avaliação |
| 17 | 02/07/20 | Seminário | | Apresentação Reportagem Técnicas – Prazo Final |
| 18 | 09/07/20 | EXAME | | Exame Final |

1.14 Cronograma e Conteúdo Programático –Turma C: Quarta – feira
As Aulas Teóricas são baseadas no Livro: Manufatura por Conformação Mecânica.
As Aulas de Exercícios são baseadas no Livro: Cálculos Aplicados em Processos de Fabricação

| | Data | Tipo de Aula | Responsável | Assunto |
|----|-------------|---------------------|--------------------|---|
| 1 | 11/03/20 | Teórica (1) | Prof. L. Schaeffer | Apresentação do Plano de Aulas do semestre Cap. 1: Introdução aos P.de Conformação Mecânica. Cap. 2: Tensões e Deformações |
| | | Visita ao LdTM | Prof. R. Nunes | Visita guiada ao LdTM. |
| 2 | 18/03/20 | Teórica (2) | Prof. L. Schaeffer | Cap. 2 (cont.): Vel. de Deformação, Temperatura durante a Conformação. Curva e Tensão de Escoamento. |
| | | Exercícios (1) | Prof. R. Nunes | Exercícios: Cap. I e II, Livro de Cálculos: Parâmetros Fundamentais em Conformação Mecânica. |
| 3 | 25/03/20 | Teórica (3) | Prof. L. Schaeffer | Cap. 2 (cont.): Coeficiente de Atrito; Limite Máximo de Deformação; Trabalho de Conformação |
| | | Práticas (1) e (2) | Thairo/Richardt | Obtenção de C. de Escoamento a Frio por Compressão (Prensa EKA)/ Obtenção de Curva de Escoamento a Frio por Tração (EMIC) |
| 4 | 01/04/20 | Teórica (4) | Prof. A. Rocha | Teoria Elementar da Plasticidade |
| | | Exercícios (2) | Prof. R. Nunes | Exercício: Aplicação da TEP. |
| 5 | 08/04/20 | Teórica (5) | Prof. A. Rocha | Cap. 3: Processo de Laminação |
| | | Exercícios (3) | Prof. R. Nunes | Cont. Exercícios Cap. I e II, Capítulo X e XI: Livro Cálculos (Laminação a Quente de Perfis) capítulo XI livro Cálculos (Laminação) |
| 6 | 15/04/20 | Teórica (6) | Prof. A. Rocha | Cap. 3 Processo de laminação (cont.) |
| | | Exercícios (4) | Prof. R. Nunes | Capítulo X e XI: Livro Cálculos (Laminação a Quente de Perfis) capítulo XI livro Cálculos (Laminação) |
| 7 | 22/04/20 | Teórica (7) | Prof. R. Nunes | Cap. 4 Trefilação |
| | | Prática (3) e (4) | Dalcin/Thais | Laminação a quente (Laminador) / Trefilação (EMIC) |
| 8 | 29/04/20 | Teórica (8) | Prof. A. Rocha | Cap. 5 : Processo de Forjamento |
| | | Exercícios (5) | Prof. R. Nunes | Cap XII: Trefilação (livro de cálculos) |
| 9 | 06/05/20 | Teórica (9) | Prof. A. Rocha | Cap. 5: Processo de Forjamento (cont) |
| | | Exercícios (6) | Prof. R. Nunes | Exercícios: Cap. IV e V: Forjamento em Matriz Aberta (Livro Cálculos) |
| 10 | 13/05/20 | Prova Escrita (1) | | 1ª Prova de Avaliação |
| 11 | 20/05/20 | Teórica (10) | Prof. R. Nunes | Cap. 6: Processo de Extrusão |
| | | Prática (5) e (6) | Rosiak/Valcir | Forjamento a quente de Alumínio (FKL) / Ensaio do Anel (Prensa EKA) |
| 12 | 27/05/20 | Teórica (11) | Prof. A. Rocha | Cap. 7: Processo de Estampagem de Chapas Metálicas |
| | | Exercícios (7) | Prof. R. Nunes | Exercícios: Cap. VI: Extrusão (Livro Cálculos) |
| 13 | 03/06/20 | Teórica (12) | Prof. A. Rocha | Cap 7: Estampagem de Chapas Metálicas (cont) |
| | | Prática (7) e (8) | Juliano/Bruno | Anisotropia (EMIC) / Erichsen (DAN-PRESS) |
| 14 | 10/06/20 | Teórica (15) | Prof. R. Nunes | Metalurgia do Pó |
| | | Seminário | | Apresentação Reportagens Técnicas |
| 15 | 17/06/20 | Teórica (14) | Prof. L. Schaeffer | Cap. 8: Processo de Corte de Chapas por Cisalhamento Cap. 9: Processo de Dobramento de Chapas Metálicas Apresentação Reportagens Técnicas |
| | | Exercícios (8) | Prof. R. Nunes | Cap. IX Processos de Estampagem (Livro de Cálculos Cap. VII : Corte por Cisalhamento (Livro de Cálculos) |
| 16 | 24/06/20 | Prova Escrita (2) | | 2ª Prova de Avaliação |
| 17 | 01/07/20 | Seminário | | Apresentação Reportagem Técnicas – Prazo Final |
| 18 | 08/07/20 | EXAME | | Exame Final |