



Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro Tecnológico  
Departamento de Engenharia Mecânica



## PLANO DE ENSINO

Em caráter excepcional e transitório, para substituição do ensino presencial pelo ensino não presencial, enquanto durar a pandemia do novo coronavírus (COVID-19), em atenção à Portaria MEC Nº 544, de 16 de junho de 2020, e à Resolução Normativa Nº 140/2020/CUn, de 21 de julho de 2020.

### EMC5219 – Tecnologia de Comando Numérico

#### 1) Identificação

Carga horária: 72 horas-aula, das quais: Teóricas: 72 horas-aula

Turma(s): 08220

Nome(s) do(s) professor(es): Antonio Carlos Valdiero ([antonio.valdiero@ufsc.br](mailto:antonio.valdiero@ufsc.br)),  
João Carlos Espíndola Ferreira ([j.c.ferreira@ufsc.br](mailto:j.c.ferreira@ufsc.br))  
(Os professores compartilham tarefas nessa turma).

Período: 1º semestre de 2020

#### 2) Cursos

220 Engenharia de Controle e Automação

#### 3) Requisitos

Não tem.

#### 4) Ementa

Conceituação de um Sistema de Comando Numérico. Princípios de funcionamento. Sistemas de acionamento. Controle de posição. Armazenamento das informações, etc. Equipamentos que utilizam sistemas de Comando Numérico. Diversos tipos de aplicações. Características peculiares dos componentes mecânicos e eletrônicos. Manutenção. Noções de interligação entre diversos equipamentos e com sistemas de informação. Noções de programação.

#### 5) Objetivos

Objetivo Geral:

Apresentar noções básicas de programação de comando numérico de máquinas CNC (Comando Numérico Computadorizado), bem como apresentar e descrever os elementos que compõem os processos de usinagem. Serão também apresentados sistemas de acionamento, controle de posição, componentes mecânicos e eletrônicos.

Objetivos Específicos:

1. Apresentar noções básicas de programação de comando numérico de máquinas CNC.

2. Ministrar temas relacionados a processos de usinagem, que incluem cavacos, ferramentas de corte, materiais de ferramentas, usinabilidade de materiais, fluidos de corte.
3. Apresentar sistemas de acionamento, controle de posição, componentes mecânicos e eletrônicos.

## 6) Conteúdo Programático

1. Introdução: Apresentação da disciplina (conteúdo, formas e datas de avaliação). Comando Numérico (CN) e Automatização Industrial: Histórico, Princípios de funcionamento. Evolução do ciclo de trabalho até o CN. Surgimento e crescimento do CN. [2 horas-aula]
2. Noções básicas de CN: Conceitos e características fundamentais: NC, CNC, DNC; Equipamentos que utilizam sistemas de Comando Numérico. Diversos tipos de aplicação. Vantagens e limitações do CN. [2 horas-aula]
3. Operação e características de um equipamento CNC: Eixos em máquinas CNC. Sistemas de referência em máquinas CNC (ZM, ZF, ZP). Exemplos de uso de sistemas CAD/CAM para a geração de programas CN. Programação manual de torno CNC: Fundamentos básicos de um torno CNC; Principais funções de programação. [4 horas-aula]
4. Programação manual de torno CNC: Ciclos Fixos: Torneamento, Furação, Abertura de Canais, Rosqueamento. Exemplos de exercício didático de programação para torno CNC. [4 horas-aula]
5. Exemplos de exercícios de programação para torno CNC. [4 horas-aula]
6. Programação APT ("Automatically Programmed Tools"). Estratégias e Ferramentas de Fresamento. Programação CNC para Fresamento. Ciclos Fixos. [4 horas-aula]
7. Exemplos de exercício de programação para fresadora CNC. [6 horas-aula]
8. Padrão STEP-NC (norma ISO 14649). [2 horas-aula]
9. Fundamentos da usinagem: Formação de cavacos, Tipos e formas de cavacos. [2 horas-aula]
10. Geometria da ferramenta monocortante: planos, ângulos, parte ativa e não ativa (fixação). [2 horas-aula]
11. Função, influência e grandeza dos diversos ângulos da ferramenta monocortante. Quebra-cavacos. [2 horas-aula]
12. Materiais usados para a fabricação de ferramentas de corte - tipos, características, aplicações e restrições. [2 horas-aula]
13. Usinabilidade dos materiais. Desgaste e falha das ferramentas. Causas de desgastes. Critérios de fim de vida. [2 horas-aula]
14. Fluidos de corte tipos, características e aplicações. Corte: Forças; pressão específica, energia. [2 horas-aula]
15. Sistema CNC / automação de máquinas. [4 horas-aula]
16. Componentes mecânicos para automação de máquinas. [4 horas-aula]
17. Componentes eletromecânicos para acionamentos em automação de máquinas. [4 horas-aula]
18. Sistemas de medição de grandezas mecânicas aplicadas à automação de máquinas. [4 horas-aula]
19. Erros em Sistemas de Posicionamento. [4 horas-aula]
20. Análise de desempenho de Sistemas Posicionadores. [2 horas-aula]
21. Modernização de máquinas/processos (retrofitting). [2 horas-aula]

## 7) Metodologia

Os aspectos teóricos da disciplina serão abordados ao longo do semestre através de aulas expositivas no formato síncrono e assíncrono. Haverá uma breve revisão dos tópicos da disciplina que já haviam sido abordados antes da suspensão do semestre. As atividades assíncronas serão disponibilizadas através do MOODLE\*, conforme Resolução Normativa 140/2020/CUn, com o suporte de material de apoio em meio digital.

## 8) Avaliação

A disciplina é subdividida em duas partes, uma ministrada pelo Prof. João Carlos Espíndola Ferreira, e outra pelo Prof. Antonio Carlos Valdiero. Cada parte terá a sua nota, a saber:

- a) uma referente ao conteúdo ministrado pelo Prof. João Carlos Espíndola Ferreira (itens 1 a 14 do conteúdo programático) (N1);

A nota N1 é calculada da seguinte maneira:

- Prova realizada de forma síncrona, sem supervisão, no dia 5/10 (nota P). A prova estará disponível às 16h20min. As respostas, na forma de um arquivo escaneado ou fotografado, deverão ser entregues no MOODLE (por upload) até às 18h00min. Espera-se que o aluno trabalhe individualmente na solução dos problemas da avaliação, com a consulta livre ao material disponibilizado do MOODLE.
- Programa NC (código "G") para a usinagem de uma peça (nota N) – Prazo para entrega: 14/10 às 18h00min.
- Média de 4 (quatro) exercícios que serão entregues ao longo da disciplina (nota E), que serão realizados de forma assíncrona, com entrega por upload de arquivo PDF via MOODLE.

$$\text{Média N1} = (P*0,5 + N*0,5)*0,75 + E*0,25$$

- b) outra referente ao conteúdo ministrado pelo Prof. Antonio Carlos Valdiero (itens 15 a 21 do conteúdo programático) (N2). A nota N2 é calculada da seguinte maneira:

$$N2 = EM*0,4 + PlanoDesafio*0,2 + RelatorioDesafio*0,4 + Pitch*0,2$$

onde:

- EM = média dos exercícios individuais no MOODLE da parte do Prof. Valdiero (valor de 10 pontos) realizados até o final do mês de novembro.
- PlanoDesafio = Planejamento do trabalho desafio (nota em grupo, valor de 10 pontos) conforme modelo apresentado e entregue no MOODLE até o dia 9/11. Incluindo-se o Escopo na área de sistema CNC/automação de máquinas, Equipe, Lista de Atividades Interrelacionadas, Cronograma, Estimativa de Riscos e Custos.
- RelatorioDesafio = Relatório do trabalho desafio sobre sistema CNC/automação de máquinas (nota em grupo, valor de 10 pontos) conforme modelo apresentado e entregue no MOODLE até o dia 7/12.
- Pitch = Apresentação rápida **individual** de até 5 minutos referente ao trabalho desafio até a data de 7/12 (nota individual, valor de 10 pontos)

O Trabalho Desafio composto de PlanoDesafio e RelatorioDesafio, em equipe, e Pitch (individual) permite os alunos aplicarem os conhecimentos e desenvolverem suas habilidades no desenvolvimento de um projeto ou um estudo sobre sistema CNC/automação de máquinas, incentivando o perfil de aluno criador e empreendedor.

A média final (MF) será calculada da seguinte maneira:

$$\text{Média Final (MF)} = (N1 + N2) / 2$$

Conforme parágrafo 2º do artigo 70 da Resolução 17/CUn/97, o aluno com frequência suficiente (FS) e média final no período (MF) entre 3,0 e 5,5 terá direito a uma nova avaliação ao final do semestre (REC).

A avaliação REC do conteúdo do Prof. João Carlos Espíndola Ferreira, denominada REC1, será realizada como uma avaliação substitutiva da nota obtida pelo aluno na Prova. Por sua vez, a avaliação REC do conteúdo do professor Antonio Carlos Valdiero, denominada REC2, será realizada como uma avaliação suplementar na forma de uma prova com questões objetivas no MOODLE.

Observações:

- As notas das avaliações serão registradas e divulgadas no MOODLE.
- A frequência poderá ser registrada, ou pelo docente, ou pelo próprio aluno, em cada acesso às aulas síncronas, utilizando o registro de frequência do MOODLE.

## 9) Cronograma

1. As aulas serão disponibilizadas em vídeos no YOUTUBE e/ou no MOODLE, as quais serão assistidas pelos alunos de maneira assíncrona. Os professores estarão disponíveis de maneira síncrona para questionamentos e dúvidas às 2as-feiras entre 14h20min e 16h00min, e às 4as-feiras entre 15h10min e 17h00min.
2. A prova P será realizada de maneira síncrona no dia 05/10, com início às 16h20min e término às 18h00min. A avaliação de recuperação será de maneira síncrona no dia 14/12, com início às 16h20min e término às 18h00min. Para a realização de ambas as provas os alunos poderão consultar os materiais de apoio disponibilizados no MOODLE.
3. Quatro exercícios serão entregues aos alunos via MOODLE nos dias 14/09, 21/09, 28/09 e 19/10. Os alunos terão 1 (uma) semana para responder cada exercício, e as respostas deverão ser entregues via MOODLE até às 18h00min do respectivo dia, por upload de um arquivo escaneado ou fotografado. Os exercícios poderão ser respondidos em grupos de até 3 (três) alunos.
4. Um trabalho será entregue no dia 03/09 por e-mail a grupos de até 3 (três) alunos contendo o desenho de uma peça. Cada grupo terá que elaborar um programa NC (código G) para a usinagem da peça. Serão fornecidos os dados referentes à máquina CNC e à ferramenta. Cada grupo terá até o dia 11/11 para entregar o programa NC, e um vídeo mostrando uma simulação da usinagem da peça.

## 10) Bibliografia Básica

FERREIRA, J. C. E.; VALDIERO, A. C., Notas de Aula de Tecnologia de Comando Numérico, Curso de Graduação em Engenharia Mecânica, UFSC, 2020. (as notas de aula serão formadas por textos e slides disponibilizados no ambiente MOODLE).

SILVEIRA, Claudio Abilio da Silveira. **Integração de um sistema de impressão 3D em uma arquitetura modular de posicionamento cartesiano.** 2015. 108 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, 2015 Disponível em: <<http://www.bu.ufsc.br/teses/PEMC1616-D.pdf>>

SOUZA, Fábio José. **Usinagem remota de peças prismáticas via internet em uma máquina CNC aderente ao padrão STEP-NC.** 2014. 134 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, 2014. Disponível em: <http://www.bu.ufsc.br/teses/PEMC1567-D.pdf>

BERTRÁN, Javier Andrés Reckmann. **Sistematização do processo de projeto em automação de máquinas cartezianas com acionamento eletromecânico: ênfase no posicionamento.** xvi, 134 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, 2009 Disponível em: <http://www.tede.ufsc.br/teses/PEMC1211-D.pdf>

Observações:

- A apostila, os slides e os vídeos elaborados para esta disciplina serão suficientes como fonte de referência para o aluno estudar, aprender e se preparar para as avaliações.
- A apostila e os slides serão disponibilizados no MOODLE. Os vídeos serão disponibilizados no YOUTUBE, sendo os links destes informados através do MOODLE da disciplina.
- Solicita-se que os vídeos não sejam enviados para outras pessoas, diferentes daquelas matriculadas nessa disciplina e turma, com o risco de ferir direitos autorais.

## 11) Bibliografia Complementar

1. SOUZA, A. F.; ULBRICH, C. B. L. Engenharia Integrada por Computador e Sistemas CAD/CAM/CNC Princípios e Aplicações. 1. ed. São Paulo: Artliber, 2009.
2. DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C.; COPPINI, N. L. Tecnologia da Usinagem dos Materiais. 3ª ed., São Paulo: Editora Artliber, 2001.
3. FERRARESI, D. Fundamentos da Usinagem dos Metais. São Paulo: Editora Edgar Blücher Ltda., 2003.
4. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 6983: Automation systems and integration -- Numerical control of machines -- Program format and definitions of address words. Genebra, 2009. 26 p.
5. SILVA, S.D.D., CNC: Programação de Comandos Numéricos Computadorizados. Torneamento. São Paulo: Érica Editora, 2002.
6. SUH, Suk-Hwan. Theory and design of CNC systems. London: Springer, 2008. 455 p. ISBN 9781848003354. 2007.