



Ministério da Educação  
 UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
 Setor de Tecnologia  
 Departamento de Engenharia Elétrica

## Ficha 2 (Período Especial – Resolução Nº23/2021-CEPE)

Disciplina: <b>Ondas Eletromagnéticas</b>						Código: <b>TE338</b>	
Natureza: Obrigatória		Semestral					
Pré-requisito: Não há		Co-requisito: não há			Modalidade: Presencial		
<b>CH Total: 60</b> <b>CH semanal:</b> <b>04</b>	Padrão (PD): 60	Laboratório (LB): 0	Campo (CP): 0	Estágio (ES): 0	Orientada (OR): 0	Prática Específica (PE): 0	Estágio de Formação Pedagógica (EFP):
<b>EMENTA (Unidade Didática)</b>							
Campo eletromagnético, Equações de Maxwell, Onda plana uniforme, Guias de onda, Potenciais Eletromagnéticos, Dipolo eletromagnético, Antenas.							
<b>Justificativa para oferta à distância</b>							
A disciplina tem caráter conceitual e teórica, sem atividades práticas em Laboratório. Diante disto, pode ser adaptada ao modelo de Ensino Remoto Emergencial, conforme previsto na definição "Período Especial" dada pela Resolução Nº 23-2021-CEPE com interação docente/estudante realizada totalmente de forma remota.							
<b>PROGRAMA (itens de cada unidade didática)</b>							
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisão de Eletrostática.</li> <li>2. Números Complexos e Cálculo Vetorial: Teoremas e Identidades Importantes.</li> <li>3. Corrente de Deslocamento e a Lei de Ampère-Maxwell</li> <li>4. Equações de Maxwell: forma diferencial e integral</li> <li>5. Potenciais eletromagnéticos – potencial escalar, vetorial e transformações de calibre.</li> <li>6. Leis de Conservação e o Vetor de Poynting</li> <li>7. Guia de onda: Noções Gerais, Modo transversal magnético (TM) e Modo transversal elétrico (TE).</li> <li>8. Expressões explícitas para parâmetros de propagação básica</li> <li>9. Propagação de ondas em bons condutores</li> <li>10. Efeito Skin, Polarização, Lei de Snell e ângulo de Brewster, Ondas eletromagnéticas num plasma</li> <li>11. Linhas de transmissão</li> <li>12. Propagação de OEM sem perdas, conceitos preliminares para estudo de guias de onda, taxa de onda estacionária</li> <li>13. Modal TE/TM, Dipolo Hertziano, Guias de onda</li> <li>14. Campo próximo e campo distante, Função característica.</li> <li>15. Características básicas de Antenas: Diretividade, Eficiência de Radiação e Ganho da antena, Abertura efetiva das antenas. Equação de Friis para enlace sem fio.</li> </ol>							
<b>OBJETIVO GERAL</b>							
Familiarizar o estudante com os conceitos fundamentais das Equações de Maxwell para Campos Eletromagnéticos Variantes no tempo e das Ondas Eletromagnéticas. O estudante deverá ser capaz de: Compreender as Equações de Maxwell e a teoria das Ondas Eletromagnéticas; Estabelecer correlações entre teoria e problemas contextualizados; Adquirir visão ampla dos conceitos inerentes à propagação de ondas eletromagnéticas em meios materiais, antenas e guias de onda.							
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Apresentar as Equações de Maxwell no regime variante no tempo e o seu significado físico;</li> <li>-Apresentar Leis de Conservação de Carga e o Teorema de Poynting;</li> <li>-Abordar conceitos fundamentais relacionados às ondas eletromagnéticas e a sua importância para a Engenharia</li> </ul>							

-Discutir o limite de validade da teoria de circuitos elétricos  
-Aplicar a teoria eletromagnética em problemas de antenas e guias de onda.  
-Transitar por diferentes formas de representação matemática com reconhecimento das variáveis associadas.  
-Possuir discernimento quanto ao melhor método de solução de questões e problemas contextualizados.  
-Determinar com clareza as variáveis e parâmetros relacionados ao eletromagnetismo.  
-Desenvolver senso de argumentação e proposição de respostas considerando as competências e habilidades na sua formação.

### PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS

A proposta metodológica para esta disciplina baseia-se no conceito de aprendizagem ativa e enfatiza buscar a construção do conhecimento do graduando que deverá aliar a teoria às aplicações práticas voltadas ao contexto da Engenharia Elétrica e suas competências. Os principais conceitos teóricos e demonstrações são expostos pelo professor em sala de aula, e também será solicitada a leitura prévia dos assuntos a serem abordados, para posterior discussão em sala de aula e esclarecimento de dúvidas pertinentes. O discente recebe tarefas (listas de exercícios, textos, artigos) disponibilizadas em Ambiente Virtual (como o Moodle ou página do professor), revê com o professor as informações e dúvidas em sala de aula, com o objetivo de estimular o aluno a compreender conceitos e interagir com os colegas de forma participativa na solução de problemas, e depois, resolve uma série de exercícios em grupos. Serão utilizadas diferentes técnicas de ensino, como aulas expositivas dialogadas, estudos dirigidos, além de outras a pedido dos alunos. O uso do software Matlab poderá ser necessário em alguns tópicos. Serão propostas listas de exercícios para os alunos resolverem em horário extra-classe, como forma de fixação e aprendizado do conteúdo.

**Aulas expositivas:** apresentação da teoria, conceitos, propriedades, simulações, exemplos e aplicações.

**Avaliação teórica:** avaliação teórica do conteúdo exposto em sala de aula.

**Recursos:** Quadro branco, recursos de multimídia e computador.

### FORMAS DE AVALIAÇÃO

- Estão previstas 2 (duas) atividades avaliativas, cada uma delas recebendo uma nota ( $n_i$ ) de 0 (zero) a 100 (cem).
- Atividades (quando solicitadas) e postadas fora do prazo são penalizadas com a perda de 20% da nota.
- A **Média Parcial** ( $m_{parcial}$ ) será calculada pela média das notas obtidas nas atividades, através de:

$$m_{parcial} = \frac{\sum_{i=1..2} n_i}{10}$$

- Estará aprovado o participante que atingir  $m_{parcial} \geq 70$ .
- Os participantes cuja **Média Parcial** ( $m_{parcial}$ ) seja inferior a 70 porém igual ou superior a 40 ( $40 \geq m_{parcial} \geq 70$ ) será dada a oportunidade da entrega de um Trabalho Extra, com tema/atividades a ser definido, ao qual será atribuída uma nota ( $t_{extra}$ ) entre zero e 100. Neste caso a **Média Final** ( $m_{final}$ ) será obtida através de:

$$m_{final} = \frac{m_{parcial} + t_{extra}}{2}$$

- Participantes cuja **Média Parcial** ( $m_{parcial}$ ) for inferior a 40 serão considerados REPROVADOS, sem direito ao Trabalho Extra.

**A frequência mínima para aprovação deve ser maior ou igual a 75%.**

### BIBLIOGRAFIA BÁSICA (mínimo 03 títulos)

- SADIKU, Matthew N. O. Elementos de eletromagnetismo. Bookman, Porto Alegre, 3a. Ed. ou Superior.
- HAYT, William Hart. Eletromagnetismo, 4a Edição ou superior, Rio de Janeiro, Editora LTC
- GRIFFITHS, David J. (David Jeffery). Eletrodinâmica. 3. ed. São Paulo: Pearson, 2011. xv, 402 p., il. ISBN 9788576058861 (broch.).

### BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR (mínimo 05 títulos)

- JACKSON, John David. Classical electrodynamics. 2. ed. ou superior, New York: J. Wiley

- SOPHOCLES J. Orfanidis, Electromagnetic Waves and Antenas, disponível livremente no site [www.ece.rutgers.edu/~orfanidi/ewa](http://www.ece.rutgers.edu/~orfanidi/ewa).
- REITZ, John R; MILFORD, Frederick J; CHRISTY, Robert W. Fundamentos da teoria eletromagnética. 3. ed. Rio de Janeiro: Campus, c1982. 516p., il. Inclui referências bibliográficas. ISBN 8570011032.
- EDMINISTER, Joseph A. Eletromagnetismo. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1980. 232p., il. (Coleção Schaum).
- RIBEIRO, José Antônio Justino. Propagação das ondas eletromagnéticas: princípios e aplicações. São Paulo: Erica, 2004. 390 p., il. Inclui bibliografia e índice. ISBN 857194993X (broch).

Indicações dos docentes:

1. Tipler, P.A.; Mosca, G. Física, Vol. 2 – Para Cientistas e Engenheiros- eletricidade e Magnetismo, óptica - 6ª. edição. Editora LTC, 2009.
2. Keller, F. J., Gettys, W. E. e Skove, M. J.; Física, Vol 3. São Paulo: Makron Books, 2009.
3. Serway, R., Raymond, A.; Física para Cientistas e Engenheiros, Vol 3. Rio de Janeiro: LTC, 2006.
4. Alonso, M. F., Edward J.; Física: Um curso universitário. Vol. 2. São Paulo: Edgard Blücher, 2005
5. Bauer, W., Westfall, G. D. e Dias, H.; Física para Universitários – Eletricidade e Magnetismo, 1ª. edição. Editora McGraw-Hill. 2012.
6. Notaroš, B. M.; Eletromagnetismo. Pearson Education do Brasil. 2012.
7. Bastos, J.P.A.; “Eletromagnetismo para engenharia: estática e quase estática” - 3a. edição ou superior, Florianópolis: Editora da UFSC, 2012.
8. Ida, N.; “Engineering Electromagnetics”, Springer-Verlag, 2000.

**Professor da Disciplina:** Armando Heilmann  
**Documento assinado digitalmente**

**Chefe de Departamento:** Luiz Antonio Belinaso  
**Documento assinado digitalmente**