

# UFMG - Escola de Engenharia - PPGEE

## Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica - 2o Semestre de 2025

**Disciplina:** EEE936 - Análise de Antenas (4 créditos - 60 horas-aula)

**Horário:** Segundas e Quartas, 9:25 – 11:05

**Professor:** Fernando José da Silva Moreira

Departamento de Engenharia Eletrônica (DELT)

Prédio da Engenharia – Bloco 1 – Sala 2629 – Tel.: 3409-3445

URL: <http://www.ppgEE.ufmg.br/~fernando>

e-mail: [fernandomoreira@ufmg.br](mailto:fernandomoreira@ufmg.br)

---

### 1) Objetivos do Curso:

Introduzir conceitos, aplicações e métodos de análise para os principais tipos de antenas empregadas em sistemas de telecomunicações. Espera-se que ao final do curso o aluno seja capaz de: compreender as características fundamentais, aplicações e benefícios correspondentes às configurações de antenas mais empregadas; utilizar a teoria eletromagnética e os problemas canônicos apresentados para a análise de antenas filamentosas e refletoras com geometrias mais complexas; possuir noções básicas sobre a utilização de métodos assintóticos e numéricos (Ótica Física, Ótica Geométrica e Método dos Momentos) em aplicações para antenas; possuir noções básicas para o projeto de antenas filamentosas e, particularmente, refletoras.

### 2) Ementa:

A) Conceitos e características fundamentais de antenas: revisão das equações de Maxwell; princípio da dualidade; equações de campo; teorema de Poynting; teorema da reciprocidade; diagrama de radiação: diretividade, ganho, eficiência; polarização; área efetiva; fórmula de Friis.

B) Antenas filamentosas: dipolo infinitesimal, dipolo finito e *loops* (características, imagens por planos infinitos, impedâncias).

C) Conjunto de antenas; impedância mútua.

D) Equação integral de Stratton-Chu: solução através do Método dos Momentos.

E) Antenas Refletoras: radiação por aberturas: princípio da equivalência e teoria da imagem; Ótica Física e Ótica Geométrica; condições de máximo ganho; erros de fase; sistemas de único refletor parabólico: simétrico e *offset*; sistemas de duplo-refletores: simétricos e *offset*; projeto de geometrias clássicas.

F) Alimentadores: cornetas setoriais, piramidais e cônicas; cornetas corrugadas.

### 3) Avaliação:

A avaliação será feita através de listas de exercícios semanais (15 pontos), um trabalho extra-classe envolvendo cálculo numérico (15 pontos), uma prova escrita durante o decorrer do curso (30 pontos) e uma prova escrita final (40 pontos).

A) Listas de exercícios: todas as semanas (salvo em casos excepcionais) será passada, através da *homepage* do professor ([www.cpdee.ufmg.br/~fernando](http://www.cpdee.ufmg.br/~fernando)), uma lista de exercícios. O prazo para a entrega estará marcado na própria lista. **Listas e trabalhos entregues fora do prazo receberão nota zero, sem exceções de qualquer espécie.** Todas as listas contarão para o cálculo da nota referente (total de 15 pontos).

B) Análise de antena refletora parabólica através da Ótica Física (PO): a partir do meio do semestre serão passados trabalhos individuais com o objetivo de criar, no final, um programa de computador para o cálculo das características elétricas de antenas refletora parabólica através da Ótica Física (PO). A nota total será de 15 pontos e a data para entrega é no dia da Prova Final.

C) Prova no meio do semestre: será realizada uma prova escrita valendo 30 pontos. A matéria a ser avaliada vai desde o início do curso até o tópico especificado pelo professor. O aluno que não comparecer à prova terá nota zero na mesma. Somente nos casos previstos no regulamento da UFMG o aluno faltoso poderá ter a sua nota substituída por uma avaliação extra, realizada na data determinada pelo professor.

D) Prova escrita final: esta prova será realizada no final do semestre, valerá 40 pontos e envolverá toda a matéria oferecida no curso. O aluno que não comparecer à prova final terá nota zero na mesma. Somente nos casos previstos no regulamento da UFMG o aluno faltoso poderá ter a sua nota substituída por uma avaliação extra, realizada na data determinada pelo professor.

### 4) Datas das Provas e Entrega do Trabalho:

A) Primeira Prova: quarta-feira, 08 de outubro de 2025.

B) Prova Final: segunda-feira, 01 de dezembro de 2025.

C) Entrega do Trabalho: até segunda-feira, 01 de dezembro de 2025.

### 5) Bibliografia:

A) C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, fourth edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, 2016.

B) S. Silver (Editor); *Microwave Antenna Theory and Design*; IEE Electromagnetic Wave Series Vol. 19, Peter Peregrinus, London, 1984.

C) Notas de aula e textos complementares.

## 6) Calendário Proposto (pode ser alterado a critério do professor):

| Segunda-feira                                                                                                                       | Quarta-feira                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11 de agosto – Introdução.<br>Texto: notas de aula e Balanis Cap. 1.                                                                | 13 de agosto – Equações de Maxwell. Potenciais vetores. Texto: notas de aula e Balanis Cap.3.                                       |
| 18 de agosto – Integrais de radiação. Dipolo infinitesimal. Texto: notas de aula e Balanis Cap. 3 (integrais) e Seção 4.2 (dipolo). | 20 de agosto – Integrais de radiação. Dipolo infinitesimal. Texto: notas de aula e Balanis Cap. 3 (integrais) e Seção 4.2 (dipolo). |
| 25 de agosto – Características básicas das antenas. Texto: notas de aula e Balanis Cap. 2. <b>Aula Assíncrona.</b>                  | 27 de agosto – Características básicas das antenas. Texto: notas de aula e Balanis Cap. 2.                                          |
| 01 de setembro – <b>Não haverá aula.</b>                                                                                            | 03 de setembro – <b>Não haverá aula.</b>                                                                                            |
| 08 de setembro – Dipolos finitos. Texto: notas de aula e Balanis Seções 4.4—4.7.                                                    | 10 de setembro – Dipolos finitos. Método da FEI. Texto: notas e Balanis Seções 4.4—4.7 e 8.5.                                       |
| 15 de setembro – Loops. Teoria das imagens. Texto: notas de aula e Balanis Seções 5.1—5.5.                                          | 17 de setembro – Conjunto de antenas. Texto: notas de aula e Balanis Seções 6.3—6.6 e 7.5.                                          |
| 22 de setembro – Conjunto de antenas. Texto: notas de aula e Balanis Seções 6.3—6.6 e 7.5.                                          | 24 de setembro – Impedância mútua. Texto: notas de aula e Balanis Seção 8.5.                                                        |
| 29 de setembro – Eqs. integrais de Straton-Chu. Texto: notas de aula e Silver Capítulo 3.                                           | 01 de outubro – Equações integrais. Texto: notas de aula e Silver, Capítulo 3.                                                      |
| 06 de outubro – Método dos Momentos na Análise de Antenas Filamentares. Texto: notas de aula e Balanis, Seções 8.1—8.4.             | 08 de outubro – <b>Prova.</b>                                                                                                       |
| 13 de outubro – Radiação por aberturas. Texto: notas de aula e Balanis Seções 12.1—12.6.                                            | 15 de outubro – Radiação por aberturas. Texto: notas de aula e Balanis Seções 12.1—12.6.                                            |
| 20 de outubro – Radiação por aberturas. Polarizações principal e cruzada. Texto: notas de aula e Balanis Seções 12.1—12.6.          | 21 de outubro – Refletor parabólico simétrico. Texto: notas de aula e Balanis Seção 15.4.                                           |
| 27 de outubro – <b>Recesso Escolar.</b>                                                                                             | 29 de outubro – Refletor parabólico simétrico: Ótica Geométrica e Método da Abertura. Texto: notas de aula e Balanis Seção 15.4.    |
| 03 de novembro – Refletor parabólico simétrico: projeto. Texto: notas de aula e Balanis Seção 15.4.                                 | 05 de novembro – Refletor parabólico <i>offset</i> . Ótica Física. Texto: notas de aula.                                            |
| 10 de novembro – Antenas com dois refletores axialmente simétricos. Texto: notas de aula. <b>Aula Assíncrona.</b>                   | 12 de novembro – Antenas com dois refletores axialmente simétricos: modelagem. Texto: notas de aula. <b>Aula Assíncrona.</b>        |
| 17 de novembro – Antenas com dois refletores <i>offset</i> . Texto: notas de aula.                                                  | 19 de novembro – Antenas com dois refletores p/ cobertura omnidirecional. Texto: notas de aula.                                     |
| 24 de novembro – Cornetas piramidal e cônica. Texto: notas de aula e Balanis Seções 13.1—13.6.                                      | 26 de novembro – Cornetas piramidal e cônica. Texto: notas de aula e Balanis Seções 13.1—13.6.                                      |
| 01 de dezembro – <b>Prova Final. Entrega do Trabalho.</b>                                                                           |                                                                                                                                     |

## 7) Vídeos no Youtube (canal FJSMoreira UFMG):

A relação entre assunto e vídeo não é precisa. Pode ser que você tenha que assistir ao final do vídeo anterior ou ao início do posterior. Favor alertar o professor sobre discrepâncias entre assunto e vídeo através do e-mail [fernandomoreira@ufmg.br](mailto:fernandomoreira@ufmg.br).

| Aula  | Assunto                                                               | Título do vídeo         |
|-------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 01    | Introdução.                                                           | ANTENASPG 30-11         |
| 02    | Equações de Maxwell. Potenciais vetores.                              | ANTENASPG 02-12         |
| 03    | Integrais de radiação. Dipolo infinitesimal.                          | ANTENASPG-Sem212-Aula03 |
| 04    | Integrais de radiação. Dipolo infinitesimal.                          | ANTENASPG-Sem212-Aula04 |
| 05    | Características básicas das antenas.                                  | ANTENASPG-Sem212-Aula05 |
| 06    | Características básicas das antenas.                                  | ANTENASPG-Sem212-Aula06 |
| 07    | Dipolos finitos.                                                      | ANTENASPG-Sem212-Aula07 |
| 08    | Dipolos finitos. Método da FEI.                                       | ANTENASPG-Sem212-Aula08 |
| 09    | Loops. Teoria das imagens.                                            | ANTENASPG-Sem212-Aula09 |
| 10    | Conjunto de antenas.                                                  | ANTENASPG-Sem212-Aula10 |
| 11    | Conjunto de antenas.                                                  | ANTENASPG-Sem212-Aula11 |
| 12    | Impedância mútua.                                                     | ANTENASPG-Sem212-Aula12 |
| 13    | Equações integrais de Straton-Chu.                                    | ANTENASPG-Sem212-Aula13 |
| 14    | Equações integrais.                                                   | ANTENASPG-Sem212-Aula14 |
| 15    | Método dos Momentos na Análise de Antenas Filamentares.               | ANTENASPG-Sem212-Aula15 |
| 16    | Radiação por aberturas.                                               | ANTENASPG-Sem212-Aula16 |
| 17    | Radiação por aberturas.                                               | ANTENASPG-Sem212-Aula17 |
| 18    | Radiação por aberturas. Polarizações principal e cruzada.             | ANTENASPG-Sem212-Aula18 |
| 19    | Refletor parabólico simétrico.                                        | ANTENASPG-Sem212-Aula19 |
| 20    | Refletor parabólico simétrico: Ótica Geométrica e Método da Abertura. | ANTENASPG-Sem212-Aula20 |
| 21    | Refletor parabólico simétrico: projeto.                               | ANTENASPG-Sem212-Aula21 |
| 22    | Refletor parabólico <i>offset</i> . Ótica Física.                     | ANTENASPG-Sem212-Aula22 |
| 23    | Antenas com dois refletores axialmente simétricos.                    | ANTENASPG-Sem212-Aula23 |
| 24    | Antenas com dois refletores axialmente simétricos: modelagem.         | ANTENASPG-Sem212-Aula24 |
| 25    | Antenas com dois refletores <i>offset</i> .                           | ANTENASPG-Sem212-Aula25 |
| 26    | Antenas com dois refletores para cobertura omnidirecional.            | ANTENASPG-Sem212-Aula26 |
| 27/28 | Cornetas piramidal e cônica.                                          | ANTENASPG-Sem212-Aula27 |