

## EMENTAS CEEAA – 2026

### AA-801 – Armamentos e Munições Aéreas - CH: 48

**EMENTA:** Bombas de Fins Gerais: Perfil aerodinâmico, Materiais, Processos de Fabricação, Funcionamento, Emprego e Efeito Terminal. Modelos de Previsão de Fragmentação: Velocidade dos Fragmentos, Distribuição em massa e quantidade de fragmentos, Envelope de Fragmentação. Técnicas de avaliação de efeito terminal: ensaios de arena, medida de velocidade dos fragmentos, coleta de fragmentos e avaliação do efeito de sopro de BFG. Espoletas para bombas: conceito de trem explosivo, componentes de um trem explosivo, requisitos de segurança, mecanismo de funcionamento, processos e materiais para fabricação, ensaios de avaliação. Bombas de alto arrasto: tecnologias de freio aerodinâmico, requisitos de espoletas. Características das bombas de exercício. Características das bombas incendiárias, processos de fabricação, emprego. Constituição das bombas lança-granadas, materiais e processos de fabricação, funcionamento, técnicas de espalhamento de submunições, tipos de submunições. Bombas de penetração e antipista: materiais, funcionamento, modelos de previsão de penetração. Tecnologias de guiamento em bombas de aviação: bombas com guiamento laser, guiamento por GPS. Foguetes de aviação: constituição, visão geral sobre foguetes, modelos de dimensionamento, previsão de desempenho, materiais e processos de fabricação de componentes, cabeças-de-guerra, espoletas, mecânica de funcionamento das espoletas para foguetes, emprego e precisão, lançadores de foguetes. Metralhadoras e canhões: munições 7,62 mm, .50", 20 e 30 mm, emprego e precisão. Mísseis: tipos de mísseis, constituição, tipos de guiamento, leis de navegação, características aerodinâmicas x emprego, espoletas de proximidade, cabeças-de-guerra.

**BIBLIOGRAFIA:** LINDSEY, G. H., REDMON D. R., Tactical Missile Design, Naval Postgraduate School; MIL-STD-810E – Environment Test Methods and Engineering Guidelines; MIL-STD-331C - Fuze and Fuze Components, Environmental and Performance Tests.

### AA-802 – Explosivos Militares, Propelentes e Pirotécnicos - CH: 48

**EMENTA:** Explosivos: Definições Gerais, Propriedades Físicas e Químicas, Propriedades Explosivas, Testes de Avaliação e Principais Usos, Prática no Manuseio de Explosivo, Testes em Campo. Propelentes: Definições Gerais, Propriedades Físicas e Químicas, Testes de Avaliação. Operação de Fabricação de Propelentes para Armas de Cano: Base Simples, Base Dupla e Base Tripla. Propelentes de Foguetes, Base Dupla, Estruturada e Moldada. Propelente Compósito. Pólvora Negra. Visita à Usina de Propelente Compósito. Pirotécnicos: Definições Gerais, Materiais Utilizados e Principais Usos dos Iniciadores. Elementos de Retardo. Composições Fumígenas e Luminosas. Dispositivos Eletro-Explosivos. Pirotécnicos para Foguetes. Aspectos de Segurança no Manuseio de Explosivos. Propelentes e Pirotécnicos.

**BIBLIOGRAFIA:** COOK, M. A., "The Science of High Explosives". Editora Robert E. Krieger Publishing Co. Inc., Huntington, N. Y., 2ª edição 1971; CALZIA, J., "Les Substances Explosives et Leurs Nuisances". Editora Dunod, Paris, 1ª edição 1969; MCA-135-2 Manual de Segurança de Explosivos, Ministério da Aeronáutica.

### AA-804 – Introdução ao Controle Clássico - CH: 48

**EMENTA:** Conceitos fundamentais de controle. Fundamentos históricos. Conceito de Estados: Vetor de Estados e Representação por Espaço de Estados. Linearização. Solução da Equação de Estados no domínio do tempo. Transformadas de Laplace. Resolução de equações diferenciais ordinárias. Teorema do Valor Final. Teorema do Valor Inicial. Transformação Inversa. Função de Transferência. Cálculo da Matriz de Transferência. Diagrama de Polos e Zeros. Localização dos Polos e Estabilidade. Diagrama de Blocos e sua Álgebra. Cálculo da Função de Transferência em Malha Fechada. Sistemas de 1º ordem, 2º ordem e ordens superiores: Resposta ao Degrau e Análises. Critério de Estabilidade de Routh. Simulações em Matlab e Simulink. Projeto de controladores através de Lugar Geométrico das Raízes: análises usando Matlab. Controle PID. Projeto de Controle por Realocação de Polos. Resposta em Frequência: Diagramas de Bode, Interpretação e Traçado. Conceito de Margem de Fase e Margem de Ganho. Introdução ao controle ótimo: LQR.

**BIBLIOGRAFIA:** OGATA, K., Engenharia de Controle Moderno, 5th Ed, Prentice Hall, 2010; D'AZZO, J. J., HOUPIS, C. H. Análise e projeto de Sistemas de Controle Lineares, 2º ed., McGraw-Hill, 1966.

### AA-805 – Aerodinâmica de Mísseis - CH: 48

**EMENTA:** Introdução às Equações Governantes da Mecânica dos Fluidos: Formulação de Navier Stokes, Formulação de Euler, Formulação Potencial e Formulação Potencial Linear. Considerações sobre Carregamento Aerodinâmico: Forças Aerodinâmicas, Momentos Aerodinâmicos, Centro de Pressão, Derivadas de Estabilidade. Características Aerodinâmicas de Componentes de Airframes: Corpo, Asa, Strakes / Strakelets / Shoes e Interferência Aerodinâmica. Características Aerodinâmicas da Configuração Completa: Forças e Momentos Resultantes, Derivadas de Estabilidade, Modelo Aerodinâmico empregado em Mísseis e Bombas, Análise de Estabilidade Dinâmica, Caracterização de Airframes (software Missile Datcom® x Teoria Linear). Anteprojeto de um artefato bélico: Requisitos de Projeto. Baseline: Dados Históricos. Baseline: Requisito Fator de Carga. Baseline: Requisito Condições de Trimagem. Anteprojeto do veículo do curso VA-1.

**BIBLIOGRAFIA:** CHIN, S.S., 1961, Missile Configuration Design, McGraw-Hill Book Company, Inc; FLEEMAN, E.L., 2006, Tactical Missile Design, AIAA Education Series, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc.; ZARCHAN, P. , 2002, Tactical and Strategic Missile Guidance, Progress in Astronautics and Aeronautics, Vol 199, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc.

#### **AA-807 – Motor Foguete - CH: 48**

**EMENTA:** Introdução à Dinâmica do Gás: Conservação de Energia, Conservação do Momento, Conservação de Massa, Onda de choque Normal, Onda de Choque Obliqua, Outras Ondas de Choque, Interação da Camada Limite, Escoamento em Difusores e Escoamento de Gás com Transferência de Calor. Propulsão de Foguetes: História das Aplicações dos Foguetes Militares, Critérios de desempenho, Desempenho Termodinâmico de Motores-foguetes, Balística de Propelente Sólido, Propelente Sólido, Desenvolvimento de Motor a Propelente Sólido e o Sistema de Motor a Propelente Líquido. Propulsão de Air-breather: Histórico, Consumos, o Ciclo Termodinâmico Ideal, Sistema Ramjet, Sistema Turbojet, Sistema Turbofan. Mecânica do Voo: Equações de Velocidades e Equações de Alcance.

**BIBLIOGRAFIA:** BARRERE, M. e JAUMOTTE, A., Rocket Propulsion, Elsevier, London, 1960; SUTTON, G. P., Rocket Propulsion Elements, John Wiley, New York, 1976; KUO, K. K. e SUMMERFIELD, M., Fundamentals of solid-propellant combustion, AIAA, Washington, 1984.

#### **AA - 809 – Tecnologias de Sensores e Atuadores em Armamento Aéreo - CH: 48**

**EMENTA:** Introdução a Microondas: Principais conceitos. Introdução a antenas. Receptores de microondas: Principais parâmetros, tipos, aplicações e projeto. Noções de radar aplicados em projetos de defesa: Definição dos parâmetros do radar com vistas à missão. Radar de vigilância. Radar milimétrico. Radar diretor de tiro. Técnicas de processamento de sinal radar. Sensores IR: Conceituação, Principais elementos, Redução de dados. Sensores Inerciais e sua integração com GPS; Navegação inercial. Atuadores: Principais conceitos. Conceito de dispositivo mecatrônico. Tipos de atuadores de armamentos guiados: Mecânicos, Elétricos e Pneumáticos. Atuador eletromecânico: Tipos de conversores de movimento, Tipos de Motores e principais características, AC, DC (convencional e brushless) e motor de passo. Motor DC Convencional: Modelagem matemática convencional, tipos de acionamento, controle dos motores e características. Eletrônica do atuador elétrico: de potência e digital, ponte H e microcontrolador. Computação do atuador elétrico: funções primárias e secundárias, malhas de controle e aspectos gerais de projeto de malha de controle. Exemplos de atuadores eletromecânicos aplicados em mísseis da FAB. Sensores de atuadores de armamentos guiados: girômetros, acelerômetros, potenciômetros, encoders óptico (absoluto e incremental) e magnético, sensores de efeito hall. Atuador pneumático: tipos (a gás frio e gás quente). Válvulas: Tipos. Válvulas direcionais: representação por diagrama de quadrados. Modelagem matemática de atuador a gás quente. Exemplos de atuadores pneumáticos aplicados em mísseis da FAB. Aspectos gerais de requisitos e especificações de projetos de atuadores para superfícies de controle de armamentos guiados.

**BIBLIOGRAFIA:** Microwave Receivers, New York, NY: McGraw-Hill, 1948; DERENIAK e BOREMAN, Infrared Detectors and Systems, Wiley Interscience, 1996; ZARCHAN, P., Tactical and Strategic Missile Guidance, AIAA, 2012.

#### **AA - 810 – LETALIDADE - CH: 48**

**EMENTA:** Probabilidade de acertar o alvo (Ph): alvos circulares, retangulares e elípticos. Probabilidade de neutralizar um alvo. "Single-shot Kill Probability" (SSKP): avaliação da SSKP utilizando a área letal, avaliação da SSKP utilizando a área vulnerável. Probabilidade de neutralizar acumulada. Conceitos gerais sobre a letalidade do armamento. Relação cabeça-de-guerra/espoleta/mecanismo de segurança e armar (SAU). Erros de guiamento. Medidas de neutralização: hierarquização dos efeitos destrutivos do armamento e da missão. Conceitos de defesa aérea, susceptibilidade, vulnerabilidade e capacidade de sobrevivência. Mecanismos e processos de danos. Tipos de cabeças de guerra e seus efeitos terminais. Modelos de previsão de fragmentação e velocidade inicial dos fragmentos e métodos experimentais. Modelos de previsão do efeito de sopro. Conceitos da perfuração de chapas metálicas por jato metálico (efeito Monroe) e estimativas de perfuração. Variáveis envolvidas no desempenho do jato metálico. Modelos de previsão de efeito de cratera e penetração em solo. Projeto de cabeças de guerra.

**BIBLIOGRAFIA:** BALL, R. E., The Fundamentals of Aircraft Survivability Analysis and Design, 2e, AIAA; PRZEMIENIECKI, J. S., Mathematical Methods in Defense Analyses, 3e, AIAA; JAISWAL, N. K., Military Operations Research Quantitative Decision Making, Kluwer Academic Publishers.

#### **AA-811 – Simulação e Controle de Artefatos Bélicos - CH: 96**

**EMENTA:** Noções de cálculo numérico: Método de Runge-Kutta e Método de Euler. Estudo de Atmosfera Padrão Internacional. Aerodinâmica básica. Balística em meio denso. Envelopes de fragmentação: Análise dos parâmetros balísticos. Simulações numéricas de trajetórias de artefatos bélicos, com 2, 3 e 6 graus de liberdade com efeito do vento. Análise de erros. Erro Circular Provável. Modelagem matemática de coeficientes aerodinâmicos a partir de lançamentos experimentais. Cálculo de tabela balística. Modelamento matemático da dinâmica de um míssil. Controle LQR e PID. Implementação do guiamento de um míssil de cruzeiro.

Modelamento dos Autopilotos de um míssil. Implementação de simulação do modelo completo de um míssil (dinâmica, guiamento e controle).

**BIBLIOGRAFIA:** STICKLAND, J. Flight Missile Simulation: surface-to-air missiles, 2012; TEUKOLSKY, S.A., Press, W.H. Numerical Recipes in Fortran: The Art of Scientific Computing. Cambridge, MA, 1992; TEUKOLSKY, S.A., Press, W.H. Numerical Recipes Example Book. Cambridge, MA, 1992.

**AA – 812 – Introdução ao Projeto Conceitual de Armamento Aéreo - CH: 64**

**EMENTA:** Tutorial para Design de Mísseis em Geral. Mísseis do tipo "Gun Launched". Mísseis Anti Navio (MAN). Míssil de Cruzeiro. Naval Air Defence. Mísseis Balísticos. Mísseis Ar-Ar. Munição Guiada Lançada de Canhão. Mísseis AntiRadiação. Armas Guiadas AntiTanque. UAV's e UCAV's. Stand-Off Weapons. Mísseis do tipo "Air Launched Stand-Off – Land Attack.

**BIBLIOGRAFIA:** Notas de Aula do Programa de Mestrado em Sistemas de Armas Guiadas da Cranfield University.

**AA – 814 – Probabilidade e Estatística - CH: 48**

**EMENTA:** Introdução à Probabilidade: Probabilidade, Álgebra de Eventos, Variáveis Aleatórias Discretas e Contínuas. Estatística Básica: Distribuições Amostrais, Teorema do Limite Central, Estimação Pontual, Estimação por Intervalos, Testes de Hipóteses. Simulação Monte Carlo. Simulação Bootstrap. Aplicações de Problemas de Otimização: Programação Linear e Programação Dinâmica. Introdução à Decisão Multicritério: Métodos Ordinais, AHP (Analytic Hierarchy Process) e ANP (Analytic Network Process). Aplicação de Métodos Multivariados: Análise dos Componentes Principais e Análise Fatorial.

**BIBLIOGRAFIA:** Notas de Aula do Programa de Mestrado em Sistemas de Armas Guiadas da Cranfield University.

**AA – 815 – Estudos Introdutórios – CH: 96**

**EMENTA:** Teoria de Conjuntos: Notação, operações entre conjuntos: União, Interseção, complementar, diferença, partes do conjunto. Funções: definição, conjuntos domínio, contradomínio e imagem, função injetora, sobrejetora e bijetora, Função inversa, monotonicidade: função crescente e decrescente; tipos de funções: par, ímpar, constante, afim, quadrática, exponencial e logarítmica. Geometria analítica: definição de ponto, coordenadas do ponto, distância entre pontos, razão de secção, condição de alinhamento entre pontos, equações reduzida, geral e segmentada da reta, distância entre ponto e reta, ângulo entre retas, posição relativa entre retas: paralelas, concorrentes, coincidentes, circunferência: equação geral e reduzida, posições relativas entre reta circunferência: exterior secante e tangente, posições relativas entre circunferências: exteriores, tangentes internamente, tangentes esternamente, interiores e secantes, elipses: equação e elementos constitutivos, interseção de reta com elipses. Matrizes: definição, tipos de matrizes, operações matriciais, matriz inversa e cálculo de determinante. Sistemas Lineares.