

Ministério da Educação
Departamento do Ensino Secundário

Programa de Práticas Laboratoriais de Electrotecnicia/Electrónica

12º Ano

Curso Tecnológico de Electrotecnicia/Electrónica

Autores:

José Manuel Guerreiro Gregório (Coordenador)

Rogério Barros Baldaia

José Virgílio Faria Pires

António José Coelho Henriques

Homologação

21/03/2002

Índice

Desenvolvimento do programa - 12º Ano	3
Bibliografia Geral	35

Desenvolvimento do programa – 12ºAno

(de acordo com as especificações de Electrónica e de Telecomunicações)

Práticas Laboratoriais de Electrotecnia/Electrónica – 12º Ano - Desenvolvimento do programa
(de acordo com as especificações de Electrónica e de Telecomunicações)

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 Min.
<p>1- Circuitos sequenciais síncronos.</p>		<p>Nota: as indicações que se seguem pressupõem uma prévia leitura das sugestões metodológicas gerais feitas na apresentação do programa e que não são aqui repetidas por uma questão de simplificação do texto. Devem, no entanto, estar sempre presentes na gestão do programa. Assim, o professor terá o cuidado de, a cada passo, discernir a importância relativa dos assuntos, centrar o processo de aprendizagem na actividade dos alunos, diferenciar os métodos de acordo com as características daqueles, diversificar o tipo de actividades laboratoriais, lançar constantes desafios de reflexão e de discussão, aplicar continuamente uma avaliação formativa apoiada em instrumentos adequados.</p> <p>Atendendo à carga horária disponível, considera-se necessária a existência de um conjunto de módulos previamente construídos, que possibilitem a execução de parte significativa das experiências e onde os alunos apenas efectuem as ligações pretendidas.</p>	

Práticas Laboratoriais de Electrotecnia/Electrónica – 12º Ano - Desenvolvimento do programa
(de acordo com as especificações de Electrónica e de Telecomunicações)

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 Min.
<p>1.1. Aplicações com contadores síncronos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar circuitos CMOS da série 74HCT ou 4000. - Testar o funcionamento dum relógio digital. - Projectar um circuito envolvendo uma contagem reversível. - Ensaiar o circuito projectado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ensaiar o funcionamento de um relógio digital de 12 horas e minutos. - Usando um contador reversível com load síncrono (74HCT169) ou assíncrono (74HCT191 e 74HCT193), propor a realização do circuito de contagem dos carros num parque automóvel. - Promover a apresentação e discussão de diferentes soluções para o circuito detector da passagem do carro, pelos grupos de alunos. 	<p>2</p>
<p>1.2. Registos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Interligar fontes de dados ao mesmo barramento. - Testar o funcionamento dum registo de deslocamento universal. - Distinguir entre transmissão paralela e série dos dados. - Ensaiar um circuito de aplicação da transmissão série de informação. - Experimentar os deslocamentos à esquerda e à direita. - Aplicar os deslocamentos em ambos os sentidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizando registos (74HCT373 ou 74HCT374 ou 74HCT377) e o registo de deslocamento universal (74HCT194), sugerir a um grupo de alunos a realização dum emissor de informação série, provinda alternadamente de duas fontes paralelas de 4 bits, e a outro grupo o correspondente receptor. - Ensaiar um conjunto emissor/receptor ou, solicitar aos alunos a construção do circuito de comando de um motor passo a passo, tendo o sentido de rotação dependente de uma entrada. 	<p>1</p>

Práticas Laboratoriais de Electrotecnia/Electrónica – 12º Ano - Desenvolvimento do programa
(de acordo com as especificações de Electrónica e de Telecomunicações)

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 Min.
<p>1.3. Síntese de controladores com <i>flip-flops</i>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Ensaiar um circuito sequencial de Moore, tendo no máximo duas entradas e duas saídas, conhecidas as suas especificações. – Ensaiar um circuito sequencial de Mealy, tendo no máximo duas entradas e duas saídas, conhecidas as suas especificações. – Usar o diagrama de estados e as excitações dos <i>flip-flops</i> na detecção de avarias. – Distinguir o comportamento dos circuitos de Moore e de Mealy. 	<ul style="list-style-type: none"> – Exemplificando com circuitos de aplicação prática, propor aos alunos a montagem e teste de circuitos sequenciais de Moore e / ou Mealy, baseado em <i>flip-flops</i> JK, desenhados nas aulas de SAD. – Porque o factor tempo é determinante no funcionamento dos circuitos sequenciais, os alunos mostram dificuldades acrescidas na detecção das avarias, sendo por isso importante ministrar de forma oportuna as técnicas de detecção de erros de funcionamento deste tipo de circuitos. – Realçar a necessidade de recorrer ao diagrama de estados do circuito, para interpretar de forma correcta o seu funcionamento, completando-o se necessário, com os estados não usados no seu desenho, para uma compreensão correcta de aparentes maus funcionamentos. – Mostrar com os circuitos usados as diferenças de comportamento do circuito de Moore e de Mealy. – Utilizar simuladores informáticos de electrónica digital, que mostrem a resposta temporal, para melhor 	<p style="text-align: center;">3</p>

Práticas Laboratoriais de Electrotecnia/Electrónica – 12º Ano - Desenvolvimento do programa
(de acordo com as especificações de Electrónica e de Telecomunicações)

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 Min.
<p>1.4. Síntese de controladores com contador e <i>multiplexers</i>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Distinguir as sínteses canónica com <i>flip-flops</i> e modular. – Compreender as funções dos módulos usados no circuito. – Interligar os diferentes módulos. – Ensaiar circuitos sequenciais, cujas especificações são conhecidas, e construídos numa perspectiva modular com circuitos integrados MSI ou LSI. 	<p>compreensão do comportamento real do circuito.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Propor aos alunos a montagem e teste de circuitos envolvendo várias entradas e saídas, e que procurando resolver situações da vida quotidiana, foram desenhados nas aulas de SAD. – Transmitir aos alunos a noção que a síntese modular, permite o uso de técnicas diferentes de detecção de avarias. – Propor aos diferentes grupos de trabalho de alunos, a elaboração do desenho electrónico por utilização de uma ferramenta informática, dos circuitos ensaiados e verificados. – Efectuar a sua divulgação na turma e restante comunidade escolar. 	<p>3</p>

Práticas Laboratoriais de Electrotecnia/Electrónica – 12º Ano - Desenvolvimento do programa
(de acordo com as especificações de Electrónica e de Telecomunicações)

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 Min.
2 – Memórias.			
2.1. Memórias EPROM.	<ul style="list-style-type: none"> – Utilizar uma ferramenta informática de programação de EPROM. – Ensaiar o funcionamento dum circuito baseado numa EPROM. 	<ul style="list-style-type: none"> – Propor aos alunos a execução de um circuito baseado numa EPROM, que mostre num display de 7 segmentos, uma contagem hexadecimal. Um contador gerará os endereços. 	1
2.2. Memórias RAM.	<ul style="list-style-type: none"> – Testar o funcionamento duma RAM. – Distinguir as operações de escrita e leitura. – Usar as saídas tri-state. 	<ul style="list-style-type: none"> – Sugerir aos alunos a construção de um circuito de memórias, tendo os mesmos barramentos de dados e de endereços, em analogia com os computadores. Pode-se para tal, adicionar uma RAM tendo endereços distintos ao circuito construído anteriormente com a EPROM, e contendo, por exemplo, os caracteres ASCII correspondentes a uma mensagem. Um contador e um ou dois interruptores gerarão os endereços, permitindo mostrar a mensagem ou a contagem hexadecimal. 	1
2.3. Dispositivos programáveis - PLD.	<ul style="list-style-type: none"> – Conhecer uma ferramenta informática de programação de PAL. – Construir um circuito digital baseado numa PAL. – Testar o circuito. 	<ul style="list-style-type: none"> – Propor aos alunos que substituam o decodificador de endereços do circuito de memórias usado anteriormente por um baseado numa PAL. – Ou alternativamente, usar a PAL para construir um dos controladores estudados e desenhado com <i>flip-flops</i> D em SAD. 	3

Práticas Laboratoriais de Electrotecnia/Electrónica – 12º Ano - Desenvolvimento do programa
(de acordo com as especificações de Electrónica e de Telecomunicações)

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 Min.
<p>3 – Microcontroladores.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Compreender a sintaxe da linguagem mnemónica (<i>assembly</i>). – Explicar a função do tradutor (<i>assembler</i>) da linguagem mnemónica em máquina. – Utilizar uma ferramenta informática de apoio, que realize a tradução de linguagem mnemónica em máquina. – Aplicar as instruções de movimentação de dados internos e externos, ao nível do byte ou do bit, em pequenos programas. – Utilizar instruções de operações lógicas, tendo como operandos bytes ou bits, de rotação e de permuta. – Aplicar as instruções aritméticas em programas. – Escrever programas envolvendo subrotinas e tomadas de decisão ao nível do byte ou do bit. – Compreender como operam as interrupções geradas por hardware. – Escrever pequenos programas envolvendo subrotinas e interrupções. 	<ul style="list-style-type: none"> – Sugere-se que se mostre aos alunos, que um processador realiza sequencialmente operações muito precisas, com dados contidos em registos, determinadas por instruções guardadas na memória e que são por eles decodificadas e executadas. – Para exemplificar a actuação do tradutor (<i>assembler</i>) de linguagem mnemónica (<i>assembly</i>) em máquina, sugere-se a conversão manual de cada instrução em mnemónica de um pequeno programa no código máquina correspondente. – A prática de escrever e correr pequenos programas, será a maneira mais eficiente de o aluno compreender as operações executadas pelo microcontrolador. – Essa prática deve ser complementada com a utilização de uma ferramenta informática, simuladora ou interactiva com o circuito didáctico do microcontrolador, que possibilite correr os programas passo a passo, e 	<p style="text-align: center;">10</p>

Práticas Laboratoriais de Electrotecnia/Electrónica – 12º Ano - Desenvolvimento do programa
(de acordo com as especificações de Electrónica e de Telecomunicações)

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 Min.
		<p>visualizar os conteúdos de registos, memória, etc., para que desse modo, se melhore a percepção das operações efectuadas pelo microcontrolador e se detecte os erros do programa.</p> <ul style="list-style-type: none"> - A planificação da resolução do problema proposto, deve ser feita com a visualização do algoritmo correspondente, por recurso aos fluxogramas, que para além de um auxiliar precioso na organização da lista de acções necessárias, também o é na construção do programa em linguagem mnemónica. - Dado o tempo disponível, será importante que os programas solicitados aos alunos, mais do que percorram todas as instruções, mostrem os principais mecanismos de tratamento da informação, quer interna quer externa ao microcontrolador. - Apresentar programas simples, que introduzam conceitos e técnicas de programação, tanto quanto possível ligados a hardware electrónico exterior, de modo a servirem de catalisadores a aplicações mais elaboradas, que poderão vir a ser 	

Práticas Laboratoriais de Electrotecnia/Electrónica – 12º Ano - Desenvolvimento do programa
(de acordo com as especificações de Electrónica e de Telecomunicações)

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 Min.
		<p>desenvolvidas em Projectos e na PAT.</p> <ul style="list-style-type: none">– Propor a grupos de alunos a execução de desenhos de circuitos electrónicos, que fomentem a ligação do microcontrolador ao exterior, e com posterior divulgação na comunidade escolar.	

Práticas Laboratoriais de Electrotecnia/Electrónica – 12º Ano - Desenvolvimento do programa
(de acordo com as especificações de Electrónica e de Telecomunicações)

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 Min.
4 – Circuitos com amplificadores operacionais.		<ul style="list-style-type: none"> – Nestes trabalhos com amplificadores operacionais sugere-se a utilização do μA741 ou TL081. 	
<p>4.1. Circuitos lineares.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Termómetro. – Integrador/diferenciador. – Conversor tensão-corrente. – Conversor corrente-tensão. 	<ul style="list-style-type: none"> – Construir um termómetro a partir dum sensor de temperatura e duma tensão de referência. – Descrever a forma de calibrar o termómetro. – Analisar o comportamento dos circuitos integrador e diferenciador com entrada sinusoidal. – Utilizar um conversor tensão-corrente para realizar a transmissão da resposta de um sensor à distância. – Analisar um circuito de medida de uma corrente de defeito usando um conversor corrente-tensão. 	<ul style="list-style-type: none"> – Utilizar, por exemplo, o CI LM335 ou AD590 como sensor de temperatura e o CI ICL8069 ou AD580 como tensão de referência. – Consultar manuais e sites de fabricantes para conhecer as características dos CI. – A utilização duma tensão rectangular na entrada do integrador será feita quando do estudo do gerador de onda triangular. – Utilizar, por exemplo, uma PTC, NTC ou RTD como sensor de temperatura e transmitir o seu valor à distância. – Utilizar um toróide com enrolamento sensor de corrente de defeito e transformar esse valor numa tensão. 	<p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">1</p>

Práticas Laboratoriais de Electrotecnia/Electrónica – 12º Ano - Desenvolvimento do programa
(de acordo com as especificações de Electrónica e de Telecomunicações)

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 Min.
4.2. Circuitos não lineares.			
<ul style="list-style-type: none"> – Rectificadores de precisão. 	<ul style="list-style-type: none"> – Montar um rectificador de precisão de onda completa. 	<ul style="list-style-type: none"> – Usar na entrada ondas sinusoidais e triangulares e determinar, para cada caso, o ganho do amplificador. 	<p style="text-align: center;">1</p>
	<ul style="list-style-type: none"> – Utilizar um rectificador de onda completa em conjunto com um filtro passa-baixo e um amplificador para determinar o valor eficaz de uma grandeza sinusoidal e/ou triangular. 		<p style="text-align: center;">1</p>
4.3. Comparadores.			
<ul style="list-style-type: none"> – Detector de nível inversor e não inversor. 	<ul style="list-style-type: none"> – Analisar a resposta de um detector de nível. 	<ul style="list-style-type: none"> – Confrontar as tensões de subida e descida com os valores teóricos. 	<p style="text-align: center;">1</p>
<ul style="list-style-type: none"> – Detector de passagem por zero. 	<ul style="list-style-type: none"> – Analisar a resposta de um detector de passagem por zero. 		<p style="text-align: center;">1</p>
<ul style="list-style-type: none"> – <i>Schmitt-trigger</i> inversor e não inversor. 	<ul style="list-style-type: none"> – Analisar a resposta de um Schmitt-trigger. 	<ul style="list-style-type: none"> – Simular um circuito de comando de acendimento automático de uma lâmpada. 	<p style="text-align: center;">1</p>
<ul style="list-style-type: none"> – Montagem com fotorresistência (LDR). 	<ul style="list-style-type: none"> – Utilizar um <i>Schmitt-trigger</i> numa montagem com uma fotorresistência e um LED. 		<p style="text-align: center;">2</p>
4.4. Conversores D/A e A/D.			
<ul style="list-style-type: none"> – Circuito de <i>sample&hold</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> – Analisar o funcionamento de um circuito de <i>sample&hold</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> – Utilizar um circuito integrado específico, por exemplo o LF398. 	<p style="text-align: center;">1</p>
	<ul style="list-style-type: none"> – Relacionar a frequência de amostragem com o sinal amostrado. 	<ul style="list-style-type: none"> – Sugere-se como sinal digital de entrada a saída de um contador binário CMOS. 	<p style="text-align: center;">1</p>
<ul style="list-style-type: none"> – Conversor D/A. 	<ul style="list-style-type: none"> – Construir um conversor D/A com uma malha R-2R tendo como entrada a saída de um contador binário. 		<p style="text-align: center;">1</p>

Práticas Laboratoriais de Electrotecnia/Electrónica – 12º Ano - Desenvolvimento do programa
(de acordo com as especificações de Electrónica e de Telecomunicações)

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 Min.
<ul style="list-style-type: none"> - Conversor A/D. 	<ul style="list-style-type: none"> - Construir um conversor A/D por comparação paralela usando um codificador de prioridade. - Montar um voltímetro digital a partir dum CI conversor A/D com drivers para displays de 7 segmentos. - Utilizar o circuito anterior para construir um amperímetro, usando um conversor corrente-tensão. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sugere-se a utilização de um comparador quádruplo (LM339). - Utilizar, por exemplo, os CI CA3161+CA3162 ou ICL7107 da Intersil. - Este trabalho poderá, se necessário, substituir o conversor corrente-tensão referido anteriormente. 	<p style="text-align: center;">1</p> <p style="text-align: center;">1</p>

Práticas Laboratoriais de Electrotecnia/Electrónica – 12º Ano - Desenvolvimento do programa
(de acordo com as especificações de Electrónica e de Telecomunicações)

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 Min.
5 – Geradores de formas de onda.			
5.1. Gerador de onda sinusoidal.	<ul style="list-style-type: none"> – Montar um gerador de onda sinusoidal. – Verificar a acção do circuito limitador da tensão de saída. 	<ul style="list-style-type: none"> – Usar um oscilador de entre os que foram estudados. 	2
5.2. Gerador de onda triangular.	<ul style="list-style-type: none"> – Montar um gerador de onda triangular com controlo de <i>duty-cycle</i> na saída de onda rectangular e controlo de tensão máxima e mínima na saída de onda triangular. – Montar um circuito PWM e controlar a velocidade de um pequeno motor de c.c. 		1
5.3. Circuitos de temporização. – Oscilador de relaxação.	<ul style="list-style-type: none"> – Analisar o funcionamento de um oscilador de relaxação usando um “timer”. – Projectar e montar um oscilador de relaxação conhecidas a frequência de oscilação e o <i>duty-cycle</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> – Sugere-se a utilização do CI 555. 	1
– Multivibrador monostável.	<ul style="list-style-type: none"> – Analisar o funcionamento de um multivibrador monostável usando um “timer”. – Projectar e colocar em funcionamento um multivibrador monostável conhecido o tempo de largura de impulso. 	<ul style="list-style-type: none"> – Sugere-se a utilização do CI 555 e de circuitos específicos da família TTL e CMOS com verificação do tempo de largura de impulso e flancos de disparo. 	1

Desenvolvimento do programa - 12ºAno

(de acordo com as especificações de Instalações Eléctricas e Automação Industrial)

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>1 - Funcionamento de um laboratório de máquinas eléctricas.</p> <p>1.1- Descrição da constituição do laboratório.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Localização do equipamento. <p>1.2- Regras e normas a cumprir na realização dos trabalhos práticos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Identificar o equipamento do laboratório. – Conhecer o processo de execução dos trabalhos em todas as suas fases. – Conhecer e praticar normas elementares de segurança. 	<p>NOTA – Embora nem todas as actividades lectivas propostas no programa decorram obrigatoriamente num laboratório de máquinas eléctricas, a grande maioria das regras, normas e procedimentos a observar, são comuns a todos os laboratórios, pelo que se pode considerar universal o conteúdo deste primeiro ponto do programa.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Enumerar os cuidados a ter com a manipulação dos diferentes equipamentos. – Sensibilizar para uma utilização racional dos equipamentos e aparelhos de medida. – Conhecer antecipadamente os trabalhos a realizar. – Elaborar os planos dos trabalhos antecipadamente. 	<p>1</p>

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>2 – Sistemas trifásicos.</p> <p>2.1-Sistemas trifásicos equilibrados.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ligação em estrela. - Ligação em triângulo. <p>2.2-Sistemas trifásicos desequilibrados.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ligação em estrela. <p>2.3-Verificação experimental da compensação do factor de potência.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar sistemas trifásicos (geradores e receptores). - Efectuar montagens, em estrela e em triângulo de receptores monofásicos. - Medir grandezas eléctricas. - Relacionar as diferentes grandezas eléctricas: <ul style="list-style-type: none"> - Tensões simples e compostas; - Correntes nos receptores e nas linhas de alimentação. - Determinar a potência trifásica para cada uma das montagens. - Identificar e descrever o Método de Aron (dos 2 Wattímetros) para medir a potência trifásica. - Verificar experimentalmente o deslocamento do neutro (estrela desequilibrada). - Verificar experimentalmente a compensação do factor de potência Método de Boucherot). 	<p>Nota: as indicações que se seguem pressupõem uma prévia leitura das sugestões metodológicas gerais feitas na apresentação do programa e que não são aqui repetidas por uma questão de simplificação do texto. Devem, no entanto, estar sempre presentes na gestão do programa. Assim, o professor terá o cuidado de, a cada passo, discernir a importância relativa dos assuntos, centrar o processo de aprendizagem na actividade dos alunos, diferenciar os métodos de acordo com as características daqueles, diversificar o tipo de actividades laboratoriais, lançar constantes desafios de reflexão e de discussão, aplicar continuamente uma avaliação formativa apoiada em instrumentos adequados.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Efectuar o ensaio das montagens, quer em estrela quer em triângulo, medindo intensidades de corrente, tensões e potências - Efectuar a medida da potência trifásica, utilizando um Wattímetro trifásico e dois Wattímetros (Método de Aron). - Explorar a situação da montagem em estrela desequilibrada (falta de fase, carga desequilibrada com e sem neutro). 	<p>6</p>

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>3 – Transformador.</p> <p>3.1- Transformador monofásico.</p> <p>- Observação de características.</p> <p>3.1.1- Ensaios do transformador:</p> <p>- Ensaio em vazio.</p> <p>- Ensaio em curto-circuito.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Descrever as características observadas. - Determinar a polaridade dos enrolamentos. - Medir, com o secundário em vazio, as tensões no primário e secundário, a corrente e a potência no primário. - Determinar a relação de transformação em vazio do transformador. - Relacionar a potência medida em vazio com as potências de perdas essenciais nesse estado. - Realizar o ensaio em curto circuito para medir as correntes no primário e no secundário, a tensão e a potência no primário. - Relacionar a potência medida em curto circuito com as potências de perdas essenciais nesse estado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sugere-se que no início do estudo do transformador seja efectuada uma visita breve a um posto de transformação, eventualmente o da escola, com o objectivo de observar o transformador de potência, recolher as suas características e situá-lo na instalação. - Realizar o ensaio em vazio à tensão nominal, determinando a corrente de magnetização (I_0) e a potência activa absorvida com o transformador em vazio (P_0). - Recomenda-se na realização do ensaio em curto circuito a utilização de uma tensão inferior à tensão nominal, que permita obter no secundário a corrente nominal. - Os resultados dos ensaios e os valores das grandezas obtidos devem sobretudo ter uma abordagem e tratamento físico. 	<p>7</p>

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>- Queda de tensão num transformador.</p> <p>- Determinação do rendimento do transformador.</p> <p>3.1.2- Paralelo de transformadores monofásicos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar a tensão de curto-circuito. - Identificar a impedância de curto-circuito. - Identificar o factor de potência em curto-circuito. - Medir a potência útil e a absorvida para diversas cargas (a 0,25 – 0,50 – 0,75 – 1 do valor nominal), com factores de potência diferentes (carga resistiva, indutiva e capacitiva). - Determinar a correspondência entre as polaridades dos enrolamentos primário e secundário. - Ligar transformadores em paralelo e observar a distribuição da carga de acordo com as potências nominais dos transformadores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Abordar graficamente o conceito de queda de tensão. - Referir que a determinação do rendimento pelo método directo não é recomendável para médios e grandes transformadores. - Para a determinação directa do rendimento sugere-se a utilização de módulos didácticos de carga resistiva, indutiva e capacitava. 	

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>3.2- Transformador trifásico.</p> <p>3.2.1- Observação e características. Constituição.</p> <p>3.2.2- Grupos de ligação.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Índice horário. - Relação de transformação. <p>3.2.3- Paralelo de transformadores trifásicos.</p> <p>3.3- Transformadores especiais.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Autotransformador. - Transformadores de medida: <ul style="list-style-type: none"> - de intensidade; - de tensão. 	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar e descrever as grandezas indicadas na chapa de características. - Realizar as montagens correspondentes aos diferentes grupos de ligação (Yy, Dy e Yz). - Determinar o índice horário correspondente aos grupos de ligação mais usuais. - Verificar a relação de transformação para as várias hipóteses de ligação de transformadores trifásicos. - Verificar as condições que dois transformadores devem ter para poderem ser colocados em paralelo. - Realizar o paralelo de dois transformadores trifásicos e verificar a distribuição da carga pelos dois. - Identificar e interpretar as características indicadas na chapa de características. - Realizar montagens com transformadores de medida de intensidade. 	<ul style="list-style-type: none"> - De acordo com a sugestão de visitar no início do estudo do transformador um PT real (da escola ou outro), identificar e descrever as características do transformador trifásico observadas. - Para os ensaios sugere-se a utilização de um transformador trifásico com 6 enrolamentos por coluna com 190 V por enrolamento, de forma a permitir realizar os diferentes tipos de ligação na nossa rede de BT (didáctico, eventualmente construído para o efeito). - Sugere-se que se relembre os conceitos ligados com as f.e.m. induzidas, tensões nos enrolamentos, o seu sentido e concordância. - Utilizar a representação gráfica para a determinação do índice horário. - Na visita ao PT sugerida, identificar e descrever as características dos transformadores de medida. - Sugere-se a consulta de documentação técnica. 	

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>4 – Máquinas eléctricas de corrente alternada.</p> <p>4.1-Motor assíncrono trifásico.</p> <p>4.1.1- Constituição. Características.</p> <p>4.1.2- Ensaio do motor assíncrono:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ensaio em vazio. - Ensaio em carga. 	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar a máquina e descrever a sua constituição. Observar a chapa de características. - Observar a placa de terminais. Identificar os terminais. - Identificar os modos de ligação dos enrolamentos do estator. - Verificar experimentalmente alguns processos de arranque (autotransformador, arranque estrela triângulo e arranque rotórico). - Determinar as perdas constantes (perdas por histerese e de Joule no ferro e perdas de atrito). - Verificar a corrente de arranque do motor de rotor em gaiola em vazio e com carga mesmo reduzida, com a tensão nominal aplicada. - Verificar a variação da velocidade, do rendimento e do factor de potência, com a carga mecânica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Deverão ser observadas máquinas monofásicas e trifásicas, bem como máquinas de rotor em gaiola ou rotor bobinado. - A máquina assíncrona a ensaiar deverá ser trifásica. - Referir as disposições regulamentares no que se refere ao arranque destes motores. - No caso do motor de rotor bobinado, fazer a analogia com o transformador, verificando a variação da tensão aos terminais do rotor (com este aberto), se o rodarmos. - Referir a possibilidade de regulação de velocidade de um motor de indução trifásico através de um reóstato inserido no circuito rotórico. - Utilizar, se possível, um dínamo-freio ou um freio de Prony com dinamómetro para medir o binário resistente. - Referir a possibilidade de funcionamento da máquina assíncrona como gerador, não necessitando de manobra especial de sincronização com a linha. 	<p>8</p>

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>4.1.3- Motor monofásico com condensador. Ensaio.</p> <p>4.1.4- Outros motores monofásicos com colector.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Motor universal. - Motor de repulsão. - Motor de pólo dividido e anel em curto-circuito. - Motor série repulsão compensado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Descrever o princípio de funcionamento. - Realizar o arranque do motor monofásico. - Realizar a inversão do sentido de rotação. - Determinar algumas características eléctricas. - Identificar situações de utilização. - Identificar outros motores monofásicos. - Descrever o seu princípio de funcionamento. - Comparar as características electromecânicas. - Identificar situações de aplicação. 	<ul style="list-style-type: none"> - Referir que o motor monofásico não arranca espontaneamente. - Apresentar os motores monofásicos mais frequentes nos accionamentos de pequena potência. - Referir as situações de aplicação de cada um dos motores. 	

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>4.2-Alternador trifásico.</p> <p>4.2.1- Constituição. Características.</p> <p>4.2.2- Ensaios do alternador:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ensaio em vazio. - Ensaio com carga. - Funcionamento curto-circuito. - Reactância síncrona. <p>4.2.3- Ligação da alternador à rede.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar a máquina e descrever a sua constituição. - Observar a chapa de características. - Observar a placa de terminais. Identificar os terminais. - Traçar a característica em vazio do alternador. - Traçar a característica externa do gerador síncrono com diferentes cargas. - Interpretar o funcionamento em curto circuito. - Caracterizar em função da corrente de excitação a reactância síncrona. - Caracterizar as curvas de regulação. - Identificar e verificar as condições que o alternador deve ter para se poder efectuar o paralelo com a rede. - Efectuar o paralelo de um alternador com a rede. 	<ul style="list-style-type: none"> - A máquina síncrona a ensaiar deverá ser trifásica. - No decorrer dos ensaios é necessário que a velocidade do alternador permaneça inalterada. - Referir os factores relativos a cada fase que contribuem para a queda de tensão. - Referir e verificar que se trata da curva de magnetização. - Verificar e justificar, que a corrente de curto circuito de um gerador síncrono tem variação linear. - Sugere-se uma verificação experimental do comportamento do grupo motor-gerador a uma alteração da potência pedida pela rede. - Caracterizar de forma sucinta o que são as curvas de regulação ($U \neq 0$) indicar os processos de as obter (montagem experimental – carga óhmica, e método gráfico – outras cargas) e a informação que obtemos. - Referir a sequência de manobras para fazer o paralelo do alternador com a rede. - Este ensaio poderá ser realizado directamente no quadro de ensaios e com um sincronoscópio, se a escola possuir esse recurso. 	<p>5</p>

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>4.2.4- Funcionamento da máquina síncrona como motor.</p> <p>4.2.5- Outros motores síncronos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Motores síncronos monofásicos sem rotação predeterminada; - Motores síncronos monofásicos com inversão de marcha eléctrica. <p>4.2.6- Avarias das máquinas de corrente alternada.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alternadores: Falta de tensão; Tensão inferior à normal; Aquecimento excessivo. - Motor de indução trifásico: Não arranca; Não atinge a velocidade normal; Arranca com dificuldade, ronca e aquece; Aquece exageradamente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Observar o comportamento da máquina como motor. - Identificar diferentes situações de funcionamento. - Identificar este tipo de motores. - Descrever sucintamente a constituição, o funcionamento e as características dos vários motores. - Identificar situações práticas de utilização. - Identificar os principais defeitos de funcionamento dos alternadores. - Relacionar os defeitos de funcionamento com as respectivas causas. - Identificar os principais defeitos de funcionamento dos motores de indução trifásicos. - Relacionar os defeitos de funcionamento com as respectivas causas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Este ensaio poderá também ser realizado na sequência do anterior. - Referir as inúmeras aplicações destes tipos de motores na indústria. - Apresentar documentação técnica. - Enumerar as principais causas das avarias das máquinas de corrente alternada. - Referir os principais cuidados gerais a ter com as máquinas eléctricas (limpas, secas, enrolamentos sem humidade ou sujidade, terminais, parafusos ou porcas de ligação limpos e apertados). - Referir algumas rotinas de manutenção. 	

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>5-Motores de corrente contínua.</p> <p>5.1- Constituição. Características.</p> <p>5.2- Curvas características electromecânicas e mecânicas.</p> <p>5.3- Motor de excitação derivação.</p> <p>– Característica de velocidade.</p> <p>– Característica de binário.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Identificar a máquina e descrever a sua constituição. Observar a chapa de características. – Observar a placa de terminais. Identificar os terminais. – Explicar a reversibilidade da máquina de corrente contínua. – Identificar as grandezas eléctricas e mecânicas que intervêm no funcionamento do motor. – Relacionar as diferentes variáveis eléctricas e mecânicas. – Efectuar a montagem que permite o traçado da curva característica de velocidade. – Relacionar a velocidade com as grandezas eléctricas, tensão, corrente absorvida e fluxo magnético (corrente de excitação). – Efectuar a montagem que permite o traçado da curva característica de binário. – Efectuar o traçado da característica mecânica (binário/velocidade) com base nos valores obtidos para o traçado das características anteriores. 	<ul style="list-style-type: none"> – O aluno deve compreender o comportamento dos diferentes motores de modo a permitir a sua escolha para determinada aplicação. – Indicar que tal como na máquina de corrente contínua a funcionar como gerador, analisamos as características supondo a velocidade constante, imposta pelo motor de accionamento, agora, a funcionar como motor, ao contrário, a variável independente da máquina é a tensão, que se supõe constante, fornecida por uma rede com uma potência muito maior que a da máquina, cujas variações de carga não a afectam. – Analisar as características mais importantes: Características electromecânicas ; Características mecânicas. – Referir que sendo a velocidade sensivelmente constante com a carga, pode afirmar-se que o motor derivação é autoregulador no que diz respeito à velocidade. 	<p>7</p>

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>5.4- Motor série.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Característica de velocidade. - Característica de binário. <p>5.5- Motores especiais:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Motor passo-a-passo; - Motor de corrente contínua sem escovas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Efectuar as ligações que permitem a utilização da máquina como motor série. - Efectuar a montagem que permite o traçado das curvas características de velocidade e de binário. - Interpretar as curvas características tendo presente as expressões da velocidade e do binário electromagnético do motor. - Identificar este tipo de motores. - Descrever as suas principais características eléctricas. - Identificar os terminais de ligação. - Identificar situações de utilização. 	<ul style="list-style-type: none"> - Indicar que ao motor série não é conveniente trabalhar em vazio, já que o motor tende a embalar, com risco de se danificar. - Em vez de começar o ensaio com o motor em vazio, iniciá-lo com uma certa carga, que de seguida se varia gradualmente. - Sugere-se que se faça uma análise comparativa dos motores derivação e série no que diz respeito ao comportamento da velocidade e do binário. - Sugere-se que sejam mostradas montagens já realizadas com estes tipos de motores que permitam a sua identificação, e descrever o controlo de funcionamento. - É importante a consulta de catálogos com informação técnica. 	

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>5.6- Avarias das máquinas de corrente contínua.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Defeitos de funcionamento dos motores de corrente contínua. <ul style="list-style-type: none"> - Não arranca. - Desarvora. - Arcos eléctricos no colector. - Aquecimento exagerado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar os principais defeitos de funcionamento dos motores de corrente contínua. - Relacionar os defeitos de funcionamento com as respectivas causas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Enumerar as principais causas das avarias dos motores de corrente contínua. - Relembrar os principais cuidados gerais a ter com as máquinas eléctricas (limpas, secas, enrolamentos sem humidade ou sujidade, terminais, parafusos ou porcas de ligação limpos e apertados). - Referir a importância de manter nas máquinas de corrente contínua a superfície do colector bem limpa, lisa e concêntrica com o veio. 	

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>6 - Electrónica de potência.</p> <p>6.1.1- Característica do UJT.</p> <p>6.1.2- Oscilador de relaxação com UJT.</p> <p>6.1.3- Característica do tiristor.</p> <p>6.1.4- Controlo de potência num receptor com oscilador de relaxação.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar o componente fisicamente e nas suas formas correntes. - Visualizar no osciloscópio e interpretar a característica de um UJT. - Analisar o funcionamento de oscilador de relaxação. - Analisar o comportamento do tiristor em regime estático (condução, corte e bloqueio). - Medir as corrente mínimas de disparo e de manutenção. - Verificar a comutação do tiristor do estado de condução para o estado de bloqueio. - Observar a comutação do tiristor do estado de bloqueio para o estado de condução. - Verificar experimentalmente o controlo de um tiristor através dos impulsos gerados por um transístor UJT, sincronizado com o sinal da rede. - Identificar e determinar os ângulos de disparo e de condução. 	<ul style="list-style-type: none"> - Consultar manuais técnicos específicos para identificar parâmetros importantes na utilização do componente, bem como valores limites de funcionamento. - É indispensável no estudo experimental dos componentes electrónicos a utilização segura do osciloscópio, pelo que a sua manipulação e controlo deve ser revista. - Sugere-se uma montagem simples de um tiristor (TIC 106) num circuito de corrente contínua, com uma fonte de alimentação variável e a utilização de uma lâmpada, para controlo de funcionamento e dois miliamperímetros para medir as correntes mínimas da porta e de manutenção. - Referir o efeito no ângulo de disparo para diferentes valores da corrente de porta. - Realizar o controlo de velocidade de um pequeno motor de c.c. 	<p>11</p>

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>6.1.5- Controlo de potência num receptor com malha RC.</p> <p>6.1.6- Circuitos integrados de disparo para comutação.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar e registar o efeito do controlo de potência com um tiristor através da utilização de uma malha desfasadora RC. - Identificar alguns circuitos integrados para comutação. - Identificar e relacionar as variáveis que determinam a duração do impulso e o ângulo de disparo. - Observar as diversas formas de onda. 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar uma PTC e uma NTC para controlar o ângulo de disparo. - Se for julgado conveniente, poderá realizar-se um outro circuito de aplicação do componente no controlo de uma tensão alternada. O controlo do tiristor poderá fazer-se através de uma corrente contínua na porta. - Se for o caso, a montagem deve ser demonstrativa, realizada e explorada pelo professor. - Tendo em consideração a utilização generalizada dos circuitos com tiristores e a variedade dos respectivos circuitos de disparo, referir o fabrico e a utilização de diversos circuitos integrados de disparo, com o objectivo de simplificar o projecto de circuitos de comutação. - Sugere-se que, com uma montagem simples, se realize um gerador de impulsos com o CI TCA785. 	

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>6.2- Rectificação monofásica controlada.</p> <ul style="list-style-type: none"> - meia onda. - onda completa. - Rectificação industrial. - Escolha dos rectificadores. - Controlo da velocidade da máquina de corrente contínua (quatro quadrantes). - Ponte mista unidirecional (2 tiristores e 2 díodos). - Ponte completa unidirecional (4 tiristores). - Dupla ponte completa reversível (8 tiristores). 	<ul style="list-style-type: none"> - Analisar e verificar experimentalmente o controlo de potência numa montagem de meia onda e de onda completa, com um tiristor através de um circuito gerador de impulsos. - Identificar as formas de onda (carga e componente). - Descrever as características principais do funcionamento de uma máquina de corrente contínua nos quatro quadrantes. - Identificar os limites tecnológicos dos rectificadores, indicados pelos fabricantes - Descrever e analisar o funcionamento das montagens (circuito de potência) no controlo do funcionamento (velocidade-binário) do motor de corrente contínua. 	<ul style="list-style-type: none"> - Considerar tiristores no controlo dos circuitos rectificadores. - Realizar montagens experimentais para verificação do controlo de potência de meia onda e de onda completa, por tiristor, através da variação do ângulo de condução e utilizando um circuito gerador de impulsos (uma malha desfasadora RC ou outro). - Utilizar o osciloscópio ou um simulador para a visualização da evolução da tensão na carga e no tiristor. - Referir a rectificação industrial como uma das funções da electrónica de potência e o seu aspecto mais relevante, que é o controlo duma potência elevada, no circuito de carga, através de uma potência mínima, no circuito de disparo do tiristor. - Referir os principais elementos de uma montagem rectificadora, uma fonte monofásica ou polifásica ligada através de rectificadores (díodos ou tiristores) a um circuito de utilização e eventualmente a uma fonte de tensão contínua, podendo este sistema funcionar como rectificador ou como ondulador. - Privilegiar neste estudo, a construção das formas de onda de tensão e corrente. 	

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>6.3- Rectificação trifásica.</p> <p>6.3.1- Rectificação trifásica controlada.</p> <ul style="list-style-type: none"> – montagem em estrela, meia onda. – pontes mistas (3 tiristores e 3 díodos com diodo roda livre). – dupla ponte completa (8 tiristores). 	<ul style="list-style-type: none"> – Identificar os tiristores que estão em condução simultânea. – Descrever o funcionamento de um rectificador trifásico controlado de meia onda (ligação em estrela), utilizando tiristores como rectificadores. – Identificar a forma de onda da tensão na carga, em função do ângulo de disparo. – Descrever e analisar o funcionamento das montagens (circuito de potência) no controlo do funcionamento (velocidade-binário) do motor de corrente contínua nos 4 quadrantes. 	<ul style="list-style-type: none"> – Breve referência às pontes mistas. – Referir a utilização das montagens com tiristores nos sistemas em anel de regulação da velocidade ou no controlo da temperatura. – Sugere-se a realização de uma montagem em estrela com um único grupo de rectificadores (cátodo comum). 	

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>6.4.1- Característica do DIAC.</p> <p>6.4.2- Característica do TRIAC.</p> <p>6.4.3- Controlo de potência através de TRIAC num receptor.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar fisicamente os componentes nas suas formas correntes e as suas principais características. - Determinar a característica de um DIAC. - Determinar experimentalmente as características estáticas (1º e 3º Q) de um TRIAC. - Identificar e determinar os ângulos de disparo e de condução. - Determinar experimentalmente a característica de comando (porta-terminal E1) de um TRIAC. - Analisar o controlo de potência (lâmpada de incandescência) através de um TRIAC, por variação do ângulo de condução, utilizando um circuito desfazador RC e um DIAC. - Determinar os ângulos (máximo e mínimo) de disparo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Analisar os componentes através da estrutura de junções que os constituem. - Sugere-se uma montagem simples de um TRIAC num circuito de corrente alternada, com um autotransformador e a utilização de uma lâmpada, para controlo de funcionamento e dois miliamperímetros para medir as correntes mínimas da porta e de manutenção. - Utilizar um osciloscópio, para obter as tensões no TRIAC e na porta. - Observar as variações do ângulo de condução e de disparo. - Realizar o controlo de velocidade de um pequeno motor de c.a. - Utilizar uma LDR e uma NTC para controlar o ângulo de disparo. - Referir a existência do QUADRAC e as vantagens dos opto-acopladores. 	

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>7-Variação e regulação de velocidade. Travagem.</p> <p>7.1-Identificação dos elementos que permitem a transmissão de energia mecânica (deslocamento angular ou linear da carga).</p> <p>7.2-Travagem de motores assíncronos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contra-corrente. - Injecção de corrente contínua. - Funcionamento em hipersíncrono. - Outros processos de travagem. - Freio por correntes de Foucault. - Electro-freio. <p>7.3-Variação electrónica de velocidade para motores eléctricos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Distinguir variação de regulação de velocidade e identificar as principais funções. - Identificar os elementos da cadeia cinemática. - Identificar e descrever os diversos métodos de travagem. - Verificar experimentalmente alguns dos processos de travagem estudados. - Identificar os critérios tecnológicos ligados com a natureza da rede e o tipo de motor na escolha do variador, do seu calibre e quadrantes de funcionamento. - Verificar experimentalmente a utilização de conversores de frequência para motores de corrente alternada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Deve em conjunto com a disciplina de SAD do 12ºano, ser feita uma revisão dos conceitos fundamentais de mecânica, nomeadamente os conceitos de velocidade, de binário (os diferentes binários opostos pelas máquinas), de potência, o estudo do movimento com diferentes situações de carga, o significado do funcionamento das máquinas nos quatro quadrantes etc. - Relembrar as unidades utilizadas nestas grandezas. - Referir os redutores de velocidade, a sua utilidade, os seus tipos e as suas características. - Referir os diferentes tipos de conversores de frequência. 	<p>9</p>

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>7.3.1-Variadores de velocidade para motores de corrente alternada.</p> <p>– Tipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Onda de corrente; – Modulação de amplitude; – Modulação de largura de impulsos. <p>7.2.2-Variadores de velocidade para motores de corrente contínua.</p> <p>7.2.3-Arrancadores progressivos para motores de corrente alternada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Identificar as principais características. – Verificar e ajustar as características de accionamento (relação tensão/frequência, compensação do escorregamento, etc.). – Identificar e descrever o esquema de potência de um conversor. – Verificar experimentalmente a utilização de conversores de frequência para motores de corrente contínua. – Identificar as principais características. – Identificar e descrever os esquemas de aplicação. – Verificar experimentalmente a utilização do arrancador progressivo para arrancar e parar progressivamente os motores assíncronos trifásicos. – Identificar as vantagens do arrancador progressivo no arranque e na paragem de motores. – Identificar e descrever os esquemas de aplicação. 	<ul style="list-style-type: none"> – Abordar a questão das avarias e manutenção neste tipo de equipamentos (informação técnica dos fabricantes). – Demonstrar a possibilidade de ajustar as rampas de aceleração e de travagem, a gama de frequências, e as velocidades programadas permitindo facilitar a adaptação do motor ao processo. - Referir os diversos parâmetros a ajustar em função do tipo do motor e da sua utilização (tempos de arranque e paragem, binário e arranques frequentes). 	

Bibliografia

(De acordo com as especificações de Electrónica e de Telecomunicações)

Angulo, C., Muñoz, A. e Pareja, J. (1993). *Teoria e Prática de Electrónica*. S. Paulo: McGraw-Hill.

(Recomendado para os trabalhos de díodos. Aconselhado aos docentes).

Ayala, K. J. (1997). *The 8051 Microcontroller – Architecture Programming and Applications*. New York: West Publishing Company.

(Recomendado para o professor. Contempla o capítulo do programa: microcontroladores).

Ferreira, J. M. (1998). *Introdução ao Projecto com Sistemas Digitais e Microcontroladores*. Porto: Edições FEUP.

(Recomendado para o professor. Contempla os capítulos do programa: circuitos sequenciais síncronos e microcontroladores).

Hall, D. (1989). *Digital Circuits and Systems*. USA: McGraw -Hill.

(Contém boa fundamentação teórica de sistemas digitais, exemplos de aplicação, exercícios e sugestões para laboratório. Aconselhado aos docentes).

Malvino, A. P. (1991). *Electrónica no Laboratório*. S. Paulo: McGraw-Hill.

(Recomendado para os trabalhos: transístores bipolares e de efeito campo e amplificadores operacionais . Aconselhado aos docentes).

Malvino, A. P. (2000). *Princípios de Electrónica*. Lisboa: McGraw-Hill.

(Recomendado para o professor. Contempla os capítulos do programa: circuitos com amplificadores operacionais e geradores de forma de onda).

Melo, M. (1993). *Electrónica Digital*. S. Paulo: McGraw-Hill.

(Contém muitas sugestões de trabalhos de sistemas digitais. Aconselhado aos docentes).

Mohan, U. R. (1989). *Power Electronics: Converters, Applications and Design*. New York: John Wiley and Sons.

(Recomendado para o professor. Contempla os capítulos do programa: electrónica de potência).

Pinto, A. e Caldeira, J. (1996). *Práticas Oficinas e Laboratoriais, 12º Ano*. Porto: Porto Editora.

(Recomendado para os trabalhos de amplificadores operacionais).

Silva, V. (1991). *Trabalhos Práticos de Electrónica, 12º Ano*. Lisboa: Didáctica Editora.

(Recomendado para os trabalhos de amplificadores operacionais).

Tischler, M. (1981). *Experiments in Amplifier, Filters, Oscillators and Generators*. USA: McGraw-Hill.

(Recomendado para os trabalhos de circuitos com amplificadores operacionais e geradores de forma de onda).

Tobey, G. H. (1989). *Operational Amplifiers - Design and Applications*. New York: McGraw-Hill.

(Recomendado para o professor. Contempla os capítulos do programa: circuitos com amplificadores operacionais e geradores de forma de onda).

Yeralan, S. e Ahluwalia, A. (1995). *Programming and Interfacing the 8051 Microcontroller*. New York: Addison Wesley

(Recomendado para o professor. Contempla o capítulo do programa: microcontroladores).

(especificações de Instalações Eléctricas e de Automação Industrial)

Alain, H., Claude, N. e Michel, P. (1985). *Machines électriques. Électronique de puissance. Le Technicien Dunod*. Paris: Bordas.

(Recomendado para docentes).

Bellier, M. e Galichon, A. (1972). *Machines Électriques*. Paris: Delagrave.

(Recomendado para docentes).

Malvino, A. P. (1991). *Electrónica no Laboratório*. S. Paulo: McGraw-Hill.

(Recomendado para alguns trabalhos práticos de componentes electrónicos.

Aconselhado aos docentes).

Martignoni, A. (1980). *Ensaio de Máquinas Eléctricas*. Porto Alegre: Brasil Ed. Globo.

(Contém roteiros de trabalhos laboratoriais de máquinas eléctricas que podem ser usados nas aulas).

Matias, J.V.C. (1988). *Guia de Laboratório de Electricidade*. Lisboa: Didáctica Editora.

(Roteiros de trabalhos laboratoriais e provas de avaliação. Aconselhado aos professores e alunos).

Niard, J. (1984). *Électronique, Terminal F3*. Paris: Nathan Technique.

(Recomendado para docentes).

Niard, J. (1985). *Machines électriques, Terminal F3*. Paris: Nathan Technique.

(Recomendado para docentes).

Pinto, A. e Caldeira, J. (1996). *Tecnologias, 12º Ano*. Porto: Porto Editora.

(Recomendado para o estudo dos componentes da electrónica de potência. Aconselhado aos alunos).

Pinto, A. e Caldeira, J. (1996). *Práticas Oficiais e Laboratoriais, 12º Ano*. Porto: Porto Editora.

(Recomendado para os trabalhos práticos dos componentes da electrónica de potência. Aconselhado aos alunos).

Pinto, L. M. V. e Vasconcelos, J. F. (1990). *A Utilização da Electricidade com toda a Segurança*. Porto: Ed. ASA.

(Estudo dos vários regimes de neutro aplicados à segurança e protecção de pessoas. Aconselhado aos docentes e alunos).

Rodrigues, J. e Matias, J. (1984). *Transformadores*. Lisboa: Didáctica Editora.

(Recomendado para o aluno no estudo dos transformadores).

Silva, V. (1991). *Trabalhos Práticos de Electrónica, 11º Ano*. Lisboa: Didáctica Editora.

(Recomendado para os trabalhos de transístores bipolares e de efeito campo. Aconselhado aos docentes e alunos).

Silva, V. (1991). *Trabalhos Práticos de Electrónica, 12º Ano*. Lisboa: Didáctica Editora.

(Recomendado para os trabalhos de amplificadores operacionais – regulação)

Simon, A. (1987). *Cours de schémas d'Électricité*, Tomo 2. Paris: Éditions L'Élan Liège Eyrolles.

(Recomendado para o estudo da regulação de velocidade e travagem de motores assíncronos. Aconselhado aos docentes).

Télémeccanique (1988). *Électronique de puissance* (catálogo). Paris: autor.

(Estudo dos componentes da electrónica de potência. Aconselhado aos docentes).