



**Manual**  
DO PROFESSOR

# Introdução

Por muito tempo, a educação profissional foi desprezada e considerada de segunda classe. Atualmente, a opção pela formação técnica é festejada, pois alia os conhecimentos do “saber fazer” com a formação geral do “conhecer” e do “saber ser”; é a formação integral do estudante.

Este livro didático é uma ferramenta para a formação integral, pois alia o instrumental para aplicação prática com as bases científicas e tecnológicas, ou seja, permite aplicar a ciência em soluções do dia a dia.

Além do livro, compõe esta formação do técnico o preparo do professor e de campo, o estágio, a visita técnica e outras atividades inerentes a cada plano de curso. Dessa forma, o livro, com sua estruturação pedagogicamente elaborada, é uma ferramenta altamente relevante, pois é fio condutor dessas atividades formativas.

Ele está contextualizado com a realidade, as necessidades do mundo do trabalho, os arranjos produtivos, o interesse da inclusão social e a aplicação cotidiana. Essa contextualização elimina a dicotomia entre atividade intelectual e atividade manual, pois não só prepara o profissional para trabalhar em atividades produtivas, mas também com conhecimentos e atitudes, com vistas à atuação política na sociedade. Afinal, é desejo de todo educador formar cidadãos produtivos.

Outro valor pedagógico acompanha esta obra: o fortalecimento mútuo da formação geral e da formação específica (técnica). O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) tem demonstrado que os alunos que estudam em um curso técnico tiram melhores notas, pois ao estudar para resolver um problema prático ele aprimora os conhecimentos da formação geral (química, física, matemática, etc.); e ao contrário, quando estudam uma disciplina geral passam a aprimorar possibilidades da parte técnica.

Pretendemos contribuir para resolver o problema do desemprego, preparando os alunos para atuar na área científica, industrial, de transações e comercial, conforme seu interesse. Por outro lado, preparamos os alunos para ser independentes no processo formativo, permitindo que trabalhem durante parte do dia no comércio ou na indústria e prossigam em seus estudos superiores no contraturno. Dessa forma, podem constituir seu itinerário formativo e, ao concluir um curso superior, serão robustamente formados em relação a outros, que não tiveram a oportunidade de realizar um curso técnico.

Por fim, este livro pretende ser útil para a economia brasileira, aprimorando nossa força produtiva ao mesmo tempo em que dispensa a importação de técnicos estrangeiros para atender às demandas da nossa economia.

# Por que a Formação Técnica de Nível Médio É Importante?

O técnico desempenha papel vital no desenvolvimento do país por meio da criação de recursos humanos qualificados, aumento da produtividade industrial e melhoria da qualidade de vida.

Alguns benefícios do ensino profissionalizante para o formando:

- Aumento dos salários em comparação com aqueles que têm apenas o Ensino Médio.
- Maior estabilidade no emprego.
- Maior rapidez para adentrar ao mercado de trabalho.
- Facilidade em conciliar trabalho e estudos.
- Mais de 72% ao se formarem estão empregados.
- Mais de 65% dos concluintes passam a trabalhar naquilo que gostam e em que se formaram.

Esses dados são oriundos de pesquisas. Uma delas, intitulada “Educação profissional e você no mercado de trabalho”, realizada pela Fundação Getúlio Vargas e o Instituto Votorantim, comprova o acerto do Governo ao colocar, entre os quatro eixos do Plano de Desenvolvimento da Educação (PDE), investimentos para a popularização da Educação Profissional. Para as empresas, os cursos oferecidos pelas escolas profissionais atendem de forma mais eficiente às diferentes necessidades dos negócios.

Outra pesquisa, feita em 2009 pela Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (Setec), órgão do Ministério da Educação (MEC), chamada “Pesquisa nacional de egressos”, revelou também que de cada dez alunos, seis recebem salário na média da categoria. O percentual dos que qualificaram a formação recebida como “boa” e “ótima” foi de 90%.

## Ensino Profissionalizante no Brasil e Necessidade do Livro Didático Técnico

O Decreto Federal nº 5.154/2004 estabelece inúmeras possibilidades de combinar a formação geral com a formação técnica específica. Os cursos técnicos podem ser ofertados da seguinte forma:

- a) **Integrado** – Ao mesmo tempo em que estuda disciplinas de formação geral o aluno também recebe conteúdos da parte técnica, na mesma escola e no mesmo turno.
- b) **Concomitante** – Num turno o aluno estuda numa escola que só oferece Ensino Médio e num outro turno ou escola recebe a formação técnica.
- c) **Subsequente** – O aluno só vai para as aulas técnicas, no caso de já ter concluído o Ensino Médio.

Com o Decreto Federal nº 5.840/2006, foi criado o programa de profissionalização para a modalidade Jovens e Adultos (Proeja) em Nível Médio, que é uma variante da forma integrada.

Em 2008, após ser aprovado pelo Conselho Nacional de Educação pelo Parecer CNE/CEB nº 11/2008, foi lançado o Catálogo Nacional de Cursos Técnicos, com o fim de orientar a oferta desses cursos em nível nacional.

O Catálogo consolidou diversas nomenclaturas em 185 denominações de cursos. Estes estão organizados em 13 eixos tecnológicos, a saber:

1. Ambiente e Saúde
2. Desenvolvimento Educacional e Social
3. Controle e Processos Industriais
4. Gestão e Negócios
5. Turismo, Hospitalidade e Lazer
6. Informação e Comunicação
7. Infraestrutura
8. Militar
9. Produção Alimentícia
10. Produção Cultural e *Design*
11. Produção Industrial
12. Recursos Naturais
13. Segurança.

Para cada curso, o Catálogo estabelece **carga horária** mínima para a parte técnica (de 800 a 1 200 horas), **perfil** profissional, **possibilidades de temas a serem abordados** na formação, **possibilidades de atuação** e **infra-estrutura recomendada** para realização do curso. Com isso, passa a ser um mecanismo de organização e orientação da oferta nacional e tem função indutora ao destacar novas ofertas em nichos tecnológicos, culturais, ambientais e produtivos, para formação do técnico de Nível Médio.

Dessa forma, passamos a ter no Brasil uma nova estruturação legal para a oferta destes cursos. Ao mesmo tempo, os governos federal e estaduais passaram a investir em novas escolas técnicas, aumentando a oferta de vagas. Dados divulgados pelo Ministério da Educação apontaram que o número de alunos matriculados em educação profissional passou de 993 mil em 2011 para 1,064 milhões em 2012 – um crescimento de 7,10%. Se considerarmos os cursos técnicos integrados ao ensino médio, esse número sobe para 1,3 milhões. A demanda por vagas em cursos técnicos tem tendência a aumentar, tanto devido à nova importância social e legal dada a esses cursos, como também pelo crescimento do Brasil.

### Comparação de Matrículas Brasil

Comparação de Matrículas da Educação Básica por Etapa e Modalidade – Brasil, 2011 e 2012.

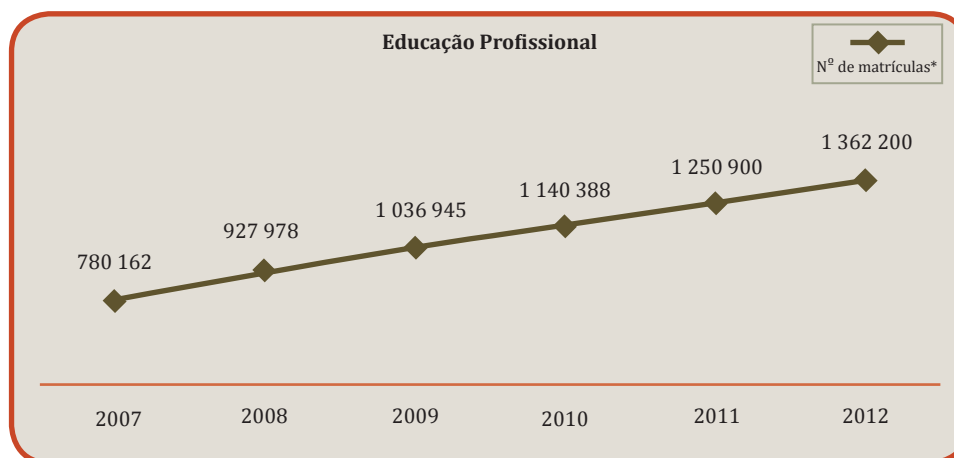
Etapas/Modalidades de Educação Básica	Matrículas / Ano			
	2011	2012	Diferença 2011-2012	Variação 2011-2012
<b>Educação Básica</b>	<b>62 557 263</b>	<b>62 278 216</b>	<b>-279 047</b>	<b>-0,45</b>
Educação Infantil	6 980 052	7 295 512	315 460	4,52%
• Creche	2 298 707	2 540 791	242 084	10,53%
• Pré-escola	4 681 345	4 754 721	73 376	1,57%
Ensino Fundamental	30 358 640	29 702 498	-656 142	-2,16%
Ensino Médio	8 400 689	8 376 852	-23 837	-0,28%
Educação Profissional	993 187	1 063 655	70 468	7,10%
Educação Especial	752 305	820 433	68 128	9,06%
EJA	4 046 169	3 861 877	-184 292	-4,55%
• Ensino Fundamental	2 681 776	2 516 013	-165 763	-6,18%
• Ensino Médio	1 364 393	1 345 864	-18 529	-1,36%

Fonte: Adaptado de: MEC/Inep/Deed.

No aspecto econômico, há necessidade de expandir a oferta desse tipo de curso, cujo principal objetivo é formar o aluno para atuar no mercado de trabalho, já que falta trabalhador ou pessoa qualificada para assumir imediatamente as vagas disponíveis. Por conta disso, muitas empresas têm que arcar com o treinamento de seus funcionários, treinamento este que não dá ao funcionário um diploma, ou seja, não é formalmente reconhecido.

Para atender à demanda do setor produtivo e satisfazer a procura dos estudantes, seria necessário mais que triplicar as vagas técnicas existentes hoje.

Podemos observar o crescimento da educação profissional no gráfico a seguir:



Fonte: Adaptado de: MEC/Inep/Deed.

\* Inclui matrículas de educação profissional integrada ao ensino médio.

As políticas e ações do MEC nos últimos anos visaram o fortalecimento, a expansão e a melhoria da qualidade da educação profissional no Brasil, obtendo, nesse período, um crescimento de 74,6% no número de matrículas, embora esse número tenda a crescer ainda mais, visto que a experiência internacional tem mostrado que 30% das matrículas da educação secundária correspondem a cursos técnicos; este é o patamar idealizado pelo Ministério da Educação. Se hoje há 1,064 milhões de estudantes matriculados, para atingir essa porcentagem devemos matricular pelo menos 3 milhões de estudantes em cursos técnicos dentro de cinco anos.

Para cada situação pode ser adotada uma modalidade ou forma de Ensino Médio profissionalizante, de forma a atender a demanda crescente. Para os advindos do fluxo regular do Ensino Fundamental, por exemplo, é recomendado o curso técnico integrado ao Ensino Médio. Para aqueles que não tiveram a oportunidade de cursar o Ensino Médio, a oferta do PROEJA estimularia sua volta ao ensino secundário, pois o programa está associado à formação profissional. Além disso, o PROEJA considera os conhecimentos adquiridos na vida e no trabalho, diminuindo a carga de formação geral e privilegiando a formação específica. Já para aqueles que possuem o Ensino Médio ou Superior a modalidade recomendada é a subsequente: somente a formação técnica específica.

Para todos eles, com ligeiras adaptações metodológicas e de abordagem do professor, é extremamente útil o uso do livro didático técnico, para maior eficácia da hora/aula do curso, não importando a modalidade do curso e como será ofertado.

Além disso, o conteúdo deste livro didático técnico e a forma como foi concebido reforça a formação geral, pois está contextualizado com a prática social do estudante e relaciona permanentemente os conhecimentos da ciência, implicando na melhoria da qualidade da formação geral e das demais disciplinas do Ensino Médio.

Em resumo, há claramente uma nova perspectiva para a formação técnica com base em sua crescente valorização social, na demanda da economia, no aprimoramento de sua regulação e como opção para enfrentar a crise de qualidade e quantidade do Ensino Médio.

## O Que É Educação Profissional?

O ensino profissional prepara os alunos para carreiras que estão baseadas em atividades mais práticas. O ensino é menos acadêmico, contudo diretamente relacionado com a inovação tecnológica e os novos modos de organização da produção, por isso a escolarização é imprescindível nesse processo.

## Elaboração dos Livros Didáticos Técnicos

Devido ao fato do ensino técnico e profissionalizante ter sido renegado a segundo plano por muitos anos, a bibliografia para diversas áreas é praticamente inexistente. Muitos docentes se veem obrigados a utilizar e adaptar livros que foram escritos para a graduação. Estes compêndios, às vezes traduções de livros estrangeiros, são usados para vários cursos superiores. Por serem inacessíveis à maioria dos alunos por conta de seu custo, é comum que professores preparem apostilas a partir de alguns de seus capítulos.

Tal problema é agravado quando falamos do Ensino Técnico integrado ao Médio, cujos alunos correspondem à faixa etária entre 14 e 19 anos, em média. Para esta faixa etária é preciso de linguagem e abordagem diferenciadas, para que aprender deixe de ser um simples ato de memorização e ensinar signifique mais do que repassar conteúdos prontos.

Outro público importante corresponde àqueles alunos que estão afastados das salas de aula há muitos anos e veem no Ensino Técnico uma oportunidade de retomar os estudos e ingressar no mercado profissional.

# O Livro Didático Técnico e o Processo de Avaliação

O termo avaliar tem sido constantemente associado a expressões como: realizar prova, fazer exame, atribuir notas, repetir ou passar de ano. Nela a educação é concebida como mera transmissão e memorização de informações prontas e o aluno é visto como um ser passivo e receptivo.

Avaliação educacional é necessária para fins de documentação, geralmente para embasar objetivamente a decisão do professor ou da escola, para fins de progressão do aluno.

O termo avaliação deriva da palavra valer, que vem do latim *vālêre*, e refere-se a ter valor, ser válido. Consequentemente, um processo de avaliação tem por objetivo averiguar o "valor" de determinado indivíduo.

Mas precisamos ir além.

A avaliação deve ser aplicada como instrumento de compreensão do nível de aprendizagem dos alunos em relação aos conceitos estudados (conhecimento), em relação ao desenvolvimento de criatividade, iniciativa, dedicação e princípios éticos (atitude) e ao processo de ação prática com eficiência e eficácia (habilidades). Este livro didático ajuda, sobretudo para o processo do conhecimento e também como guia para o desenvolvimento de atitudes. As habilidades, em geral, estão associadas a práticas laboratoriais, atividades complementares e estágios.

A avaliação é um ato que necessita ser contínuo, pois o processo de construção de conhecimentos pode oferecer muitos subsídios ao educador para perceber os avanços e dificuldades dos educandos e, assim, rever a sua prática e redirecionar as suas ações, se necessário. Em cada etapa registros são feitos. São os registros feitos ao longo do processo educativo, tendo em vista a compreensão e a descrição dos desempenhos das aprendizagens dos estudantes, com possíveis demandas de intervenções, que caracterizam o processo avaliativo, formalizando, para efeito legal, os progressos obtidos.

Neste processo de aprendizagem deve-se manter a interação entre professor e aluno, promovendo o conhecimento participativo, coletivo e construtivo. A avaliação deve ser um processo natural que acontece para que o professor tenha uma noção dos conteúdos assimilados pelos alunos, bem como saber se as metodologias de ensino adotadas por ele estão surtindo efeito na aprendizagem dos alunos.

Avaliação deve ser um processo que ocorre dia após dia, visando à correção de erros e encaminhando o aluno para aquisição dos objetivos previstos. A esta correção de rumos, nós chamamos de avaliação formativa, pois serve para retomar o processo de ensino/aprendizagem, mas com novos enfoques, métodos e materiais. Ao usar diversos tipos de avaliações combinadas para fim de retroalimentar o ensinar/aprender, de forma dinâmica, concluímos que se trata de um "processo de avaliação".

O resultado da avaliação deve permitir que o professor e o aluno dialoguem, buscando encontrar e corrigir possíveis erros, redirecionando o aluno e mantendo a motivação para o progresso do educando, sugerindo a ele novas formas de estudo para melhor compreensão dos assuntos abordados.

Se ao fazer avaliações contínuas, percebermos que um aluno tem dificuldade em assimilar conhecimentos, atitudes e habilidades, então devemos mudar o rumo das coisas. Quem sabe fazer um reforço da aula, com uma nova abordagem ou com outro colega professor, em um horário alternativo, podendo ser em grupo ou só, assim por diante.

Pode ser ainda que a aprendizagem daquele tema seja facilitada ao aluno fazendo práticas discursivas, escrever textos, uso de ensaios no laboratório, chegando à conclusão que este aluno necessita de um processo de ensino/aprendizagem que envolva ouvir, escrever, falar e até mesmo praticar o tema.

Se isso acontecer, a avaliação efetivamente é formativa.

Neste caso, a avaliação está integrada ao processo de ensino/aprendizagem, e esta, por sua vez, deve envolver o aluno, ter um significado com o seu contexto, para que realmente aconteça. Como a aprendizagem se faz em processo, ela precisa ser acompanhada de retornos avaliativos visando a fornecer os dados para eventuais correções.

Para o uso adequado deste livro recomendamos utilizar diversos tipos de avaliações, cada qual com pesos e frequências de acordo com perfil de docência de cada professor. Podem ser usadas as tradicionais provas e testes, mas, procurar fugir de sua soberania, mesclando com outras criativas formas.

## Avaliação e Progressão

Para efeito de progressão do aluno, o docente deve sempre considerar os avanços alcançados ao longo do processo e perguntar-se: Este aluno progrediu em relação ao seu patamar anterior? Este aluno progrediu em relação às primeiras avaliações? Respondidas estas questões, volta a perguntar-se: Este aluno apresentou progresso suficiente para acompanhar a próxima etapa? Com isso o professor e a escola podem embasar o deferimento da progressão do estudante.

Com isso, superamos a antiga avaliação conformadora em que eram exigidos padrões iguais para todos os “formandos”.

Nossa proposta significa, conceitualmente, que ao estudante é dado o direito, pela avaliação, de verificar se deu um passo a mais em relação às suas competências. Os diversos estudantes terão desenvolvimentos diferenciados, medidos por um processo avaliativo que incorpora esta possibilidade. Aqueles que acrescentaram progresso em seus conhecimentos, atitudes e habilidades estarão aptos a progredir.

A base para a progressão, neste caso, é o próprio aluno.

Todos têm o direito de dar um passo a mais. Pois um bom processo de avaliação oportuniza justiça, transparência e qualidade.

## Tipos de Avaliação

Existem inúmeras técnicas avaliativas, não existe uma mais adequada, o importante é que o docente conheça várias técnicas para poder ter um conjunto de ferramentas a seu dispor e escolher a mais adequada dependendo da turma, faixa etária, perfil entre outros fatores.

Avaliação se torna ainda mais relevante quando os alunos se envolvem na sua própria avaliação.

A avaliação pode incluir:

1. Observação
2. Ensaios
3. Entrevistas
4. Desempenho nas tarefas
5. Exposições e demonstrações
6. Seminários
7. Portfólio: Conjunto organizado de trabalhos produzidos por um aluno ao longo de um período de tempo.
8. Elaboração de jornais e revistas (físicos e digitais)
9. Elaboração de projetos
10. Simulações
11. O pré-teste
12. A avaliação objetiva
13. A avaliação subjetiva
14. Autoavaliação
15. Autoavaliação de dedicação e desempenho
16. Avaliações interativas
17. Prática de exames
18. Participação em sala de aula
19. Participação em atividades
20. Avaliação em conselho pedagógico – que inclui reunião para avaliação discente pelo grupo de professores.

No livro didático as “atividades”, as “dicas” e outras informações destacadas poderão resultar em avaliação de atitude, quando cobrado pelo professor em relação ao “desempenho nas tarefas”. Poderão resultar em avaliações semanais de autoavaliação de desempenho se cobrado oralmente pelo professor para o aluno perante a turma.

Enfim, o livro didático, possibilita ao professor extenuar sua criatividade em prol de um processo avaliativo retroalimentador ao processo ensino/aprendizagem para o desenvolvimento máximo das competências do aluno.

## Objetivos da Obra

Além de atender às peculiaridades citadas anteriormente, este livro está de acordo com o Catálogo Nacional de Cursos Técnicos. Busca o desenvolvimento das habilidades por meio da construção de atividades práticas, fugindo da abordagem tradicional de descontextualizado acúmulo de informações. Está voltado para um ensino contextualizado, mais dinâmico e com o suporte da interdisciplinaridade. Visa também à ressignificação do espaço escolar, tornando-o vivo, repleto de interações práticas, aberto ao real e às suas múltiplas dimensões.

Ele está organizado em capítulos, graduando as dificuldades, numa linha da lógica de aprendizagem passo a passo. No final dos capítulos, há exercícios e atividades complementares, úteis e necessárias para o aluno descobrir, fixar, e aprofundar os conhecimentos e as práticas desenvolvidos no capítulo.

A obra apresenta diagramação colorida e diversas ilustrações, de forma a ser agradável e instigante ao aluno. Afinal, livro técnico não precisa ser impresso num sisudo preto-e-branco para ser bom. Ser difícil de manusear e pouco atraente é o mesmo que ter um professor dando aula de cara feia permanentemente. Isso é antididático.

O livro servirá também para a vida profissional pós-escolar, pois o técnico sempre necessitará consultar detalhes, tabelas e outras informações para aplicar em situação real. Nesse sentido, o livro didático técnico passa a ter função de manual operativo ao egresso.

Neste manual do professor apresentamos:

- Respostas e alguns comentários sobre as atividades propostas.
- Considerações sobre a metodologia e o projeto didático.
- Sugestões para a gestão da sala de aula.
- Uso do livro.
- Atividades em grupo.
- Laboratório.
- Projetos.

A seguir, são feitas considerações sobre cada capítulo, com sugestões de atividades suplementares e orientações didáticas. Com uma linguagem clara, o manual contribui para a ampliação e exploração das atividades propostas no livro do aluno. Os comentários sobre as atividades e seus objetivos trazem subsídios à atuação do professor. Além disso, apresentam-se diversos instrumentos para uma avaliação coerente com as concepções da obra.

## Referências Bibliográficas Gerais

FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 1997.

FRIGOTTO, G. (Org.). *Educação e trabalho: dilemas na educação do trabalhador*. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2005.

BRASIL. *LDB 9394/96*. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br>>. Acesso em: 23 maio 2009.

LUCKESI, C. C. *Avaliação da aprendizagem na escola: reelaborando conceitos e recriando a prática*. Salvador: Malabares Comunicação e Eventos, 2003.

PERRENOUD, P. *Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens – entre duas lógicas*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999.

ÁLVAREZ MÉNDEZ, J. M. *Avaliar para conhecer: examinar para excluir*. Porto Alegre: Artmed, 2002.

SHEPARD, L. A. *The role of assessment in a learning culture*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association. Available at: <<http://www.aera.net/meeting/am2000/wrap/praddr01.htm>>.



**Orientações**  
AO PROFESSOR

**MÁQUINAS E  
EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS**

# Orientações gerais

Professor, a ideia dessa obra é ser uma fonte de consulta e acompanhamento às aulas de máquinas elétricas em seu curso técnico, ajudando-o a ministrar suas aulas para o ensino de nível médio. Por isso, os conteúdos são mostrados em textos curtos e objetivos, sempre privilegiando o aspecto conceitual e prático sobre o teórico e matemático, deixando a você a decisão do que aprofundar em cada assunto. Foram evitados deduções e preciosismos científicos, que em um texto tendem a confundir os alunos, assim, as fórmulas quando necessárias são apresentadas diretamente.

No final de cada capítulo há as atividades, com sugestões de trabalhos individuais e em grupo, que consiste na aplicação de estimular e aprimorar o entendimento.

Para uma abrangência maior os temas abordados no livro *Máquinas e equipamentos elétricos*, foi dividido em três áreas. Assim, o Capítulo 1 corresponde a uma revisão dos conhecimentos em eletromagnetismo, o Capítulo 2 corresponde às máquinas elétricas estáticas (os transformadores), no restante dos capítulos estão relacionados às máquinas elétricas principalmente rotativas, os Capítulos 3 e 4 se referem às máquinas de corrente contínua, os Capítulos de 5 a 9 detalham as máquinas elétricas de corrente alternada e o Capítulo 10 apresenta algumas máquinas rotativas específicas e os solenoides.

Desse modo, a obra correlaciona a características das diversas máquinas elétricas com suas aplicações, bem como apresenta as leis fundamentais do magnetismo e do eletromagnetismo ligados às máquinas rotativas, estáticas e solenoides.

## Objetivos do material didático

- Conhecer o eletromagnetismo.
- Saber como usar transformador.
- Aprender sobre gerador CC.
- Identificar motor CC – seu princípio de funcionamento.
- Saber o que é excitação do campo com e sem escovas.
- Entender circuito equivalente.
- Identificar a velocidade de um motor síncrono.
- Saber sobre partida de um motor síncrono.
- Empregar excitação do campo CC do motor síncrono.
- Analisar correção do fator de potência.
- Identificar o rendimento de um motor síncrono.

- Reconhecer motor de fase dividida sem capacitor e motor monofásico de sombreados.
- Conhecer motor de indução monofásico com partida a relutância e com partida a repulsão.
- Saber sobre o princípio de funcionamento.
- Conhecer campo magnético girante do estator e velocidade síncrona.
- Identificar rotor de gaiola de esquilo.
- Aprender sobre parâmetro do motor.
- Explorar geração com motor de indução.
- Analisar as características construtivas.
- Identificar placa.
- Saber esquemas de ligação.
- Ter noções de manutenção de motores de indução trifásicos.
- Conhecer motor universal; motores de passo; servomotores; nanomotores.
- Conhecer motor CC de ímãs permanentes; motor CC sem escovas e solenoides.

## Princípios pedagógicos

O livro se propõe a servir de subsídio ao processo ensino aprendizagem, seja como fonte de consulta, ou como proposta de atividades e descobertas.

## Articulação do conteúdo

O conteúdo do livro *Máquinas e equipamentos elétricos* pode ser articulado com as mais diversas disciplinas, pois as máquinas elétricas são/estão integradas em nosso cotidiano. Assim, este cabe em reflexões de sociologia e filosofia. E também está vinculado a fatores históricos geográficos e, ainda, implica diretamente em atividades das indústrias e nas mais diversas áreas científicas, como química, física e biologia.

## Atividades complementares

Quanto às atividades, além das que há no livro do aluno, o professor, pode sugerir pesquisas em *sites* confiáveis; trabalhos individuais e em grupo; visitas técnicas.

## Sugestão de leitura

ANJOS, I. G. *Física para o Ensino Médio*: volume único. São Paulo: IBEP, 2005.

CHAPALLAZ, J. et al. Manual on induction motors used as generators.

KOSOW, I. L. *Máquinas elétricas e transformadores*. 7. ed. Rio de Janeiro: Globo, 1987.

MAMBER, D. Magnetismo animal. *Revista Superinteressante*. Disponível em: <<http://super.abril.com.br/ciencia/sapo-levita-444772.shtml>>.

MANUAL DE MOTORES ELÉTRICOS. Brasília: Kcel Motores e Fios Ltda., 2008.

MARTIGNONI, A. *Máquinas elétricas de corrente contínua*. 3. ed. Porto Alegre: Globo, 1977. M

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. Física volume único. São Paulo: Scipione, 1997.

NEVES, E. G. C.; MÜNCHOW, R. *Caderno didático: eletrotécnica*. v. 1. Pelotas: UFPEL, 2010.

PIEROBON, L. R. P. *Sistema de geração de energia de baixo custo utilizando biogás de aterro sanitário*. Porto Alegre: Teses PROMEC/UFRGS, 2007.

## Sugestão de planejamento

Este manual foi elaborado para dar suporte ao livro *Máquinas e equipamentos elétricos* para até 80 horas em sala de aula, divididos em dois semestres.

### Semestre 1

#### Primeiro bimestre

##### Capítulo 1 – Eletromagnetismo

##### Capítulo 2 – Transformador

##### Capítulo 3 – Geradores de corrente contínua CC

##### Objetivos

- Explicar o que é eletromagnetismo.
- Abordar o uso do transformador.
- Explorar gerador CC.

##### Atividades

Para enriquecer o conhecimento e a observação, o aluno pode navegar em *sites* confiáveis.

É importante a revisão de alguns conteúdos de eletromagnetismo, que auxiliarão os alunos no prosseguimento dos estudos sobre máquinas elétricas. Pois esse campo é bastante extenso e permite diversas abordagens. Portanto, sinta-se à vontade para incluir assuntos ou suprimir conforme as necessidades específicas de seu curso.

#### Segundo bimestre

##### Capítulo 4 – Motores de corrente contínua CC

##### Capítulo 5 – Gerador síncrono CA (alternador)

##### Capítulo 6 – Motor síncrono trifásico

## Objetivos

- Apresentar o princípio de funcionamento – Motor CC.
- Explicar o que é excitação.
- Abordar circuito equivalente.
- Esclarecer a velocidade.
- Explicar a correção do fator de potência e o rendimento de um motor.

# Semestre 2

## Primeiro bimestre

### Capítulo 7 – Motor de indução monofásico

### Capítulo 8 – Motor de indução assíncrono trifásico

#### Objetivos

- Abordar motor de fase dividida sem capacitor; motor monofásico de polos; de indução monofásico com partida a relutância e com partida a repulsão.
- Explicar campo magnético girante do estator e velocidade síncrona; rotor de gaiola de esquilo e rotor bobinado.
- Aprender parâmetros do motor e geração com motor de indução.

#### Atividades

Abordar as teorias, bem como discutir cada tema esclarecendo possíveis dúvidas.

## Segundo bimestre

### Capítulo 9 – Motor de indução trifásico – aplicações

### Capítulo 10 – Outros motores e máquinas elétricas

#### Objetivos

- Identificar as características construtivas; placa de identificação e esquemas de ligação.
- Ter noções de manutenção de motores de indução trifásicas.
- Saber sobre motores universal; motores de passo; servomotores; nanomotores.
- Explicar motor CC de ímãs permanentes e motor CC sem escovas (*brushless* DC motor).
- Conhecer solenoides.

## Atividades

Leitura e discussão dos textos dos capítulos. Resolução e correção dos exercícios dos capítulos, bem como aplicação de atividades práticas.

# Orientações didáticas e respostas das atividades

## Capítulo 1

### Orientações

**Professor**, esse capítulo tem como intenção a revisão de alguns conteúdos de eletromagnetismo, que auxiliarão os alunos no prosseguimento dos estudos sobre máquinas elétricas. Este campo do conhecimento é bastante extenso e permite diversas abordagens, portanto, sinta-se à vontade para incluir assuntos ou excluir conforme as necessidades específicas de seu curso.

### Respostas – páginas 21-22

- 1) **Professor**, o objetivo dessa atividade é fazer com que o aluno produza um experimento científico com o mínimo de material. Em geral as bússolas mais eficientes são aquelas que utilizam flutuadores em água, ou suspensão por um barbante fino. Nesse experimento a comparação de resultados é fundamental para que se possa ao longo do curso entender como acontece o desenvolvimento tecnológico. As melhorias que cada um coloca no projeto é que fazem a evolução.

Lembrando que às vezes as bússolas não funcionam em ambientes fechados em função da interferência de outros campos magnéticos mais intensos que o terrestre.

- 2) Essa atividade é bastante focada no objetivo do curso que é compreender as máquinas elétricas, e nada melhor do que construir uma.

**Professor**, é comum que algumas motores não funcionem, em geral por problemas de balanceamento, ímãs fracos, ou decapação equivocada do fio esmaltado que funciona com coletor na maioria dos projetos. É importante orientar os alunos a encontrar e resolver os problemas de seu motor, mesmo que seja necessário mudar o projeto básico. Estimule-os a produzir um vídeo sobre como construíram o motor.

- 3) A ideia dessa atividade é criar uma bobina que pode funcionar como um solenoide, por isso a importância de permitir o movimento do núcleo no interior da bobina. A anotação das características da mesma permitirá alguns cálculos na questão (10).

- 4) A relação dos polos do ímã que é a Terra é inversa aos polos geográficos. O norte magnético corresponde ao sul geográfico e o sul magnético corresponde ao norte geográfico.
- 5) Não. A justificativa é que existe uma diferença angular entre os eixos geográficos e magnéticos da Terra.
- 6) O campo magnético corresponde a uma região do espaço que está sob a perturbação magnética devido à proximidade de um elemento gerador magnético e pode ser comprovada pelo surgimento de uma força de origem magnética sobre um elemento sensível colocado nessa região. Objetivo: fazer o aluno reler e escrever o conceito.
- 7) As linhas de força devem ser representadas conforme a figura 1.5 (do livro do aluno). O **objetivo** dessa questão é fazer com que o aluno tenha contato direto com o desenho das linhas de força para melhor fixação.
- 8) a. V; b. F; c. V; d. V; e. F; f. F.  
 a. V; b. F (ele sofre ação independente do material de que é feito se for percorrido por corrente elétrica); c. V; d. V; e. F (a espira apresenta vantagens); f. F. (Essa questão tem alguns aspectos que devem gerar discussões, primeiro nem sempre é necessária uma força para mover o fio dentro do campo, isso pode ocorrer porque o fio já entra com velocidade no campo, a afirmação nada fala sobre o fio iniciar em repouso ao entrar no campo).
- 9) a. Regra da mão esquerda  $V_c$  vertical para cima.  
 b. Regra da mão direita  $B$  perpendicular à folha para fora.  
 c. Regra da mão esquerda horizontal para a esquerda.  
 d. Regra da mão esquerda  $B$  horizontal para direita.  
 e. Regra da mão direita  $V$  vertical para baixo.  
 f. Regra da mão direita  $I$  perpendicular à folha para dentro.
- 10) **Professor**, ajude os alunos a calcular a indutância da bobina que construíram anteriormente. A ideia é comparar a diferença de indutância entre a situação com núcleo e sem núcleo, e observar as diferenças de capacidade dos eletroímãs entre si.
- 11) a. O foco dessa questão é descobrir a indivisibilidade dipolos magnéticos.  
 b. Aqui a ideia é descobrir que ímãs partidos passam a ser novos ímãs com dois polos cada. **Professor**, procure levá-los a abstrair o quanto eles podem partir um ímã.

## Capítulo 2

### Orientações

O Capítulo 2 trata especificamente do transformador (também chamado de trafo), isto é, de seu uso. **Professor**, para maior entendimento é interessante que o aluno pesquise mais sobre o transformador. Convém salientar em que se tratando de pesquisas, podem surgir “as coisas mais estranhas”.

## Respostas – páginas 42-44

- 1)
  - a. O objetivo dessa atividade é observar que não existe transferência de energia para o bobinado usado com secundário, quando a corrente contínua se estabelece no bobinado usado como primário.
  - b. O objetivo desse procedimento é verificar que mesmo usando uma fonte de corrente contínua, pode ainda assim haver transferência de energia desde que, exista uma pulsação nessa fonte de energia, neste caso, provocado pela intermitência da conexão.  
  
Sugere-se também que o transformador seja conectado à rede e seja medida a tensão de saída do secundário. Além de ter disponível um variômetro, aplique a tensão nominal no secundário e verifique no primário se aparece a tensão nominal. Além disso, seria muito interessante realizar em laboratório os ensaios a vazio e em curto circuito no trafo dessa atividade, a partir daí calcular todos os parâmetros possíveis.
- 2) O objetivo dessa atividade é verificar a polaridade das bobinas e configurar o transformador isolado como autotransformador, visando à familiarização dos alunos com os dois tipos de transformador.
- 3) O objetivo é fazer o aluno criar um transformador mais simples possível, com componentes que ele dispõe no dia a dia.
  - a. O objetivo é comparar o transformador comercial com o transformador feito nessa atividade. E formular hipóteses a partir das diferenças encontradas. **Professor**, pode-se sugerir aos alunos que alterem as relações de espiras e realizem novamente os mesmos testes.
- 4) Também chamado de trafo, é um dispositivo eletromagnético usado intensivamente nas mais diversas aplicações, sejam industriais ou domésticas.  
**Professor**, o aluno deve voltar ao início do capítulo onde foi definido o transformador. Estimule-os a procurar definições alternativas em *sites* ou em outras bibliografias.
- 5) **Professor**, nessa questão o objetivo é que o aluno fixe os conceitos de acoplamento “frouxo” e “estrito”. E que a transferência de energia está associada à qualidade desse acoplamento.
- 6) Usando a equação (2.1):  $M = 27 \text{ mH}$ .
- 7) As características são: núcleo de ferro, com perdas nulas; enrolamentos sem perdas, com resistência nula; acoplamento total entre primário e secundário; único fluxo magnético, que é o mútuo, não possuindo fluxos dispersos; sem perdas de energia; toda a energia recebida no primário será transferida ao secundário. Não existem transformadores ideais, pois sempre existirão perdas, por menores que sejam.

- 8) O objetivo é exercitar as diversas equações apresentadas no capítulo utilizando um exemplo concreto. Ou seja, o transformador que foi manuseado na atividade 2.1.
- Se o transformador usado foi o sugerido usando a equação (2.2), considerando o ideal:  $\alpha = 21,2$ .
  - $P_{nom} = 2,4 \text{ VA}$ .
  - Usando as duas bobinas  $Z_2 = 60 \Omega$ .
  - Usando as duas bobinas  $Z_1 = 27 \text{ k}\Omega$ .
  - I. Usa-se a equação 2.4. a.  $V_{prim} = 106 \text{ V}$ .  
II. Equação 2.4.b  $V_{sec} = 5 \text{ V}$ .  
III.  $P_{nova} = 2 \text{ VA}$ .
- 9) É utilizado para determinação das perdas no núcleo.
- 10) É utilizado para a determinação dos parâmetros resistência equivalente,  $R_{e1}$ , impedância equivalente,  $Z_{e1}$ , e reatância equivalente,  $X_{e1}$ .
- 11) **Professor**, o objetivo dessa questão é reforçar os aspectos positivos do autotransformador. As vantagens são: menor uso de condutores, menor número de espiras, circuito magnético de menores dimensões, isto é, menor núcleo para mesma potência, diminuição de perdas elétricas e magnéticas, melhor refrigeração (por ser menor) e menor fluxo de dispersão e menor corrente de vazio.
- Professor**, conforme seu critério, seria interessante mostrar a principal desvantagem do autotransformador, que é o caso do secundário rompido na situação de abaixador de tensão, inclusive é a razão pela qual não é utilizado em larga escala para distribuição de energia. Se for possível desenhar e/ou procurar uma imagem com defeito em um autotransformador, provocando o surgimento de alta tensão no secundário. No transformador isolado defeito semelhante provoca apenas o desligamento do secundário.
- 12) Os transformadores trifásicos existem porque são a forma mais simples e econômica de transformar a energia que produzida com três fases defasadas de  $120^\circ$ .
- 13) A tensão de linha corresponde àquela que é distribuída pelos condutores de uma rede trifásica e é medida entre dois desses condutores. A tensão de fase é aquela que é medida sobre uma bobina da máquina elétrica que está conectada à linha.
- 14) **Professor**, o objetivo dessa pesquisa é motivar os alunos a criar sua própria escala de grandeza, e propiciar a visão da diversidade de tipos de características e aplicações onde os transformadores são encontrados.
- 15) A ideia fundamental dessa atividade de pesquisa é encontrar não uma única resposta, mas discutir as respostas encontradas. Procurar criar um debate a respeito da história dos transformadores e das possibilidades de uso como no implante coclear ou nos carregadores sem fio.

## Capítulo 3

### Orientações

A dedicação nesse capítulo (e no próximo) é as máquinas rotativas de corrente contínua (CC). **Professor**, antes das atividades do capítulo, procure esclarecer possíveis dúvidas referentes ao estudo até aqui.

### Respostas – páginas 62-64

- 1) Essa atividade é de extrema importância, pois está ligada à atividade do próximo capítulo e objetiva a construção de um gerador funcional que poderá servir para ilustrar como a energia é gerada a partir da maioria das fontes comerciais.
- 2) Essa atividade é opcional por ser muito mais desafiadora e depender de capacidades mais avançadas em termos de motricidade e habilidades manuais para o aluno. No entanto, tem grande valor didático por mostrar que o modelo pode funcionar mesmo com limitações.
- 3) Os geradores CC são dependentes do comutador, ele é o dispositivo que permite que o sinal gerado em CA seja transmitido para fora do gerador como CC.
- 4) a. (V), b. (F) é o comutador o responsável; c. (V), d. (V), e. (F) o sinal aumenta a estabilidade; f. (F) são sinônimos; g. (V), h. (F) é justamente o contrário; i. (V), j. (F) ele é o que precisa de fonte externa; k. (F) estão unidos em série e *shunt* (derivação).
- 5) Esse gerador pode liberar continuamente 11 kVA de potência a uma carga externa. A tensão nos terminais do gerador é de 220 V quando ele está fornecendo a corrente especificada para a carga nominal (ou plena carga).
- 6) 50 A.
- 7) 275 V.
- 8) O objetivo dessa atividade é fazer com que o aluno busque meios interativos de aprendizagem na internet.
- 9) A ideia dessa atividade é a contextualização histórica, complementação de conteúdos e a investigação de algo (dínamo) que pode ser usado grande número de experimentos e que indiretamente cria um estímulo de geração de energia ecológico.

## Capítulo 4

### Orientações

Nesse capítulo continua o estudo das máquinas rotativas em corrente contínua (CC), ou seja, continua a análise dos motores CC.

## Respostas – páginas 81-82

- 1) Nessa atividade usamos o gerador desenvolvido no capítulo anterior para aqui transformarmos novamente a energia elétrica em mecânica.
- 2) Aqui procuramos mostrar aos alunos que as conversões de energia implicam em perdas que podem acabar por absorver a maior parte da energia.
- 3) Nessa atividade propiciamos ao aluno a oportunidade de descobrir que, infelizmente, é impossível construir motores contínuos.
- 4) Objetivo da questão é de que o aluno perceba que os geradores e os motores estruturalmente são iguais e que a principal diferença entre eles está no uso que se dá a cada um ou no sentido das transformações de energia que ocorrem em seu interior.
- 5) Usando a equação (4.2), 30 V.
- 6) Usando a expressão (4.5), 11 580 W.
- 7) Perdas no cobre; perdas mecânicas; perdas em vazio; e as perdas suplementares ou adicionais.
- 8) O valor pode ser encontrado por qualquer uma das expressões (4.6), (4.7) ou (4.8), 0,77 ou 77%.
- 9) A partir da equação (4.12), podemos verificar que: o motor dispara, sua velocidade aumenta rapidamente.
- 10) A principal diferença está na consequência da reação de armadura. No motor, a reação da armadura desloca a linha neutra de comutação no sentido oposto ao sentido de rotação. No gerador ocorre o inverso.
- 11) O controle da resistência de armadura; controle da tensão aplicada à armadura; controle de fluxo nos polos.
- 12) Temos,  $I_a = 263,15$  A.
- 13) Corresponde a 438% de  $I_n$ .
- 14) Frenagem por contracorrente; frenagem dinâmica; frenagem regenerativa.
- 15) Os tipos são motor CC com excitação independente, *shunt* (derivação), em série e composto.
- 16) **Professor**, o objetivo dessa atividade é buscar informações sobre os primeiros cientistas e suas crenças em coisas que, de certa forma, até agora se mostraram impossíveis.
- 17) **Professor**, o objetivo aqui é fazer com que os alunos vejam que nos dias de hoje existem pessoas que querem obter resultados que parecem (e até são impossíveis). Tente focar na utilidade que esse tipo de pesquisa tem no sentido de aperfeiçoar sistemas que existem, e criar outros que nem se tinha pensado, mesmo que o objetivo principal que é quebrar leis naturais não seja obtido. E lembre-se que edições e câmeras são capazes de fazer qualquer coisa funcionar.

# Capítulo 5

## Orientações

Nesse capítulo é o início do estudo das máquinas rotativas em corrente alternada (CA), com o estudo do gerador síncrono CA.

## Respostas – páginas 93-94

- 1) **Professor**, essa atividade visa que o aluno descubra que o gerador síncrono tem aproximadamente a mesma configuração do gerador CC, usando novamente o projeto da atividade 1 do Capítulo 3, fazendo as modificações necessárias. Quanto à forma de verificar a produção de tensão alternada, note que os LEDs podem parecer que permanecem ligados, por piscarem muito rápido. O uso de um osciloscópio seria muito interessante.
- 2) O objetivo dessa atividade é que os alunos construam um sistema operacional para geração de energia elétrica com razoável capacidade, para ser usado no litoral, por exemplo.
- 3) Existem dois grupos principais de geradores síncronos, os geradores síncronos de campo fixo e geradores síncronos de campo móvel.
- 4) O gerador síncrono de campo fixo.
- 5) Apresenta uma série de dificuldades para geração de grandes potências e tensões, pois a energia deve fluir massivamente pelos anéis coletores e pelas escovas, problemas com a isolamento entre anéis, dificuldades para retirar calor da armadura que tende ao sobreaquecimento, espessura da fiação do bobinado de armadura.
- 6) 500 rpm.
- 7) 45° elétricos.
- 8)  $2,75 \cdot 10^{-3}$  Wb.
- 9) Usando a equação (5.3), seguida da expressão (5.5), determina-se o fator  $k_p$ , partindo das equações (5.7) e (5.8), aplicando seus resultados na equação (5.6), determina-se o fator  $k_d$ . Para encontrar o resultado usa-se, então, a equação (5.9). A tensão eficaz gerada por polo é 240,4 V.
- 10) Podem-se citar várias diferenças, mas entre essas a principal é que o sistema com excitatriz implica em um outro gerador girando sobre o mesmo eixo do gerador síncrono conectado a esse por escovas ou diretamente por circuito retificador e regulador. Para o sistema com excitação externa sempre será necessário o uso de escovas e anéis coletores.
- 11) O objetivo dessa pesquisa é descobrir a importância desse pesquisador no desenvolvimento da geração e aproveitamento da energia elétrica.
- 12) O objetivo dessa pesquisa é descobrir mais sobre as usinas de geração elétrica, sugerimos incluir no mínimo geração hidroelétrica, térmica, eólica, nuclear e fotovoltaica. Principalmente, focar nos aspectos ambientais e sociais desses tipos de geração.

# Capítulo 6

## Orientações

Nesse capítulo continua o assunto das máquinas síncronas rotativas em corrente alternada (CA), com o estudo do motor síncrono CA. Aqui são vistos as principais vantagens, como correção do fator de potência; velocidade constante e alta capacidade de torque.

## Respostas – páginas 105-106

- 1) **Professor**, é provável que muitos dos protótipos acabem não girando, não tem problema, a ideia aqui é fazer os alunos caçarem a sincronia do motor. Como os protótipos são bipolares a velocidade síncrona é bastante alta, 3 600 rpm.
- 2) a. (F), b. (V), c. (F) tem de se respeitar os limites de torque máximo; d. (V); e. (F); f. (F) usual, mas não obrigatória; g. (F) o giro é apenas do campo elétrico no estator; h. (V), i (F) a “goma” é uma analogia à aderência dos polos ao campo girante; j. (F) é especialmente controlável por inversores de frequência.
- 3) 750 rpm.
- 4) 9 000 rpm.
- 5) Ocorrerá a perda de sincronismo, o rotor já não consegue se manter ligado ao campo girante, começa a existir escorregamento, com o torque oscilante que faz o motor síncrono vibrar severamente.
- 6) Costuma-se dimensionar o motor síncrono para que seu torque máximo seja três vezes maior que o torque máximo que a máquina conectada mecanicamente a ele exigirá.
- 7) É o ato de fazer com que os motores síncronos atinjam velocidade próxima à dos campos girantes para que, seja por dispositivos internos ou externos, rotor e campo estático girante sincronizem-se.
- 8) Faz o motor síncrono se comportar como um motor de indução durante a partida.
- 9) 5 100 W ou 5,1 kW.
- 10) O ângulo é 31,78°.
- 11) Sobre-excitado.
- 12) a. 94%.  
b. 98,5%.  
c. 97%.
- 13) **Professor**, o objetivo da pesquisa é acostumar o novo técnico ao nome das empresas que lideram o mercado de motores síncronos e a magnitude dos mesmos.

- 14) O objetivo é descobrir que a indústria faz uso desses sistemas para controlar o fator de potência.
- 15) O objetivo é formar um *link* entre o dia a dia e o assunto tratado, o fator residencial deve ser 1, mas o da escola se for industrial pode apresentar outro valor medido. É interessante para o aluno descobrir.

## Capítulo 7

### Orientações

No Capítulo 7 inicia-se o estudo dos motores assíncronos, começando pelos motores monofásicos de indução. Explicar aos alunos que eles se destinam principalmente em residências onde a energia elétrica é formada em uma fase.

### Respostas – páginas 119-220

- 1) **Professor**, essa atividade é **um pouco perigosa**, pois os alunos podem querer ligar diretamente à rede as bobinas que enrolaram, o ideal é que isso seja feito por meio de um variac, partindo do potencial zero. O objetivo da atividade é verificar o funcionamento do motor de indução monofásico com a montagem mais simples possível. Todas as variações no projeto são bem-vindas. A ideia aqui é explorar as possibilidades de projeto. E também verificar que o motor inicia o giro sozinho.
- 2) Nessa atividade o aluno vai aperfeiçoar sua montagem, e se tudo der certo, verá o seu motor partir sozinho, poderá alterar também o sentido de rotação.
- 3) 7350 W e 9,85 hp.
- 4) Porque nas residências é muito comum a falta de manutenção preventiva.
- 5) Porque seu rotor sofre um escorregamento em relação aos campos girantes, isto é, o rotor gira até 5% mais lento que os campos girantes em situações normais.
- 6) Todos precisam de um sistema auxiliar de partida.
- 7) O enrolamento auxiliar tem a função de ajudar o motor durante a partida sendo desligado após o motor atingir 15% de escorregamento, pela chave centrífuga.
- 8) A justificativa é o sensível aumento no torque de partida.
- 9) Não necessitem de chave centrífuga.
- 10) Possuem torque inicial muito baixo, em torno de 50 a 100% do torque nominal.
- 11) O torque de partida é muito bom.
- 12) A justificativa de sua popularidade é a sua simplicidade, confiabilidade e baixo custo de produção.

- 13) Porque as características desse motor são piores que a do motor monofásico de polos sombreados em todos os aspectos, o torque de partida chega a ser menor do que 50% do torque nominal, ele não é reversível.
- 14) Tem o maior torque de partida de todos os motores monofásicos.
- 15) **Professor**, essa atividade tem como objetivo fazer com que os alunos a partir das características de cada motor, possam especular o tipo de motor, que existe em cada equipamento. Lembre que os motores universais só serão vistos no Capítulo 10.
- 16) Como toda a atividade de pesquisa, esta não possui uma resposta certa ou uma verdade absoluta, apenas exija as fontes de cada informação.
  - a. Para nosso conhecimento o primeiro motor desenvolvido comercialmente foi o de partida a repulsão.
  - b. Equipamentos agrícolas como moedores de grãos.
  - c. Toca-discos, eletrolas, etc.

## Capítulo 8

### Orientações

Aqui começa o estudo dos motores de indução assíncronos trifásicos, por seu princípio de funcionamento, comportamento do campo girante de estator, tipos de rotores, o campo magnético do rotor produzido pela corrente induzida, escorregamento, frequência do rotor, torque e velocidade nominal.

### Respostas – páginas 134-135

- 1) O objetivo da atividade é confirmar o experimento, que é clássico em termos de motores de indução.
- 2) Essa atividade é um pouco mais complexa, em termos de materiais necessários à operação do experimento. Mas é muito interessante, pois faz o aluno ver como o motor trifásico opera e verificar que ele tem torque de partida. Além disso, com os transformadores variáveis é possível simular o que ocorre quando existe o desbalanço entre as tensões de fase, a inversão de fases também pode ser usada para que o aluno observe a inversão de sentido de rotação do rotor.
- 3) Porque existem correntes tanto no rotor como no estator, embora a excitação do rotor seja dependente do estator e só exista se a velocidade rotórica for diferente da velocidade dos polos girantes no estator.
- 4) Basta alterar a ordem de ligação, de quaisquer duas fases e o motor girará no outro sentido.
- 5)  $n_s = 900 \text{ rpm}$ .
- 6) Não. Os anéis coletores e as escovas são utilizados para variar a impedância do rotor durante a partida enquanto no motor síncrono para energizar o rotor.

- 7) O escorregamento corresponde a 3,3%.
- 8) 2 Hz.
- 9) 167 N.m.
- 10) 104 N.
- 11) 234 A.
- 12) A dificuldade na geração assíncrona independente consiste no controle da frequência e da tensão de saída, uma vez que dependem da rotação, do escorregamento e das cargas vistas a partir dos terminais elétricos do gerador.
- 13) **Professor**, a ideia dessa atividade é a de incentivar os alunos à pesquisa, não existem respostas certas, mas fontes confiáveis, o mais importante da tarefa é fazer com que os alunos sejam desafiados a procurar e, assim, descobrir.

## Capítulo 9

### Orientações

No Capítulo 9 continua o estudo dos motores de indução assíncronos trifásicos. Com foco na sua aplicação e características construtivas dos motores comerciais. As informações mais relevantes que constam em suas placas de identificação, como potência, tensão, corrente e velocidades.

### Respostas – páginas 148-149

- 1) **Professor**, o objetivo dessa questão é utilizar os conhecimentos de motores de indução trifásicos colocando-os para funcionar e usando-os ainda como gerador de corrente elétrica em quantidade significativa.

Não houve detalhamento dos acionamentos por não fazerem parte dessa obra, e também para que o grupo de trabalho se sinta livre para associar os motores que dispõem da maneira mais racional.

Foi feita a sugestão das polias diferenciadas, que junto com motores de quantidades de polos diferentes podem permitir um grande número de associações e velocidades.

Quanto ao monitoramento da tensão gerada, os alunos devem perceber que mesmo ao se variar cargas resistivas, existe variação de tensão, que para ser corrigida exige variação na velocidade que implica em uma frequência de operação diferente ou alteração no valor dos capacitores. Que é o grande problema da geração independente de energia elétrica com motores de indução.

- 2) Rolamentos e buchas.
- 3) Rotor e estator.
- 4) Por ser mais robusto, por não exigir conexão elétrica. É constituído, em geral, por um núcleo de aço laminado, e barras condutoras, geralmente de alumínio injetado, o que facilita e barateia a sua construção.

- 5) Servem para a variação da resistência do rotor com o intuito de suavizar sua partida.
- 6) Sim. NBR 7094.
- 7) A configuração estrela corresponde a menor corrente, por isso, 48,9 A.
- 8) A princípio não. Se a máquina possuía um motor de regime contínuo é porque deveria trabalhar nesse regime, o motor substituto foi fabricado para trabalhar por um tempo limitado e não em regime contínuo.
- 9) Que o motor está protegido contra a entrada de corpos estranhos sólidos acima de 2,5 mm de diâmetro, e não tem proteção contra água.
- 10) Esses motores têm três terminais ligados internamente sem acesso ao eletricista.
- 11) Para a inversão de velocidade basta inverter duas das fases e o motor girará para o outro sentido.
- 12) A diferença consiste em que a preventiva é feita conforme os tempos da fábrica envolvendo paradas programadas, enquanto a preditiva vai monitorando os equipamentos constantemente e descobrindo os componentes que estão prestes a se danificar e atuando sobre eles antes que sua quebra se torne um prejuízo.
- 13) Quando os investimentos em manutenção preventiva se tonam muito maiores que os gastos com quebras. Para uma fabrica existe um ponto ótimo entre a despesa com quebras e o investimento em manutenção preventiva.
- 14) **Professor**, essa atividade está integrada à atividade prática desse capítulo, que consiste em pesquisar em que tipo de planta de geração é utilizado o motor de indução como gerador (basicamente PCHs pequenas centrais hidro-elétricas e pequenas plantas térmicas ou com motores alternativos), as formas de corrigir a variação de frequência (espera-se que por conexão a rede e uso de bancos de capacitores). E a busca por tutoriais sobre geração com motores de indução.

## Capítulo 10

### Orientações

Nesse último capítulo são vistos os motores universais, motores de passos, os servomotores, os nanomotores, os motores CC de ímãs permanentes e o motor CC sem escovas (*brushless* DC Motor). **Professor**, reveja alguns temas e aproveite para esclarecer possíveis dúvidas.

### Respostas – página 159

- 1) **Professor**, o objetivo dessa atividade é que o aluno visualize o funcionamento do motor de passo, e verifique a sua simplicidade. Estimule-os a fazer o rotor dar meio passo.

- 2) Pode-se utilizar o experimento do Capítulo 1, em que foi montada uma bobina solenoide e reforçar o conceito.
- 3) Possui um enrolamento de compensação no estator, para reduzir a reatância indutiva e a reação de armadura, bem como um enrolamento de interpolo com a mesma função e placas laminadas mais finas do núcleo.
- 4) Por trabalhar tanto em CC como em CA, e facilmente poder operar em qualquer rede elétrica, por meio de transformadores ou enrolamentos adicionais, e em praticamente qualquer frequência de rede alternada.
- 5) São motores que sofrem movimento rotacional com a necessidade de pulsos e não de alimentação constante e se movimentam em saltos angulares.
- 6) O rotor não se movimenta, ou se movimenta para trás conforme o pulso que receba trocado.
- 7) O avanço e o retrocesso só dependem da ordem de aplicação dos pulsos, quando a ordem é invertida o motor retrocede, na ordem normal avança. Sempre deve ser aplicado o pulso seguinte ou anterior aquele em que o motor se encontra.
- 8) A precisão do deslocamento do motor é determinada pelo passo angular, isto é, quanto de ângulo ele cobre em cada movimento, provocado pelos pulsos lógicos.
- 9) O motor de passo híbrido.
- 10) O servomotor é um atuador rotativo com alta precisão de controle para posicionamento angular. É composto por um motor acoplado a um sensor de posição para *feedback* (realimentação). Para os *drives* utiliza o sinal de *feedback* do sensor para controlar a posição angular do motor de forma precisa. Isso é chamado de controle de malha fechada.
- 11) Junto com os servomotores representam uma inovação em termos de precisão e confiabilidade, permitindo avanços importantes na direção da robótica, que é capaz de automatizar uma fábrica ou permitir que um cirurgião faça uma cirurgia em um paciente que está distante muitos quilômetros.
- 12) São aqueles que utilizam os motores síncronos modificados, eles têm um núcleo com ímãs permanentes e um gerador de sinais instalado junto a seu eixo para enviar informações sobre a velocidade e o posicionamento do rotor chamado "resolver". Além disso, não são acionados diretamente, mas por um circuito *driver*.
- 13) As principais vantagens em relação aos motores com escovas de mesma potência requerem pouca ou nenhuma manutenção; tem maior vida útil; sem o faiscamento, reduz-se a possibilidade de explosões; podem operar submersos em fluidos até combustíveis e podem ser lacrados; são mais eficientes; são melhores para uso em servomotores, por terem resposta mais rápida e maior torque.
- 14) Os solenoides são importantes, pois representam uma forma de acionamento linear e não rotacional com o uso de energia elétrica, além serem baratos, robustos e simples.
- 15) O objetivo dessa atividade é expandir os conhecimentos dos alunos em relação à nanotecnologia.