

A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS: A CONCEPÇÃO DE ENGENHEIROS EM ATUAÇÃO NA INDÚSTRIA

MODERN AND CONTEMPORARY PHYSICS IN ENGINEERING EDUCATION: THINKING OF ENGINEERS IN INDUSTRY

Ana Paula Grimes de Souza¹, José Francisco Custódio², Mikael Frank Rezende Jr.³

RESUMO

A formação de engenheiros capazes de suprir as necessidades da indústria brasileira em setores prioritários da economia é tema atual. Todavia, pouca documentação existe na literatura sobre o impacto da Física Moderna e Contemporânea (FMC) na formação de engenheiros. Neste artigo, analisamos a concepção de engenheiros sobre o papel da FMC na formação básica e em atividades na indústria. Foram entrevistados oito engenheiros atuantes em cinco indústrias de grande porte. Os dados foram analisados por intermédio da Análise Textual Discursiva, favorecendo a construção de três categorias: perfil do profissional engenheiro, a Física na formação do engenheiro e a Física na atuação do profissional engenheiro. Concluimos que FMC é pouco presente nas atividades dos engenheiros, exceto para aqueles que atuam em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Além disso, os perfis requisitados na indústria não consideram como prioridade a sólida formação em FMC e há pouca ênfase no desenvolvimento de base.

Palavras-chave: Física Moderna e Contemporânea; formação de engenheiros.

ABSTRACT

The training of engineers to be able to supply needs of Brazilian industry in priority sectors of the economy is current theme. However, there is little documentation in the specific literature on the impact of Modern and Contemporary Physics (MCP) in the training of engineers. In this article, we analyze the engineer's conception on the role of MCP in initial engineer's instruction and activities in the industry. They interviewed eight active engineers in five major industries. Data were analyzed through Textual Discourse Analysis, favoring the construction of three categories: profile professional engineer, physics in the formation of engineer and physics in the action of the professional engineer. We conclude that MCP is little present in the current activities of engineers, except for those working in R&D. In addition, the profiles required in the industry do not consider as a priority the solid training in MCP and there is little emphasis on developing base.

Keywords: Modern and Contemporary Physics; engineers education.

¹Professora Me., UNISOCIESC, SC/Brasil, anapaulagrimes@gmail.com

²Professor Dr., Departamento de Física, UFSC, SC/Brasil, j.custodio@ufsc.br

³Professor Dr., Instituto de Física e Química, UNIFEI, MG/Brasil, mikael@unifei.edu.br

INTRODUÇÃO

De acordo com Bazzo e Pereira (2006), para que os engenheiros sejam capazes de continuar atuando e cumprindo as exigências da sociedade atual, é necessária uma boa formação, que acompanhe o desenvolvimento científico e tecnológico contemporâneo. Tal conhecimento torna-se necessário não somente para o desenvolvimento de novas tecnologias, mas também para que esse profissional possa tomar decisões conscientes, considerando as implicações sociais, ambientais, econômicas e políticas do desenvolvimento tecnológico atual.

Fomentando vários desenvolvimentos tecnológicos do último século – como os semicondutores e transistores (e suas implicações na indústria da microeletrônica), as possibilidades de utilização da energia nuclear e demais aplicações da radioatividade, as nanotecnologias, entre outros exemplos –, a FMC se apresenta como um conjunto de conhecimentos importantes na formação de profissionais que estejam preocupados tanto em desenvolver tecnologias quanto em entender e refletir sobre todas as implicações que estas possam oferecer.

Esse desenvolvimento tecnológico, além de influenciar o modo de vida de muitas pessoas, é refletido também na economia dos países que as desenvolvem. Um exemplo disso são os Estados Unidos, os quais no início do século já contavam com 30% do seu PIB relacionado diretamente com as tecnologias decorrentes da FMC, em especial da Física Quântica (FQ) (SBF, 2005). Além disso, o mercado mundial de semicondutores, por exemplo, no ano de 2010, foi estimado em 300 bilhões de dólares (SBPC, 2011), e estimava-se, em 2005, que até 2015 os bens e serviços de base nanotecnológica deveriam ultrapassar um trilhão de dólares anuais (SBF, 2005).

Nesse contexto, propomos como estudo entender o que engenheiros que atuam na indústria pensam em relação à importância dos conhecimentos da FMC para a formação e atuação do profissional engenheiro.

Responder a essa questão é particularmente relevante para podermos compreender o quão importante são esses conhecimentos para o profissional engenheiro

em nosso país, com vista às suas possibilidades de atuação no mercado de trabalho e o cenário tecnológico e industrial nacional.

O campo de atuação de um engenheiro é muito vasto. Segundo Bazzo e Pereira (2006), os engenheiros costumam desempenhar atividades que vão desde a pesquisa básica, na qual se utiliza muito conhecimento científico e poucos conceitos de administração, até atividades de gerência e administração, em que os profissionais utilizam, a princípio, poucos conhecimentos científicos e muitos conceitos de finanças, por exemplo. Entre a pesquisa básica e a administração, os engenheiros podem passar pela pesquisa aplicada, pelo ensino, pelo desenvolvimento, pelo projeto, pela construção, pela produção, pela operação, pela manutenção, pela consultoria e pela vistoria.

Para contemplar todas essas possibilidades, o perfil de formação do profissional está cada vez mais amplo, longe de uma formação puramente técnica, ou, ainda, de uma técnica associada aos conhecimentos científicos. Segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia (DCNCE), em seu Art. 3º, o perfil do formando egresso dos cursos de Engenharia, deverá apresentar:

[...] formação generalista, humanista, crítica e reflexiva, capacitado a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade. (BRASIL, 2002, p. 1)

Considerando essa gama de funções e propostas para o perfil do egresso dos cursos de Engenharia, compreendemos ser importante analisar como os conhecimentos de Física, em especial os de FMC, estão presentes na formação e atuação desses profissionais, a fim de identificar possíveis defasagens/necessidades na formação de futuros engenheiros.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Visando a compreender a importância dos conteúdos de FMC para a formação de engenheiros e a relação desses conhecimentos com a prática da Engenharia, a pesquisa de natureza qualitativa é a que apresenta as características mais adequadas a este trabalho.

Para a coleta de dados foram utilizados como instrumentos as entrevistas semiestruturadas, as quais nos permitiram identificar as concepções de engenheiros em atuação. As entrevistas foram gravadas em áudio e posteriormente transcritas para análise. Por questões éticas, os participantes da pesquisa assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, o qual explica os objetivos da pesquisa e garante sigilo da identidade dos sujeitos.

Para analisar as entrevistas realizadas utilizamos como instrumento analítico o processo da análise textual discursiva (ATD) (MORAES; GALIAZZI, 2007). Segundo Moraes (2003, p. 192), a ATD pode ser compreendida como “[...] um processo auto-organizado de construção de compreensão em que novos entendimentos emergem de uma sequência recursiva de três componentes: unitarização, categorização e comunicação”.

Amostras

Para a escolha dos engenheiros que atuam em indústrias, selecionamos quatro egressos de uma mesma Instituição Pública de Ensino Superior do estado de Santa Catarina (denominada aqui de IES1) e que atuam em uma empresa na cidade de Joinville/SC, além de quatro egressos de outra Instituição pública de ensino do estado de Minas Gerais (denominada de IES2) e que atuam em empresas da cidade de Itajubá/MG. Os critérios adotados para escolha dos engenheiros foram os seguintes: (i) formação em Engenharia Elétrica/Produção Elétrica ou Eletrônica ou Materiais (em razão da maior proximidade desses cursos com tecnologias provenientes da FMC); (ii) ser egresso de duas instituições de

dois estados distintos; (iii) disponibilidade em participar das entrevistas.

Ao todo, foram entrevistados engenheiros que atuam em cinco empresas diferentes. Em relação aos egressos da IES de Santa Catarina, optamos por aqueles que atuam em uma única empresa, a qual denominados de Empresa X. Os egressos da IES de Minas Gerais, por sua vez, atuam em 4 diferentes empresas, as quais denominados de Empresa Y, Empresa W, Empresa V e Empresa Z.

Para não identificar os engenheiros entrevistados ao longo da análise, convencionou-se uma sigla de referência para eles, citada aqui como E1 até E4 para egressos da IES1 e E5 até E8 para egressos da IES2.

A Tabela 1 a seguir caracteriza os engenheiros entrevistados para a pesquisa.

Tabela 1 – Perfil dos engenheiros entrevistados.

Engenhheiro	Formação (Eng.)	Ano de formação	Cargo atual	Formação complementar
E1	Materiais	2004	Líder de Business e Marketing	Mestrado em Eng. Mecânica
E2	Produção Elétrica	2006	Líder de Célula	Mestrado em Eng. Materiais
E3	Elétrica	2011	Especialista Manufatura	Mestrado em Metrologia Científica e Industrial
E4	Elétrica	2010	Especialista de Materiais	-
E5	Elétrica	2007	Empresa Y/Gerente Geral	Mestrado em Eng. Elétrica
E6	Elétrica	2008	Empresa W/Gerente	Mestrado em Eng. Elétrica
E7	Elétrica	1996	Empresa V/Administrador	Doutorado em Eng. Elétrica
E8	Elétrica		Elétrica	-

Fonte: Elaborada pelos autores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme preconiza a ATD, o início da análise se deu pelo processo de unitarização, em busca das unidades de significado. O processo de seleção de unidades de significado permitiu que construíssemos as seguintes categorias: (1) perfil do profissional engenheiro; (2) a Física na formação do engenheiro; e (3) a Física na atuação do profissional engenheiro.

Perfil do profissional engenheiro

A partir das entrevistas, constatamos que o conhecimento técnico e as habilidades comportamentais (a comunicação, relação interpessoal, resiliência, flexibilidade entre outros) são as características mais procuradas nos profissionais engenheiros, especialmente nos recém-formados. Os engenheiros E1, E2 e E4 concordam que há uma preocupação da empresa em que o contratado possua conhecimento técnico, no entanto, apenas isso não é o suficiente. As habilidades comportamentais cada vez mais vêm sendo exigidas do profissional engenheiro, como podemos observar nas falas de E1 e E4:

E1: *Para recém-formado é a habilidade comportamental, aspectos culturais da pessoa e a resiliência, a flexibilidade da pessoa em lidar com diferentes frentes de trabalho e diferentes pessoas, né, trabalho em time basicamente. Então, é o que conta bastante. Conta conhecimento técnico, mas conta também, com tanto peso quanto, a habilidade comportamental da pessoa.*

E4: *Relacionamento interpessoal. Tu podes ter o melhor conhecimento técnico do mundo, dependendo da vaga, claro, dependendo a posição a qual tu almeja, mas a questão comportamental é, eu diria que nesse quesito para o engenheiro recém-formado, é o que mais se destaca. Claro que o conhecimento técnico é importante sim, mas ele sozinho não definiria a contratação. Até te digo, o cara que tem um conhecimento técnico um pouco pior, mas uma desenvoltura melhor, leva [o emprego]. Eu acredito que é assim, dessa forma. A gente acompanha muito, principalmente nos trainees, nos processos seletivos para contratação de trainees, sendo a vaga técnica ou não.*

Quando questionados sobre a importância das habilidades comportamentais, E4 relata que o engenheiro, hoje, é multitarefas dentro de uma indústria. É uma mão de obra não exclusiva para o desenvolvimento técnico e que possui a necessidade de trabalhar em equipe e compartilhar tarefas com outros profissionais. Cada vez mais os profissionais engenheiros são contratados para os mais diversos cargos e

precisam desempenhar atividades distintas dentro da empresa, as quais exigem diferentes habilidades desse profissional.

Os engenheiros E5, E7 e E8 são mais categóricos no quesito habilidades comportamentais. Segundo os entrevistados, a capacidade de resolver problemas, de ser proativo, de se comunicar e estar apto a aprender sozinho são características essenciais do profissional engenheiro atualmente, como podemos observar nas falas a seguir.

E7: *Em minha opinião, na nossa empresa, a especificidade técnica pode vir a ser útil, lógico, mas não é bem isso que a gente procura, porque a gente não encontra o conhecimento que a gente precisa do jeito que a gente precisa, então a gente contrata e treina o profissional e a partir desse treinamento ele exerce suas funções dentro da empresa. Então, a gente contrata o profissional não pelo o que ele sabe, mas pela sua capacidade de aprender. A gente avalia o candidato tentando enxergar isso nele, forma de se expressar, atividades que já exerceu, ver se é um profissional mais ativo do que passivo, então a comunicação, capacidade de empreendedorismo.*

E8: *Eu acho que se a gente olhar para as empresas grandes, elas levam muito mais em conta as habilidades comportamentais do que técnica, científica, administrativa etc. Lógico que é importante, mas eu acho que é muito melhor o futuro engenheiro desenvolver suas habilidades de se relacionar com os outros do que focar em alguma área específica de conhecimento, eu acho que isso pesa muito mais.*

Habilidades gerenciais (SILVEIRA, 2005; PÓVOA; BENTO, 2005) também emergiram nas análises, como podemos observar na fala de E6. O entrevistado comenta que comumente um engenheiro é contratado pelo seu conhecimento técnico, no entanto, conforme adquire experiência, há uma tendência na carreira de se assumir cargos administrativos. Tal fato corrobora com o que descreve Silveira (2005), para o qual, além do interesse do mercado de trabalho em absorver profissionais com essa formação para cargos de gerência, há também um grande interesse dos profissionais em assumir esses cargos, tendo

em vista os altos salários se comparados aos salários de outros cargos, o que justifica essa tendência na carreira dos profissionais.

E6: *Eu vejo um pouco de tudo que você mencionou [conhecimento técnico, científico, habilidades comportamentais, conhecimentos de gerência]. Você inicia numa parte mais técnica, mas com o tempo, com sua experiência na empresa, você acaba assumindo essa parte mais gerencial, administrativa, dependendo do caso, com o tempo. Recém-formados não vão para essa área.*

Em relação a uma formação com destaque em um forte embasamento científico (como as disciplinas de Física, Cálculo e Química), não houve menções a essa característica como fator principal no momento da contratação de um engenheiro. Sabe-se que o engenheiro teve, durante a graduação, uma carga horária considerável desses conhecimentos; no entanto, não é um fator que entra em questão no momento de contratação de um profissional.

Quando questionados sobre o quesito “formação complementar”, seis dos entrevistados relataram que investiram na pós-graduação, sendo que cinco deles possuem ou estão cursando mestrado e um deles possui doutorado. E1, E2 e E3, atuantes na Empresa X, relatam que a própria empresa incentiva seus funcionários a continuarem seus estudos, e auxilia para que possam se dedicar paralelamente à pós-graduação. Para o profissional E1, a empresa valoriza esse contato com a universidade para que seus funcionários sempre tragam para dentro da instituição o que há de novo no Brasil e no mundo em Ciência e Tecnologia, por isso tal incentivo e investimento (tanto com liberação de funcionários quanto com ajuda financeira). Desse modo, ao mesmo tempo em que não apareceu nas respostas dos engenheiros a importância desse conhecimento científico de base no momento da contratação do profissional, há alguns aspectos nas falas dos entrevistados que nos mostram que tais conhecimentos são importantes para a atuação do engenheiro na

empresa, especialmente quando esta tem um foco em desenvolvimento de tecnologias.

Relativamente ao desenvolvimento tecnológico, os entrevistados foram questionados sobre a atuação da empresa em que trabalham no que diz respeito à pesquisa e desenvolvimento (P&D) e inovação tecnológica. Analisamos primeiramente os egressos da IES1, os quais atuam na Empresa X. Segundo os entrevistados, essa empresa é movimentada por inovações tecnológicas. Para E1, “a empresa vive disso”, possuindo cerca de 1.300 patentes atualmente.

Em relação às tecnologias desenvolvidas pela empresa, os entrevistados citaram alguns tipos de microcompressores recentemente desenvolvidos. O que nos chama a atenção, no entanto, é que, para que sejam produzidas essas e outras inovações, pode haver a necessidade de conhecimentos de FMC; seja na utilização e no desenvolvimento de componentes que necessitam de um bom conhecimento de semicondutores, seja na P&D de nanotecnologias para que possam ser incorporadas às inovações tecnológicas, como emerge na resposta de E1, a seguir:

E1: *A gente está mais no monitoramento tecnológico e no desenvolvimento de pequenos protótipos para testar pesquisas com nanotecnologia, então desde atuação em lubrificação para mancais até cargas para polímeros nós investigamos.*

Percebemos, desse modo, que o contato com inovação e tecnologia pode se fazer presente no trabalho de alguns engenheiros (ainda que poucos), inclusive tecnologias que possuem relação com a FMC. Assim, apesar da importância do conhecimento técnico e das habilidades comportamentais prevalecerem nas respostas dos engenheiros, há momentos em que os entrevistados deixam transparecer que um bom conhecimento de Ciência básica, como Física, Química e também Cálculo, que auxilie na P&D, também se faz necessário para sua atuação.

Voltando a atenção para as respostas dos egressos da IES2, encontramos algumas diferenças nas empresas em que esses profissionais atuam. A empresa Y, segundo o

profissional E5, tem um foco na solução de problemas na área de equipamentos eletromédicos (em especial, no desenvolvimento de sistemas de informação), viabilizando tais soluções por meio de tecnologias já conhecidas ou, ainda, pelo desenvolvimento de outras. Com esse desenvolvimento, o engenheiro E5 acredita que a empresa contribui para o crescimento estratégico do país, principalmente porque, no ramo em que a empresa atua, há uma balança comercial desfavorável de 3,6 bilhões de reais. Desse modo, o entrevistado acredita que qualquer produto que a empresa consiga desenvolver, deixando de comprar de outros países, contribui para o desenvolvimento nacional.

O profissional E6 relata que a empresa na qual atua – Empresa W – também desenvolve tecnologias, “[...] buscando oportunidades que não são encontradas no mercado”. Atuando no ramo de produtos para pessoas com problemas de surdez, o entrevistado comenta que a empresa busca criar dispositivos que auxiliem pessoas com esse tipo de deficiência, facilitando a inclusão destas no mercado de trabalho, por exemplo. Já o entrevistado E7, da Empresa V, atua no ramo da Tecnologia da Informação voltada para o setor de energia elétrica. A empresa, segundo E7, facilita práticas tradicionais, como análise e cálculos de tarifas do setor de energia, por meio de tecnologias de informação. O entrevistado acredita que o que a empresa faz pode ser considerado como uma inovação tecnológica, uma vez que são desenvolvidos novos sistemas de informação de acordo com a necessidade do cliente. Por fim, E8 relata que a Empresa Z atua na área de logística, desenvolvendo produtos para controle de entrega. E8 afirma que o que a empresa faz é considerado inovador, tanto que são finalistas de um projeto denominado Inovativa Brasil.

A Física na Formação do Engenheiro

Quando questionados sobre sua formação, os engenheiros comentaram sobre os tópicos de Mecânica, Termodinâmica, Elétrica, Ondas e Óptica, ou seja, conteúdos que são tradicionais tanto na Educação Básica quanto

nos cursos do Ensino Superior com enfoque na área científica e tecnológica. E3 e E5 comentaram que houve um enfoque um pouco maior em Eletromagnetismo, uma vez que é a parte da Física mais voltada para a Engenharia Elétrica.

O engenheiro E3 arriscou citar que teve uma parte da “*Física mais moderna*”; no entanto, referiu-se a conteúdos da Física Clássica, como ondas eletromagnéticas.

E3: *Se eu não me engano, foram quatro Físicas, eu acho. Eu lembro de ver toda a parte da Mecânica Clássica, a parte de Eletrotécnica, a parte de Ondas, que eu acho que é a parte da Física mais Moderna, né? Ondas eletromagnéticas! [...] Óptica, isso. Eu me lembro dessas. Eu não lembro se vi algo de Termodinâmica, mas devo ter visto algo também.*

Já o engenheiro E1 teve um primeiro contato com os conteúdos de FMC (apesar de não os denominar assim) nas disciplinas de Física Básica. Além das disciplinas de Física I, II e Física Experimental (dedicada à realização de experimentos de Mecânica Clássica), E1 alega ter cursado uma quarta disciplina de Física, a qual abrangia Óptica, Física do Estado Sólido e Magnetismo, em que, segundo o profissional, foi dada “[...] uma pincelada em semicondutores”.

Após as descrições dadas pelos entrevistados sobre os conteúdos de Física que foram estudados na graduação, foram aprofundados questionamentos sobre os conteúdos de FMC, uma vez que nenhum deles citou de forma explícita que teve contato com esses conhecimentos. Apenas um entrevistado (E4) mostrou um pouco mais de familiaridade com o termo FMC, alegando que teve algo mais superficial, voltado à Física do Estado Sólido, em disciplinas específicas do curso. Além disso, E4 comenta que não teve a oportunidade de estudar Física Quântica, o que seria importante para sua formação.

E4: *Tinha um conteúdo programático previsto para cadeira, mas a gente viu muito por cima. Não lembro nem se a questão da Física Quântica, que é extremamente importante, foi abordado pelo docente na época, acredito que não.*

Já os engenheiros E1, E2 e E3 demonstraram não ter conhecimento sobre o que estava sendo perguntado ou, pelo menos, quais conhecimentos da Física são denominados como FMC, respondendo apenas: “É [...] eu só não lembro bem o conteúdo da Física Moderna [...]” (E3); “O que é Física Moderna e Contemporânea?” (E1); e “Já ouvi falar [da FMC], mas não sei do que se trata” (E2). E5, de forma semelhante, aparentou não distinguir exatamente o que seria a FMC, relatando que teve contato com esses conhecimentos de Física por meio do conteúdo de Relatividade e do conteúdo de Efeito Doppler (o qual faz parte da Física Clássica).

Com o objetivo de investigar se os engenheiros tiveram algum contato com conhecimentos de FMC, mesmo não os denominando de tal forma, foi apresentada uma breve descrição desses conhecimentos, apontando seu marco inicial com Max Planck, no ano de 1900. A descrição possibilitou aos entrevistados elencarem alguns conteúdos que tiveram acesso na graduação.

O engenheiro E3 comentou alguns conteúdos que ele lembra ter estudado no seu curso, como podemos ver no seguinte relato:

E3: *Sim, sim. A parte de semicondutores, por exemplo, que é bastante utilizada na nossa área. A parte de transistores, diodos. Então essa parte de semicondutores a gente também contemplou. Essa parte de modelos atômicos mais modernos também [...] lembro do elétron ora ser tratado como onda, ora sendo tratado como partícula, lembro de ter visto isso também.*

O profissional E1 também elencou alguns conteúdos de FMC, no entanto, afirmou que tais conteúdos foram vistos em uma disciplina com outros enfoques, como Óptica e Magnetismo, não sendo integralmente dedicada a temas relacionados à FMC. Os conteúdos citados pelo entrevistado foram: modelo atômico de Bohr, modelo atômico de Schrödinger, Efeito fotoelétrico e raios-X, além de alguns tópicos da Física do Estado Sólido. Segundo ele, o tema “nanotecnologia” não era ainda discutido, não nesses termos; no entanto, era discutido algo

em relação à matéria em escalas manométricas. Sobre o tema Relatividade, não houve discussão ao longo do curso, apenas “[...] aguçou a curiosidade dos mais interessados em buscar por conta própria” (E1). O profissional E8, de forma semelhante, demonstrou ter uma vaga lembrança sobre conteúdos de FMC numa disciplina de Física que englobava outros conhecimentos, no entanto, não conseguiu lembrar de nenhum conteúdo específico de FMC que possa ter visto.

Os profissionais E2, E6, E7 alegam não ter tido contato com nenhum dos conteúdos citados. Segundo E2, apenas no mestrado, devido à sua linha de pesquisa, teve a oportunidade de estudar algo que estivesse relacionado à FMC.

E2: *Na graduação, não. No mestrado eu estudei bastante supercondutores, mas por causa do tema que eu trabalhei. Mas na graduação não. [...] Já ouvi falar, mas não na graduação.*

E6 e E7 comentaram não ter tido contato com FMC nem mesmo no curso de mestrado, no caso de E6, e no mestrado e doutorado, no caso de E7.

Após os relatos dos conteúdos de Física vistos na graduação, os profissionais foram questionados se essa formação, em Física, supriu as suas necessidades profissionais. De modo geral, os engenheiros se mostraram insatisfeitos quanto às suas aulas de Física da graduação, principalmente a respeito do caráter metodológico das disciplinas. Para eles, o modo como a Física é ensinada está longe de ser agradável e interessante aos estudantes e, em alguns casos, a responsabilidade é atribuída ao professor, como podemos observar nas falas de E1 e E2.

E1: *Eu acho que a Física na graduação depende muito do professor, então a chave desse processo é o professor. Se o professor sabe lecionar, tem a vontade, ele faz uma total diferença na vida do profissional depois na indústria, porque é como o profissional adquiriu os conhecimentos durante a graduação.*

E2: *Não exatamente. É porque eu vejo assim [...] a Física é muito legal, mas depende muito do professor, então se o professor ele tem uma boa didática, ele é bom professor, ele sabe ensinar de uma forma atraente para o aluno, talvez não para todos, mas para a maioria.*

Outra crítica dos engenheiros foi o fato de a Física ensinada na graduação não apresentar conexão entre os conteúdos e a futura profissão, fator que gera desinteresse dos alunos tanto nas aulas de Física quanto nas aulas do núcleo básico em geral.

E4: *Eu acho que tanto Matemática quanto Física, quanto as próprias cadeiras da Elétrica deveriam estar ligadas com o dia a dia, com o que é factível, com a aplicação. É um gap muito grande que a gente tem na IES1.*

E5: *O que falta é aplicabilidade, principalmente nas matérias mais teóricas, acaba tirando a vontade do aluno.*

A partir das falas dos entrevistados, percebemos que, para os engenheiros, mais importante do que os conteúdos estudados na graduação é a forma como os conteúdos são abordados. Segundo os relatos dos profissionais, os conhecimentos aparentam não possuir aplicação e relação com sua futura profissão, além de não serem atrativos aos estudantes.

Ao enfatizar a questão dos conteúdos, cinco entrevistados (E1, E3, E4, E7 e E8) acreditam que não houve defasagens em relação aos conhecimentos, pois o curso propiciou uma base sólida para que, quando foi preciso, os profissionais pudessem buscar os conhecimentos necessários. O engenheiro E1, apesar de relatar que não houve defasagens, sugeriu que uma disciplina de Física a mais, que abordasse um pouco mais a fundo a Física do Estado Sólido, proporcionaria mais conhecimentos sobre essa área, podendo complementar e qualificar melhor a sua formação. O engenheiro E2, no entanto, sentiu falta de mais conhecimentos de Termodinâmica e Mecânica dos Fluidos, pois utiliza constantemente esses conteúdos em seu trabalho. Segundo ele, incorporar mais desses

conteúdos ao curso o tornaria mais difícil e desgastante, no entanto, prepararia melhor os egressos para quando precisassem desses conhecimentos. E5, de modo semelhante ao E2, sentiu defasagens em alguns conteúdos específicos à sua área de atuação hoje, “[...] uma Física do ponto de vista médico”. No entanto, não acredita que isso seja um grande problema, pois o curso, de modo geral, lhe ofereceu ferramentas para buscar sobre temas relacionados aos conteúdos específicos, além de que não é possível englobar todos os conteúdos que possam vir a ser úteis nas mais diversas áreas de atuação. Por fim, E6 foi o único entrevistado que revelou ter sentido defasagem em relação a algum tópico de FMC. Para o engenheiro, fez falta um estudo aprofundado sobre semicondutores.

Após esses relatos, foi pedido aos engenheiros que dessem sugestões para melhorias na Física que é ensinada nos cursos de Engenharia, tanto em relação aos conteúdos quanto em outros aspectos, como o caráter metodológico. Entre as respostas, destacamos novamente a questão da aplicação do conteúdo a situações reais da profissão, além da utilização de *softwares* onde há a necessidade de um maior formalismo matemático e de aulas laboratoriais com diferentes enfoques. O profissional E8, por exemplo, sugere que seria importante que os laboratórios estivessem relacionados à prática do futuro profissional e não a uma “[...] receita de bolo para se ver um pouquinho de como é na prática”. Outros engenheiros apresentam opiniões semelhantes, como podemos observar:

E2: *Eu acho que tem que ter dos dois (prática e teoria). Eu acho que a teoria sem a prática é muito vago. E na graduação a gente tem disciplinas de Física experimental que são legais, mas que são passadas de uma forma assim [...] é uma máquina de fazer trabalhos. Não prepara a pessoa para nada. É dada na segunda ou terceira fase da Engenharia de Produção Elétrica e a pessoa sai dali sabendo nada, só fazendo relatórios, eu vejo a maioria e talvez não é aproveitado como poderia.*

E4: *A Física experimental é uma piada. Tá, tem Física experimental, a gente aprende a fazer ensaios pra ver diferença espectral de*

determinado componente, mas o que eu vou usar disso no dia a dia de um engenheiro eletricista? Nada! Eu perdi um tempão vendo questões de lentes, espelhos e, enfim, aplicabilidade zero pra mim, entendeu? Não que não seja uma matéria importante, enfim, mas nada, nada.

A fala de E4 retrata a opinião de outros engenheiros, como E3, E6 e E7. Nesses casos, houve reclamação sobre a excessiva carga horária de Física na graduação, sendo que pouco desses conteúdos se utiliza no dia a dia da profissão. Conforme já relatamos ao longo do trabalho, o engenheiro, hoje, possui um leque muito grande de possibilidades de atuação no mercado, o que torna inviável englobar na formação desses profissionais apenas determinados conhecimentos. Não é possível prever em qual área o futuro engenheiro irá atuar; desse modo, compreendemos que a formação básica sólida e abrangente tem o papel de instrumentalizar esse profissional para as mais diversas atuações que ele possa vir a enfrentar. Concordamos, no entanto, que há a necessidade de cada vez mais refletir sobre o modo como a Física é ensinada e, principalmente, aproximar as pesquisas que já vêm sendo realizadas da sala de aula.

A Física na atuação do engenheiro

Na análise da presença da Física na atuação profissional dos engenheiros, detectamos que os conhecimentos da Física Clássica, como Eletromagnetismo e Termodinâmica, aparecem mais no cotidiano dos engenheiros do que os conhecimentos de FMC, conforme os extratos a seguir:

E2: *Bom, como eu trabalho num laboratório de elétrica, basicamente eletromecânica e eletrônica [...] então eletrônica básica, industrial, todos os tipos de eletrônica, boa parte de automação e refrigeração, um pouco de refrigeração. Assim, nada muito específico. Como a gente trabalha com desenvolvimento, pode ser qualquer coisa, em relação à elétrica, eletrônica e refrigeração.*

E4: *Na abordagem de problemas como maior eficiência do motor elétrico, na construção dele em si, a gente acaba entrando na questão de campo elétrico, na questão de diferença de potencial, nível de tensão, nível de corrente, fora isso assim, nada sabe? [...] Capacitância, indutância e tal, efeito capacitivo, efeito indutivo, mas é básico, muito básico.*

Como podemos observar, a Física Clássica aparece com maior ênfase nas respostas dos engenheiros. Os profissionais destacam que a Eletrônica Básica, Eletrotécnica, Eletromecânica e Termodinâmica são muito utilizadas em seu trabalho. Em relação ao momento em que utilizam esses conhecimentos, o engenheiro E2 relata que, ao desenvolver projetos de testes e de painéis, ele utiliza muito dos conhecimentos de Física aprendidos na graduação. Ou, ainda, ao realizar ensaios para avaliar as características como pressão, temperatura, características elétricas, para compreender como executar os ensaios, como coletar os dados e que acessórios precisará ter durante a medição, conforme relata E3.

Os profissionais E1, E3 e E6 foram os únicos que trouxeram elementos diferentes em sua fala, como a Física do Estado Sólido e a Física dos Semicondutores, ou seja, conhecimentos relacionados à FMC, como podemos observar na fala de E6: *“Parte de semicondutores, então, conceitos, funcionamento, as pesquisas em cima disso em si são o principal”*. Destacamos também as falas de E1 e E3.

E1: *Tudo ligado à Física do Estado Sólido. É, agora você me corrige se está correto determinar assim, mas existe a Física, vai lá, do estado gasoso e a Física do Estado Sólido [...] Para Engenharia de Materiais, que é uma engenharia mais nova [...] uma continuidade da Engenharia Mecânica [...] é Física do Estado Sólido, para Engenharia de Materiais ela é necessária.*

E3: *Sim. Com certeza os que eu mais utilizo, no meu caso, é a parte de eletrotécnica, de circuitos, né, parte de semicondutores um pouco, no momento não estou mais tão focado nessa área, estou mais na parte de*

motores, então, Eletromagnetismo e a parte de circuitos, e a Mecânica o tempo inteiro também é bastante utilizada, a parte Mecânica Clássica.

Conforme observamos, para E3, a parte de semicondutores também faz parte da sua área, mas não é seu foco nesse momento, ficando mais evidente a Física Clássica na sua atuação.

Sobre a importância dos conhecimentos FMC para a sua prática profissional apenas E1, E3 e E6 fizeram alguma menção relevante à Física do Estado Sólido e Semicondutores. Já E2 e E4 consideram que os conteúdos de FMC não se fazem presentes em suas práticas profissionais, conforme extratos a seguir:

E2: *Para o meu trabalho hoje não, essa parte de microeletrônica, não vou dizer microeletrônica, mas fundamentos, funcionamento de eletrônica [...] porque na [empresa] a gente trabalha mais com aplicação de componentes de eletrônicos. Então, hoje para mim não teria feito falta essa parte. O que mais falta pra gente talvez seja conhecimentos básicos de refrigeração mesmo, mais Termodinâmica, mais Mecânica dos Fluidos e bem a fundo nessa parte, enquanto a Física Moderna eu não sei.*

E4: *Não, não vejo importância para isso aí, tá. Por exemplo, digo que se eu não soubesse coisa alguma com relação à FMC isso não impactaria na minha atividade profissional hoje, nada. Entretanto, eu julgo que é extremamente importante, tá, mas mais pra conhecimento geral.*

As opiniões de E2 e E4 são corroboradas por E7 e E8, enquanto o profissional E5 sugere que a relação com a FMC depende muito do cargo ocupado pelo engenheiro em sua profissão. Segundo ele, quanto mais voltado para a área de desenvolvimento tecnológico, mais próximo poderá estar de conhecimentos de FMC. Não apenas na fala de E5 percebemos essa dependência do cargo ocupado com a necessidade de FMC. De modo geral, os entrevistados deixavam transparecer que a relação entre a FMC e a atuação dos engenheiros é algo “para poucos” profissionais, em especial para aqueles que trabalham com P&D.

O profissional E2 apresenta uma justificativa para o pouco aparecimento de FMC na formação e atuação do engenheiro. Segundo E2, no mercado de trabalho, hoje, há a necessidade de se trabalhar mais com o produto final, ou seja, com a aplicação da tecnologia, do que com o seu desenvolvimento propriamente dito. Ainda segundo E2, isso torna esses artefatos no que chamamos de tecnologia de “caixa preta”, ou seja, o profissional tem um bom conhecimento de como utilizá-la; no entanto, falta conhecimento profundo sobre seu funcionamento, além de subsídios formativos suficientes para desenvolver novas tecnologias. Como o mercado precisa de mais pessoas aptas a utilizá-las do que para desenvolvê-las, compreendemos que, como consequência, os conhecimentos necessários para esse desenvolvimento não são tão privilegiados na formação dos engenheiros.

O profissional E3 complementa em quais casos, na sua visão, esses conhecimentos são importantes, destacando que são para áreas mais específicas.

E3: *Eu enxergo que são mais para áreas específicas, assim, porque para algumas análises mais superficiais você não precisa saber tanto assim dessas áreas mais modernas, desses conhecimentos mais novos. Mas para quem desenvolve um circuito integrado, ou precisa avaliar algo mais a fundo na parte de controle que utiliza bastante dessa parte de semicondutores, daí com certeza precisa, é bastante importante. Mas eu vejo que é para áreas mais específicas.*

Para o engenheiro E2, falta mercado para se trabalhar com desenvolvimento de tecnologias, como as ligadas à FMC, o que leva muitos engenheiros a buscar isso fora do país.

E2: *[...] então, se você quiser trabalhar a fundo o desenvolvimento da Microeletrônica, processamento, dificilmente você vai conseguir uma empresa no Brasil. É difícil, por questões de impostos, tributação, importação de máquinas, incentivo para o desenvolvimento.*

Novamente, o profissional E2 menciona que o desenvolvimento de tecnologias, como

aquelas relacionadas à Microeletrônica, é realizado mais fortemente fora do país, por uma série de motivos citados por ele. Ou seja, parece não haver muito “espaço” para que isso ocorra no Brasil, sendo mais privilegiada a compra dessas tecnologias do que seu desenvolvimento. Esse cenário traz consequências para a formação de profissionais ligados às áreas científicas e tecnológicas, como os engenheiros.

O profissional E2 complementa ainda que, na sua opinião, não ter FMC nos cursos de Engenharia se dá por dois motivos: o primeiro deles é pela “comodidade”, ou seja, pela tradição da Física Clássica nos currículos; o segundo motivo é o que ele chama de ciclo: “[...]se não tem pessoas que têm esse conhecimento, a gente não usa, e se a gente não usa, nunca vão ter pessoas que têm esse conhecimento”.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao mesmo tempo em que a profissão de engenheiro mantém suas origens num profissional ligado à técnica, as grandes mudanças que as tecnologias trouxeram para o modo de viver das pessoas afetaram diretamente o modo de trabalho dos engenheiros nos últimos anos. Como consequência desse processo, espera-se um profissional apto a utilizar e desenvolver novas tecnologias, que consiga refletir sobre os impactos sociais, econômicos e ambientais desses desenvolvimentos; além de um profissional voltado para inovação, com bom relacionamento interpessoal, espírito empreendedor, que possua conhecimentos de administração e que seja flexível às mudanças do mercado.

A análise precedente mostrou que há grande insatisfação dos engenheiros em atuação na indústria em relação à Física ensinada no ciclo básico dos cursos (como distância entre a teoria e a realidade profissional, excessiva carga horária, evasão dos alunos etc), o que aponta para a necessidade de se refletir um pouco mais sobre o papel e o currículo dessa disciplina nos cursos de Engenharia e ampliar discussões sobre aspectos metodológicos.

Depreende-se das concepções examinadas alguns pontos-chave, os quais acreditamos apresentar influência sobre a relação da FMC na formação dos profissionais nas universidades com a prática da Engenharia:

1) **Perfil do profissional engenheiro:**

Cada vez mais o mercado busca um engenheiro com bom relacionamento interpessoal, boa comunicação e proativo. Um bom embasamento científico presente na sua formação é exigido, tanto em disciplinas básicas quanto em disciplinas profissionalizantes, no entanto, pode não ser o elemento decisivo. No momento da contratação pelo mercado de trabalho, uma formação sólida e extensa em disciplinas como Cálculo, Física e Química, por exemplo, compete lado a lado com outros quesitos desejáveis num engenheiro. A nosso ver, esse fator influencia na escolha dos conteúdos das disciplinas do ciclo básico, em particular a Física. Ele fortalece o apelo da tradição de ensino de Engenharia sobre a suficiência dos currículos, perpetuando o que já vem sendo proposto e mostra eficácia. Isto pode obstruir o fortalecimento da formação científica dos estudantes ou tolher a escolha, de acordo com as necessidades da profissão, de conteúdos da FMC no lugar de conteúdos de Física Clássica.

2) **Desenvolvimento de tecnologias:** Há algumas evidências da tradição brasileira de importar, adaptar ou recriar tecnologias, sendo menor a parcela de investimento para o desenvolvimento de produtos no país. Esse é outro fator, em nossa visão, que contribui para aparecimento tímido da FMC na estrutura curricular dos cursos de Engenharia. Aparentemente só há a necessidade desses saberes em algumas áreas, especialmente em P&D. Nas indústrias com setores de P&D, engenheiros com formação sólida em

FMC são bem-vindos; já para os demais casos não há tal prioridade.

- 3) **FMC na atuação dos engenheiros:** A FMC se faz pouco presente na atuação dos profissionais engenheiros participantes deste estudo. Em certo sentido, as evidências apontam que a FMC no setor industrial é algo promissor para o futuro, mas que não é realidade ainda na Engenharia do Brasil. De modo geral, “as perguntas dos engenheiros são outras”. Ou seja, há grande investimento intelectual em utilizar da melhor maneira possível determinada tecnologia ou como desenvolver outros produtos e inovações utilizando tecnologias já prontas. E é importante ressaltar que esses processos são tão vitais quanto o desenvolvimento de base em si. Todavia, consideramos promissor para o país a formação de profissionais para ambos os casos: desenvolvimento de base e utilização desse desenvolvimento.

Concluimos ressaltando que a reflexão acerca do perfil do engenheiro que se pretende formar e de como a FMC pode auxiliar nesse objetivo passa também por investimento na formação continuada desses profissionais. A graduação é apenas o início do processo de consolidação de saberes complexos, como os oriundos da FMC.

REFERÊNCIAS

- BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. V. **Introdução à Engenharia:** conceitos, ferramentas e comportamentos. Florianópolis: Editora UFSC, 2006.
- BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Resolução CNE/CES 11, de 11 de março de 2002. Diário Oficial da União, Brasília, 9 abr. 2002.
- MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência e Educação**. Bauru, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003.
- MORAES, R.; GALIAZZI, M, C. **Análise Textual Discursiva**. Ijuí: Unijuí, 2007.
- PÓVOA, J. M.; BENTO, P. E. G. O engenheiro, sua formação e o mundo do trabalho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, XXXIII, 2005, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: ABENGE, 2005.
- SILVEIRA, M. A. **A formação do engenheiro inovador:** uma visão internacional. PUC-Rio de Janeiro: PUC-RIO, 2005.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA - SBF. **Física para o Brasil: pensando o futuro**. São Paulo: livraria da Física, 2005.
- SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA – SBPC. **Ciência, Tecnologia e Inovação para um Brasil competitivo**. São Paulo: SBPC, 2011.

DADOS DOS AUTORES



Ana Paula Grimes de Souza – Licenciada em Física pela Universidade do Estado de Santa Catarina (2011) e Mestre em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2014). É professora do Centro Universitário Tupy – UNISOCIESC e professora da Rede Estadual de Ensino de Santa Catarina.



José Francisco Custódio – Licenciado em Física (1999), Mestre em Educação (2002) e Doutor em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2007). É professor Adjunto do Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina, Subcoordenador do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica e Coeditor da Revista Alexandria (UFSC). Tem experiência na área de Educação, atuando principalmente nos seguintes temas: Explicações, Modelos, Motivação para aprender e Sentimento de Realidade.



Mikael Frank Rezende Junior - Licenciado em Física (1998), Mestre em Ensino de Ciências e Doutor em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2006). É professor associado da Universidade Federal de Itajubá - MG e colaborador no Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da UFSC. Tem experiência na área de Educação em Ciências e Tecnologias, com ênfase em Ensino de Física e Engenharia, atuando principalmente no tema: Introdução de Física Moderna e Contemporânea.