

Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF

Faculdade de Engenharia

**Reflexões sobre a Prática Tutorial na Educação em
Engenharia**

Professor Francisco José Gomes

Outubro de 2015

O presente trabalho foi escrito com o propósito de atender aos requisitos da Regulamentação Normativa para Promoção à Classe – E da Carreira Docente do Magistério Superior (Professor Titular), conforme estabelecido na RESOLUÇÃO 05/2014 do Conselho Superior da UFJF e regulamentada pela RESOLUÇÃO Nº 06/2014 do Conselho de Unidade da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora.

Dedico este trabalho a todos os alunos que integraram o Programa de Educação Tutorial - PET da Engenharia Elétrica, onde aprendemos a construir, juntos, um árduo, mas gratificante, aprendizado sobre o significado real da palavra EDUCAR!

Sumário

1.	Contextualização	
1.1	Introdução	09
1.2	Experiência Profissional	09
1.3	O Programa de Educação Tutorial - PET Engenharia Elétrica	11
1.4	Proposta do Trabalho	13
2.	Perfil Profissional do Engenheiro: História e Dinâmica	
2.1	Engenharia: Visão Histórica	16
2.2	Os novos Paradigmas e seu impacto na Engenharia	19
2.3	Conclusões	23
3.	Programas Institucionais para a Engenharia	
3.1	Introdução	24
3.2	As Coalizões para Educação em Engenharia	24
3.3	Os Engineering Criteria 2000 - EC 2000	26
3.4	Acordos Internacionais: Washington, Sydney e Dublin	27
3.5	Projeto Engenheiro 2020 - <i>"The Engineer of 2020"</i>	28
3.6	Declaração de Bolonha – Espaço Europeu Universitário Comum	29
3.7	Acreditação dos Cursos de Engenharia na Europa	30
3.8	O Relatório da UNESCO	31
3.9	Educação em Engenharia no Sistema Iberoamericano - ASIBEI	33
3.10	Educação em Engenharia no Brasil	34
3.10.1	Movimentos Institucionais: o Prodenge e o Reenge	34
3.10.2	Diretrizes Curriculares: CNE/CES 11 2002	36
3.10.3	O INOVA Engenharia	39
3.11	Conclusões	41
4.	Alteração de Paradigmas e Novo Perfil Profissional	
4.1	Introdução	43
4.2	Componentes do Perfil Profissional: Conhecimento	46
4.3	Componentes do Perfil Profissional: Competências	46
4.4	Componentes do Perfil Profissional: Atitudes e Valores	49
4.5	Conclusões	51
5.	Paradigmas da Relação Ensino - Aprendizagem	
5.1	Introdução	52
5.2	Concepções Psicológicas do Aprender e do Ensinar	53
5.3	Concepção Objetivista	54
5.4	Concepção Subjetivista	55
5.5	Concepção Cognitivista	56
5.6	Concepção Sócio Histórica	57
5.7	Concepção Sócio Histórica: a Zona de Desenvolvimento Proximal	60
5.8	Conclusões	65
6	Estratégias Pedagógicas de Aprendizagem Ativa	
6.1	Introdução	66
6.2	Cognição e Aprendizagem Indutiva	68
6.3	Aprendizagem Ativa	70

6.3.1	Aprendizagem Colaborativa	71
6.3.2	Aprendizagem Cooperativa	71
6.3.3	Aprendizagem Baseada em Problemas - PBL	73
6.3.4	Aprendizagem Baseada em Projetos - PjBL	75
6.4	Aprendizagem Ativa na Engenharia: PBL ou PjBL?	78
6.5	Conclusões	85
7	Proposta de Trabalho: Bases Conceituais	
7.1	Introdução	86
7.2	Taxonomia de Bloom	86
7.3	Alinhamento Construtivo de Biggs	92
7.4	Dimensões do Conhecimento e Metacognição	99
7.5	Desenvolvimento Cognitivo: o Modelo de Perry	101
7.6	Conclusões	109
8	Proposta de Trabalho: Resultados	
8.1	Introdução	110
8.2	Resultados de Projetos e Avaliação Geral	117
8.2.1	Resultados do Projeto <i>Laboratório Casa Sustentável</i>	119
8.2.2	Resultados para o Projeto <i>Heliodon</i>	127
8.2.3	Resultados para o Projeto <i>Calouro Web 2.0</i>	134
8.2.4	Resultados para o Projeto <i>Engenharia nas Escolas</i>	141
8.3	Avaliação das Atividades desenvolvidas no PET- Elétrica	148
8.4	Conclusões	158
9	Conclusões Finais	
9.1	Introdução	159
9.2	Discussão dos Resultados	161
9.3	Sugestões de Continuidade	166
10.	Referências Bibliográficas	170
11.	Anexos	
1	Formulário de Acompanhamento de Projetos	188
2	Formulário de Avaliação e Autoavaliação	189
3	Formulário de Competências	190
04	Trabalhos publicados sobre Educação em Engenharia	191

Lista de Figuras

	Pag.
Figura 01	61
Figura 02	62
Figura 03	67
Figura 04	74
Figura 05	81
Figura 06	83
Figura 07	90
Figura 08	95
Figura 09	102
Figura 10	119
Figura 11	120
Figura 12	124
Figura 13	125
Figura 14	126
Figura 15	127
Figura 16	129
Figura 17	130
Figura 18	131
Figura 19	132
Figura 20	133
Figura 21	134
Figura 22	135
Figura 23	136
Figura 24	137
Figura 25	138
Figura 26	140
Figura 27	142
Figura 28	143
Figura 29	144
Figura 30	145
Figura 31	146
Figura 32	146
Figura 33	147
Figura 34	150
Figura 35	151

Figura 36	Trabalho em equipe e importância no perfil profissional - Atividades do PET	152
Figura 37	Conflitos no trabalho em equipe e proatividade -Atividades do PET	154
Figura 38	Capacidade de comunicação e sua importância no perfil profissional - Atividades do PET	156
Figura 39	Capacidade de avaliação e autoavaliação e sua importância no perfil profissional - Atividades do PET	157

Lista de Tabelas

		Pag.
Tabela 01	Tabela 01 – Resoluções CFE 48/76 e CNE/CES 11/2002	37
Tabela 02	Tabela 02 - Perspectivas Psicológicas	57
Tabela 03	Tabela 03 - Utilização da ZDP	64
Tabela 04	Tabela 04- Posturas Indutivas e Atividades Possíveis	68
Tabela 05	Tabela 05: PBL da University of Maastrich	74
Tabela 06	Tabela 06: Comparativos PjBL x PBL	84
Tabela 07	Tabela 07: Verbos da Taxonomia de Bloom	88
Tabela 08	Tabela 09 - Dimensões do Conhecimento	90
Tabela 09	Tabela 09 - Impactos Esperados de Aprendizagem	91
Tabela 10	Tabela 10 - IEAs na visão do Alinhamento Construtivo	98
Tabela 11	Tabela 11- Níveis de Perry - Exemplo ilustrativo	106

Abreviaturas e Siglas

ABCE	Associação Brasileira dos Consultores em Engenharia
ABENGE	Associação Brasileira de Educação em Engenharia
ABET	U. S. Accreditation Board for Engineering and Technology
ABIPTI	Associação Brasileira dos Institutos de Pesquisa Tecnológica Industrial
AEAs	Atividades de Ensino-Aprendizagem
ANE	Academia Brasileira do Ensino de Engenharia
ANPEI	Associação Nacional de Pesquisa em Empresas Industriais
ANPROTEC	Associação Nacional das Entidades Promotoras de Empreendimentos emTecnologia
ASEE	American Society for Engineering Education
ASIBEI	Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería
BIE	Buck Institute for Education
CAETS	International Council of Academies of Engineering and Technological Sciences
Capes	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CES	Câmara de Educação Superior
CETEC	Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais
CFE	Conselho Federal de Educação
CNE	Conselho Nacional de Educação
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
DPC	Desenvolvimento Profissional Contínuo
EC2000	Engineering Criteria 2000
ECO	Educação Continuada
ECOS	Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade
ENAAE	European Network for Engineering Accreditation
ESOEPE	European Standing Observatory for the Engineering Profession and Education

EUR-ACE®	EUROpean ACcredited Engineer
FEBRAE	Federação Brasileira das Associações de Engenheiros -
FIDIC	International Federation of Consulting Engineers
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FOSS	Free and Open-Source Software
HIL	Hardware in the Loop
IEAs	Impactos Esperados da Aprendizagem
IEL	Instituto Euvaldo Lodi
IES	Instituição de Ensino Superior
KIBS	Knowledge-intensive Business Services
LCS	Laboratório Casa Sustentável
LDB	Leis de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MEC	Ministério da Educação
NAE	National Academy of Engineering
NRC	National Research Council
NSF	National Science Foundation
Nuclebrás	Empresas Nucleares Brasileiras
NucLen	Nuclebrás Engenharia
OMC	Organização Mundial do Comércio
OPC	Object Linking and Embedding for Process Control
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento -
PBL	Aprendizagem Baseada em Problemas
PET	Programa de Educação Tutorial
PjBL.	Aprendizagem Baseada em Projetos
PRODENGE	Programa de Desenvolvimento das Engenharias
RECOPE.	Redes Cooperativas de Pesquisa
REENGE	Reengenharia do Ensino de Engenharia
REUNI	Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Univ. Federais
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SESU/MEC	Secretaria de Educação Superior do MEC
SOLO	Structure of the Observed Learning Outcome
TAs	Tarefas Avaliativas
TICs	Tecnologias de Informação e Comunicação
TNS	The Natural Step
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura.
WFE0	World Federation of Engineering Organizations
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal
ZDR	Zona de Desenvolvimento Real

1. Contextualização Necessária

1.1. Introdução

Contrariando diretrizes majoritárias atualmente vigentes na academia, este é um trabalho sobre graduação, mais especificamente graduação em engenharia. A escolha do tema, há que se dizer, não é aleatória ou fortuita mas, pelo menos para o autor, ancora-se em justificativas sólidas, haja vista representar reflexões sobre duas décadas e meia de educação tutorial para a formação em engenharia.

Dois fatores, principalmente, determinaram a trajetória acadêmica do autor e a priorização da graduação: sua experiência profissional anterior como engenheiro de projetos e desenvolvimento, ao chegar à universidade, e a existência, no curso de Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia da UFJF, também por iniciativa do autor, do Programa de Educação Tutorial - PET, vinculado ao MEC.

Esclareça-se que estas posturas, de forma alguma, representam atitude de confronto com os valores majoritários na academia, que englobam o tripé ensino-pesquisa-extensão, e onde pesquisa e pós-graduação assumem ponderações mais destacadas. Buscando posição de equilíbrio, o autor participou ativamente destas atividades, coordenando projetos de pesquisa, lecionando e orientando trabalhos na pós-graduação e integrando bancas de avaliação de dissertações de mestrado e teses de doutorado durante sua carreira acadêmica. Mas, consciente que "*cada um sabe a dor e a delícia de ser o que é*", priorizou a graduação!

Analisar-se-á, brevemente, os fatores mencionados.

1.2. Experiência profissional

Graduando-se em Engenharia Elétrica pela Faculdade de Engenharia da UFJF, em 1974, o autor ingressa, por processo seletivo, no *Curso de Formação das Empresas Nucleares Brasileiras - Nuclebrás*-, formando competências na área nuclear e iniciando carreira profissional como Engenheiro de Projetos na *Nuclen - Nuclebrás Engenharia*, responsável pelo projeto e construção das Centrais Nucleares Angra 2 e Angra 3, e onde permaneceu até meados de 1977. Passa então, por convite, a integrar os quadros da *Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC*, em Belo Horizonte, planejada como um centro de desenvolvimento tecnológico para o estado de Minas Gerais, integrando seus quadros até o final de 1989, quando então, por concurso público, se vincula à Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF.

Foram acumuladas, nestes 15 anos, experiências que impactaram, e direcionaram, o perfil profissional do autor e sua carreira acadêmica, que então se iniciava. Destacam-se os principais aspectos durante a permanência na *Nuclen Engenharia*:

- construção de conhecimentos diferenciados, reforçando visão multidisciplinar, dentre os quais garantia da qualidade ("*Quality Assurance*"), segurança industrial, impactos ambientais dos empreendimentos e riscos radiológicos, totalmente ausentes, à época, dos currículos da Engenharia Elétrica;
- integrante efetivo de equipe internacional de projetos, com engenheiros alemães da *Siemens Kraftwerk Union*, para elaboração do projeto da Central Nuclear Angra 2; esta participação, para um engenheiro com apenas 02 anos de graduação, contribuiu para forte amadurecimento profissional e pessoal;
- condução de estudos técnicos visando substituir, na Central Nuclear Angra 2, os equipamentos originais, alemães, por nacionais, despertando o interesse para o desenvolvimento tecnológico e a situação da indústria nacional de equipamentos.

Como Engenheiro de Desenvolvimento, na *CETEC-BH*, integrou as equipes responsáveis pelo desenvolvimento dos projetos:

- "*Amostrador de Grandes Volumes de Ar*", para determinação da quantidade de partículas em suspensão na atmosfera; a tecnologia foi repassada à indústria e gerou patente para a *CETEC*;
- "*Ocorrências de Quartzo Grau Eletrônico em MG*", para selecionar fontes tecnicamente confiáveis de quartzo grau eletrônico, utilizado como material base para o "*cultured quartz*";
- "*Tecnologia do Quartzo Cultivado*", para desenvolvimento tecnológico da unidade experimental de obtenção de quartzo cultivado grau eletrônico ("*cultured quartz*");
- "*Planta Piloto de Quartzo Cultivado*", para produção de quartzo cultivado grau eletrônico ("*cultured quartz*") para a indústria eletrônica;
- "*Planta Piloto de Vidro Ótico*", para transferência, absorção da tecnologia e montagem, no Brasil, de Unidade Piloto para Produção de Vidro Ótico, em colaboração com a Carl Zeiss, Jena, Alemanha;

Na gestão tecnológica atuou como Coordenador dos seguintes projetos:

- “*Tecnologia Industrial dos Clorosilanos*” com desenvolvimento de unidade pre-piloto de produção e purificação de clorosilanos visando obtenção do silício policristalino de grau eletrônico para a indústria de semicondutores;
- “*Viabilidade Técnica para Implantação de Unidade Industrial de Produção de Silício Policristalino de Grau Eletrônico*”, estabelecendo condições de mudança de escala para a Unidade Piloto de produção de silício policristalino de grau eletrônico;
- *Missões Tecnológicas* à unidade industrial de silício monocristalino de grau eletrônico em Tarnow, na Polônia, à unidade de vidro ótico da Carl Zeiss, em Jena, Alemanha, e à unidade de silício monocristalino da Wacker Chemie AG, em Burghausen, Alemanha, estabelecendo bases para colaboração tecnológica;
- *Chefe do Setor de Informática da CETEC*, responsável pelo suporte ao desenvolvimento dos projetos e manutenção dos equipamentos da instituição.

Estes trabalhos reforçaram conhecimentos, competências e atitudes profissionais associadas ao perfil profissional do engenheiro, fundamentais para estabelecer visões, prioridades e ações na futura vida acadêmica, que então se iniciava:

- trabalho em equipes multidisciplinares, na *Nuclen* e na *CETEC*; adotava-se, nesta última, estrutura matricial possibilitando, por vezes, que um profissional coordenasse o trabalho de um engenheiro em um projeto e que, em outro, talvez simultâneo, este mesmo engenheiro atuasse como seu coordenador;
- experiência concreta com o desenvolvimento tecnológico e a inovação, fortalecendo percepção de suas dificuldades e complexidades e a importância da gestão adequada de recursos, materiais e humanos, para se alcançar os objetivos;
- fortalecimento da capacidade de aprendizagem contínua e de gerenciamento do novo e do inesperado, considerando a demanda constante e situações imprevistas, comuns em projetos de desenvolvimento e inovação, como na *CETEC*.

Discutir-se-á agora o Programa de Educação Tutorial - PET.

1.3. O Programa de Educação Tutorial - PET Engenharia Elétrica

Em meados de 1991, iniciando suas atividades na UFJF, o autor submeteu proposta a um edital Capes para o então “*Programa Especial de Treinamento – PET*”, que foi aprovada e permitiu a implantação pioneira do programa na UFJF, permanecendo sob sua responsabilidade nos últimos 25 anos.

O *Programa Especial de Treinamento – PET*, criado em 1979, esteve, durante 20 anos, sob acompanhamento e avaliação da Capes e, a partir de 2000, vinculou-se à *Secretaria de Educação Superior – SESu/MEC*, transformando-se em *Programa de Educação Tutorial*, mas mantendo a sigla PET. Destina-se a grupos de alunos que demonstrem potencial, interesse e habilidades destacadas em cursos de graduação das *Instituições Superiores de Ensino – IES*. O apoio ao curso é por período indeterminado e, ao bolsista, até a conclusão da graduação, obedecendo as normas do Programa. O PET estrutura-se em grupos tutoriais de aprendizagem e tem por objetivo propiciar aos alunos, sob a orientação de um professor tutor, condições para realização de atividades extracurriculares, que complementem sua formação acadêmica, atendendo às necessidades do curso de graduação e/ou ampliar e aprofundar objetivos e conteúdos programáticos que integram a grade curricular, orientados pela indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão [1].

Os objetivos do PET, à medida que passou da Capes para o MEC, foram ligeiramente alterados, e hoje colocam-se como:

- I - desenvolver atividades acadêmicas em padrões de qualidade de excelência, mediante grupos de aprendizagem tutorial de natureza coletiva e interdisciplinar;
- II - contribuir para elevar a qualidade da formação acadêmica da graduação;
- III - estimular a formação de profissionais e docentes de elevada qualificação técnica, científica, tecnológica e acadêmica;
- IV - formular novas estratégias de desenvolvimento e modernização do ensino superior no país;
- V - estimular o espírito crítico, bem como a atuação profissional pautada pela cidadania e pela função social da educação superior;
- VI - introduzir novas práticas pedagógicas na graduação;
- VII - contribuir para a consolidação e difusão da educação tutorial como prática de formação na graduação;
- VIII - contribuir com a política de diversidade na instituição de ensino superior-IES, por meio de ações afirmativas em defesa da equidade socioeconômica, étnico-racial e de gênero" [1].

A assunção de um programa de graduação que busca "*desenvolver atividades acadêmica em padrões de qualidade de excelência*" coloca, *de per si*, questões cujas respostas, e soluções práticas, não são triviais:

- inicialmente, há que se estabelecer, clara e objetivamente, o que são *padrões de qualidade de excelência* para o ensino na graduação;
- há que se definir, ademais, quais são estes padrões para a formação e perfis profissionais em Engenharia Elétrica, curso ao qual o Programa se vincula;

- há que se determinar, então, que *atividades e ações concretas* podem conduzir a formação profissional dos estudantes em direção aos objetivos desejados;
- torna-se necessário particularizar ações e atividades para um trabalho tutorial, em grupos de 12 a 18 alunos, como determinado pelo *Programa PET*;
- e, finalmente, selecionar procedimentos de avaliação do trabalho realizado, verificando se os objetivos pretendidos estão sendo alcançados.

Para responder a estas questões, é necessário esclarecer pontos preliminares:

- quais são as necessidades colocadas, atualmente, para o perfil profissional do engenheiro, considerando os "*hard skills*" e os "*soft skills*", de forma geral, e para o engenheiro eletricitista, em particular;
- como estes perfis estão se alterando, dentro de uma visão socio-histórica;
- de que forma as necessidades detectadas podem ser satisfeitas, a partir das ações desenvolvidas em atividades tutoriais.

As razões, e principalmente as ações, como Tutor do PET - Elétrica, para tentar responder a estes questionamentos, serão discutidas na próxima seção.

1.4. Proposta do Trabalho

A efetividade da educação discursiva, tradicional, centrada no professor, para equipar os estudantes com conhecimento factual e competência para solução de problemas é ponto controverso na literatura, mas não pairam dúvidas que ela é comprovadamente inadequada para desenvolver atributos como valores éticos, capacidade de comunicação, gerenciamento de conflitos, trabalho em equipe, capacidade de avaliação e autoavaliação e percepção dos impactos sociais, culturais e ambientais do trabalho profissional [13, 21, 54, 55, 56], quesitos estes que ocupam lugar de destaque no perfil profissional do engenheiro, na atualidade.

Apresenta-se, a título de ilustração¹, as colocações no Sumário do Painel de Indústrias [7] onde os atributos, habilidades e conhecimentos da força de trabalho em engenharia foram destacados: conhecimentos em ciência e engenharia/tecnologia básicas, mas sabendo como pensar; uso de ferramentas da engenharia; compreensão de sistemas, experiência de projetos completos e do ciclo de desenvolvimento de produtos; criativo e inovador, aceitando desafios, cheio de

¹ Este tema será discutido com maior profundidade nos Capítulos 02 e 03

recursos, empreendedor; multicultural; multidisciplinar, com conhecimento das tendências e possibilidades sociais, comerciais, econômicas e ambientais; inteligência emocional; trabalho em equipe, colaboração, trabalho em rede, adaptável, aberto; velocidade e agilidade; integridade; avaliável (*accountable*); autocrítico e com responsabilidade social.

Complementando, vejam-se as colocações de Kelley [190] - da conceituada *Carnegie Mellon University* - para as características de um "*Star Engineer*": desenvolver iniciativas acima, e além, das descrições funcionais, preenchendo lacunas da equipe, beneficiando colegas e clientes; construir, manter e operar redes informativas de especialistas, compartilhando conhecimentos para benefício mútuo; ultrapassar o próprio ponto de vista, pesquisando as diferentes perspectivas envolvidas (colegas, clientes, fornecedores, usuários, etc.); contribuir para a dinâmica da equipe, negociando conflitos, ajudando os demais a solucionar problemas, entendendo a legitimidade de interesses contraditórios; liderar, considerando as necessidades, habilidades, aspirações e capacidade de trabalho dos outros membros da equipe, perguntando primeiro, nunca supondo conhecer tudo sobre os outros e selecionar a mensagem correta para uma audiência específica, ou a audiência correta para uma mensagem específica.

Estas colocações remetem à seção anterior, onde questionou-se que procedimentos, metodologias e visões pedagógicas devem ser utilizadas, ultrapassando as posturas expositivas, e conduzindo à formação de perfis profissionais como os retro descritos.

Este é o objetivo central do trabalho: serão colocadas, para reflexão e discussão, as visões, diretrizes e procedimentos utilizados na tutoria do PET- Elétrica ao longo dos últimos anos, bem como alguns resultados que possibilitam uma análise crítica e, onde cabível, correção de rumos. Deseja-se verificar até que ponto as posturas adotadas estão reforçando e/ou desenvolvendo estas novas competências e atitudes, não trabalhadas nas práticas expositivas e currículos tradicionais, onde não são contempladas. Em nossa visão, a partir os resultados das avaliações obtidas junto aos petianos e egresso, os objetivos pretendidos estão sendo atingidos, ainda que de forma parcial.

Considerações necessárias: a trajetória como Tutor constituiu, para o autor, longo aprendizado sobre educação em engenharia, parcialmente de forma autodidata e, parcialmente, pelo contato com outros, poucos, professores interessados no tema. Destaca-se, principalmente, a contribuição da experiência de gestão e convivência com o grupo tutorial e, principalmente, incorporação das visões e percepções dos alunos. Assim, a tutoria, e condução do grupo, vivenciaram momentos distintos, acompanhando a solidificação das visões, percepções e aprendizagem do tutor

sobre educação em engenharia, escorando-se em conceitos e posturas pedagógicas mais consistentes, e como implementá-las. Em seus anos iniciais, a condução do PET adotou postura tecnicista [2] privilegiando uma sólida base de conhecimentos técnicos ("*hard skills*") e atividades "*hands-on*", como o desenvolvimento de módulos laboratoriais e ambientes computacionais didáticos. Evoluindo a visão do tutor sobre educação em engenharia, as propostas, ainda eivadas de tecnicismos, já se inseriam em uma formação mais ampla e buscavam sanar deficiências detectadas no currículo e nas atividades da graduação[3,4]; o fortalecimento das bases conceituais conduziu à situação atual, onde privilegia-se tanto os conhecimentos técnicos ("*hard skills*") como as competências, atitudes e valores ("*soft skills*"), consonante com as diretrizes atualmente vigentes para a educação em engenharia, em nível mundial².

Respostas às questões anteriormente colocadas sobre procedimentos e posturas na condução do PET - Elétrica remetem, inicialmente, à uma visão histórica do desenvolvimento da engenharia, com reflexos nas necessidades colocadas para o perfil profissional do engenheiro, e nas respostas adotadas, tema abordado no "Capítulo 2 - Perfil Profissional do Engenheiro: História e Dinâmica". O "Capítulo 3 - Programas Institucionais para a Educação em Engenharia", na sequência, concentra-se nos movimentos e programas, na virada do século, que inovaram na educação em engenharia, adequando-a às demandas colocadas pela sociedade, redefinindo paradigmas e um novo perfil profissional, que será discutido no "Capítulo 4 - Alteração de Paradigmas e Novo Perfil Profissional".

Os paradigmas da relação ensino-aprendizagem, e visões pedagógicas subjacentes, que subsidiam estratégias para a educação, são abordados no "Capítulo 5 - Paradigmas da Relação Ensino-Aprendizagem" enquanto as novas posturas pedagógicas, que materializam em ações educativas estes paradigmas são discutidas no "Capítulo 6 - Estratégias Pedagógicas de Aprendizagem Ativa".

A seleção, escolha, formas de aplicação e de avaliação das atividades, ações e projetos à realidade do PET - Elétrica é abordada no "Capítulo 7 - Proposta de Trabalho: Bases Conceituais" enquanto sua avaliação é apresentada no "Capítulo 8 - Proposta de Trabalho: Resultados ". O capítulo 9 efetua uma análise e discussão dos resultados bem como reflexões e sugestões para condução futura do Programa de Educação Tutorial - PET Elétrica do curso de Engenharia Elétrica da UFJF.

² Ver Capítulos 2 e 3

2. Perfil Profissional do Engenheiro: História e Dinâmica

2.1. Engenharia: Visão Histórica

A engenharia, em sentido amplo, associa-se, historicamente, aos ciclos econômicos da humanidade e, diretamente, aos processos produtivos e sistemas tecnológicos deles integrantes. “*Engenheiro*”, etimologicamente, remete ao termo latino “*ingeniator*”, com a idéia de *engenhoso, genial, criativo* para conceber e idealizar propostas construtivas. Esta visão advém do fato que engenheiros, via de regra, aplicam os princípios da ciência e matemática para desenvolver soluções econômicas para problemas técnicos; conectam descobertas científicas às aplicações comerciais respondendo às necessidades da sociedade [5].

Engenheiros são fundamentais ao desenvolvimento tecnológico, ligando-se à melhoria contínua de produtos e da produção, à gestão do processo produtivo e às atividades de inovação, pesquisa e desenvolvimento - *P&D* das empresas. Cite-se o perfil da mão-de-obra empregada em atividades de *P&D*, nos EUA, onde os engenheiros constituem o grupo mais relevante, com 36% do total. Ainda nos EUA, 46% dos indivíduos com formação superior em ciências e engenharia, e que trabalham em sua área de formação, são engenheiros; esse percentual é 41% para os que possuem nível de mestrado e 19% quando a titulação é de doutorado [6].

Fortemente interligados ao contexto social e econômico, os engenheiros não só influenciam fundamentalmente sua transformação, mas recebem, de forma direta, influências destas alterações, quer como profissionais, quer como seres humanos. Aspecto de maior destaque, no momento, é que este contexto social e econômico, *locus* de atuação dos engenheiros, vem se alterando radicalmente desde a criação dos cursos destinados à sua formação, em finais do século XVIII; adicionalmente, seu trabalho vem acelerando e aprofundando estas mudanças, se considerados os últimos decênios do século XX e o início do século XXI [7].

Esta dinâmica, iniciada no século XVIII, e que prossegue de forma acelerada, é analisada em Scarvada [8]: “A Revolução Industrial, iniciada na Inglaterra do século XVIII, mudou definitivamente os mecanismos de uso do conhecimento técnico e científico. As sociedades passaram, desde então, de agrárias e artesanais a industriais, com manufaturas mecanizadas. Essas mudanças tiveram profundas conseqüências na vida dos homens e a extensão dos câmbios pode ser avaliada pelo aparecimento das fábricas, transformação da agricultura em atividade industrial e uso econômico do conhecimento ainda que, de início, de forma empírica”. Scarvada [8] observa que estes avanços seguem uma dinâmica contínua

e sequencial e, dentro da visão dialética que mudanças quantitativas induzem mudanças qualitativas, observa-se, em finais do século XIX, novas características, da denominada Segunda Revolução Industrial:

- descentralização da fonte de energia mecânica, pela maior mobilidade do motor a combustão interna, se comparado ao motor a vapor;
- estabelecimento de processos de produção em massa, com o fordismo;
- produtos com baixos custos, acessíveis aos empregados da indústria;
- início da automação e do fluxo automático de materiais e informação;
- desenvolvimento da indústria química;
- uso das ciências para criar conhecimento;
- exigência de maior nível de habilidades e compreensão do processo produtivo, impondo maior qualidade e universalização da escola elementar.

“Evidenciou-se, neste segundo momento, uma descentralização irreversível. A engenharia apoiou-se na ciência e Taylor, ainda que com visão mecanicista, deu à administração caráter científico. Questões sociais associadas à massa assalariada foram levantadas quando Ford percebeu que somente poderia dar vazão ao imenso aumento de produtividade de suas linhas de montagem se estendesse o mercado consumidor aos empregados de suas próprias fábricas” [8].

Esta alteração de paradigmas, demandando quase dois séculos para se consolidar, está recrudescendo nas últimas décadas, com maior velocidade de ocorrência e efeitos impactantes ainda mais drásticos, levando à *“Terceira Revolução Industrial”*. Seus componentes são bem conhecidos [7,9]:

- descentralização da “inteligência”, viabilizada pela evolução ininterrupta das *Tecnologias de Informação e Comunicação - TICs*;
- redução constante do valor intrínseco das matérias primas e *commodities*;
- intensificação da modularização e padronização, gerando estratégias empresariais dominantes e onipresentes, como *“offshoring”*, *“outsourcing”* e *“insourcing”*;
- fortalecimento da automação sistemática, permitindo operações mais acuradas, rápidas e econômicas que as realizadas por seres humanos;
- uso da criatividade humana como uma ferramenta e um importante aspecto da vida profissional;
- valorização da inovação, associada não somente às grandes indústrias, mas também a pequenos negócios da sociedade de serviços;
- maior alcance social da educação superior e difusão “capilar” da aplicação dos resultados da pesquisa e do conhecimento na inovação, nem sempre associada à grandes investimentos de capital.

Este conjunto de ações resultou na denominada “*Tripla Convergência*”, estabelecendo as bases de uma nova plataforma global. Friedman [9] relaciona os três componentes que se completam na *Tripla Convergência*:

- Criação de plataforma global, totalmente nova, viabilizada pela Web, que possibilita formas múltiplas de colaboração, permitindo que indivíduos, grupos, empresas e universidades, em qualquer lugar do mundo, colaborem com objetivos de inovação, produção, educação, pesquisa, divertimento, como nenhuma plataforma criativa permitira antes;
- Surgimento de uma massa crítica de gerentes, inovadores, consultores empresariais, escolas de administração, designer, especialistas em TI, dirigentes e profissionais capazes de desenvolver colaboração horizontal, processos de criação de valor e hábitos nas práticas empresariais para explorar as novas condições produtivas existentes: o “*mundo plano*”;
- Acesso irrestrito às novas ferramentas colaborativas disponíveis e a possibilidade de acessar, pela Web, bilhões de páginas de dados brutos, permitindo uma geração de inovações provinda da comunidade global.

A *Tripla Convergência*, resultante dos novos paradigmas e procedimentos que passaram a integrar o cotidiano e a re-estruturar a base produtiva, os mundos acadêmico e empresarial, e os procedimentos em geral, impactou, também, e de forma profunda, as engenharias e o perfil de seus profissionais.

A situação é muito bem colocada por Silveira [7]: “As novas tecnologias, como a pesquisa operacional, informática, telecomunicações e biotecnologias, não só originaram novas ferramentas, exigindo [...] formação complementar, mas alteraram profundamente os processos de trabalho e suas representações. Novas questões passaram a afetar esta atuação, como as relacionadas aos impactos ambientais e sociais das atividades produtivas, criando novos problemas e novas áreas de trabalho – e novas regulamentações a serem consideradas - ou construídas. O mercado de trabalho estendeu-se para o setor de serviços – seja porque este foi trazido para dentro do planejamento da produção pela busca da “qualidade total”, uso intensivo das redes de telecomunicação, informática, modularização e terceirização de parte dos sistemas de gerenciamento e produção, seja porque os serviços, em geral, estão cada vez mais dependentes da capacidade de formalização e organização próprias à engenharia.”

A sociedade - e o meio acadêmico - reagiram ativamente, com intensidades e formas variadas, às demandas colocadas para as engenharias [10]. Aparecem novos cursos, habilitações, modalidades e especializações, além da necessidade de contínua adaptação dos já existentes. As questões que devem ser colocadas – e respondidas – diante da criação ou mudança de cursos de engenharia passaram a

ser repetidas ou recolocadas com frequência, exigindo metodologias mais sistemáticas para sua abordagem e, quando necessário, alterações.

Questões envolvendo a formação destes novos perfis profissionais da engenharia podem ser colocadas [7]: Quais os perfis de formação melhor indicados para a situação atual? Como escolhê-los, diante das diferentes visões de futuro encontradas na academia e na sociedade, representando os mais diversos interesses? Como considerar a situação local de cada escola e as mutações do mercado de trabalho? Como desenvolver currículos e estratégias didáticas frente às novas necessidades e aos novos e variados perfis de formação? Dado que a capacidade de produzir inovações tecnológicas e transformá-las em produtos tornou-se um dos principais ativos econômicos, como preparar os engenheiros para esta nova missão? Como avaliar os resultados obtidos e informar à sociedade o que está, de fato, lhe está sendo oferecido?

As respostas não primam pela simplicidade, e menos ainda, pelo consenso, ocorrendo, atualmente, em âmbito global, uma miríade de discussões, proposições, avaliações, políticas públicas e institucionais, acordos nacionais e internacionais sobre o tema. Sua complexidade deriva não só da dificuldade de se levar à prática os procedimentos para a formação do novo perfil profissional para o engenheiro, mas, sobretudo, no estabelecimento dos componentes deste próprio perfil, simultaneamente global e diverso, com características de flexibilidade e, simultaneamente, perenidade.

Para se obter uma visão mais aprofundada deste processo, que impacta o perfil profissional dos engenheiros na atualidade, e os procedimentos para obtê-los, analisar-se-á os novos paradigmas e sua relação com a engenharia.

2.2. Os novos paradigmas e seu impacto na Engenharia

Lista extensiva das mudanças pode ser encontrada na bibliografia referenciada, e outras mais. Mesmo com diferenças de importância, grau e forma de impacto, existe a concordância sobre um núcleo central de alterações, abordado na seqüência. O tópico, pela importância e desdobramentos sobre os novos perfis profissionais - e, naturalmente, sobre a educação em engenharia - merece tratamento mais exaustivo. Análises mais detalhadas podem ser encontradas em [5, 7, 11,12, 13, 14, 15], fonte de consulta e transcrições parciais:

- Fator que impactou o sistema produtivo e, conseqüentemente, as engenharias, foi o fim da *"guerra fria"* - iconicamente representado pela queda do muro de Berlim, que redirecionou os investimentos para as inovações e novos produtos comercializáveis, em detrimento das pesquisas

militares - entenda-se ciência básica, física nuclear, programas espaciais. Este redirecionamento fortaleceu a estrutura de distribuição de poder, levando às tentativas de hegemonizar a *"lógica de mercado"* e o modelo neoliberal como pensamento único. Conseqüências imediatas desta nova distribuição de poder foram a desregulamentação dos serviços e infra-estruturas, a onda de privatizações, a abertura de mercados segundo a lógica da *Organização Mundial do Comércio - OMC*, a crescente importância do mercado financeiro, maior competição nacional e internacional, maior insegurança (própria à alta volatilidade dos mercados financeiros) – donde maior necessidade de considerar o risco e de trabalhar sob suas conseqüências;

- Nova divisão internacional do trabalho, destacando-se o *"offshoring"*, *"outsourcing"* e *"insourcing"*, com empresas multinacionais passando a supranacionais e alterando geograficamente seus centros de produção, de acordo com as vicissitudes políticas. Os mercados globalizam-se, e as indústrias que não possuem competência para a competição internacional não conseguem também sobreviver em seus mercados domésticos. E o sucesso internacional passa a requerer, paralelamente à competência tecnológica, compreensão das relações sociais e culturais da atualidade;
- Desenvolvimento tecnológico multidisciplinar, com ocorrência simultânea de novas tecnologias - expansão explosiva da velocidade e capacidade de transmissão de dados das *TICs*, nanotecnologias (miniaturização e barateamento de equipamentos), biotecnologias (com impactos ainda em estágio inicial) e bio-nanotecnologias - alterando radicalmente os processos de trabalho e a *"engenharia de sistemas"*, centro das atividades do engenheiro moderno. O desenvolvimento tecnológico multidisciplinar impede classificar a prática do engenheiro ao longo de eixos disciplinares, como ocorria até meados do século XX. A *"chave"* do desenvolvimento tecnológico, com problemas sem fronteiras disciplinares definidas, depende da cooperação entre disciplinas e áreas do conhecimento, previamente separadas;
- O aumento de produtividade – preocupação tradicional dos engenheiros - torna-se fator primordial nos processos produtivos e manufaturas, conduzindo ao aumento da padronização e modularização dos produtos e processos de trabalho, reforçando a terceirização e alteração da organização industrial. Os processos de trabalho são compactados, a automação dos processos de fabricação e projetos ganha maior destaque, diminuindo a necessidade de engenheiros - e operários - no *"chão de fábrica"*, junto às máquinas. Esforços intelectuais e organizacionais são direcionados à integração das operações e sistemas que compõem o processo produtivo;

- As estruturas corporativas tornam-se mais participativas, as camadas gerenciais médias são gradativamente eliminadas, com as responsabilidades nos processos decisórios deslocando-se para os níveis individuais, que assumem também as conseqüências de suas decisões. Círculos da qualidade, planejamento em grupos reduzidos e comitês de solução de problemas, com participação conjunta de quadros gerenciais, técnicos e operacionais, tornam-se comuns. Surge a "*sociedade de serviços*", ou "*pós-industrial*", onde as atividades e postos de trabalho encontram-se majoritariamente junto aos clientes e voltadas para satisfazer seus interesses, envolvendo princípios de qualidade total, maior controle por parte de órgãos e agências reguladoras, popularidade dos sistemas de certificação e códigos de defesa do consumidor gerando grande movimentação jurídica;
- A sustentabilidade - geralmente explicitada como visão ambiental - altera o paradigma tradicional de produção industrial - "*produzir mais para ganhar mais*". As ameaças à qualidade de vida, resultantes da depredação ambiental e exaustão dos recursos não renováveis, tornam-se consenso da sociedade, e inclusive no interior do ambiente industrial. Adicionalmente às qualidade e produtividade, requer-se agora o alcance do lucro em um contexto de não agressão às pessoas e ao ambiente. Adotam-se, de forma crescente, os princípios do "*The Natural Step – TNS*"³ [15]:
 - Substâncias extraídas da crosta terrestre (petróleo, combustíveis fósseis, metais, minerais) não devem, sistematicamente, acumular-se na ecoesfera; sua taxa de retirada não deve ser superior à de seu re-depósito e re-integração na crosta terrestre;
 - Substâncias produzidas pela sociedade não devem, de forma sistemática, se acumular na ecosfera; sua produção deve ocorrer à taxas inferiores à sua desintegração e re-integração aos ciclos naturais;
 - As condições físicas para produtividade e assimilação dos ecossistemas não podem ser sistematicamente diminuídas, com destruição de florestas, pântanos, alagadiços, vegetação natural e animais;
 - As necessidades humanas básicas devem ser satisfeitas da forma mais eficiente possível. As nações industrializadas não devem utilizar os recursos para criar luxo enquanto as necessidades elementares dos povos subdesenvolvidos não forem satisfeitas.
- A emergência, mesmo embrionária, da responsabilidade social integrando os valores atuais coloca em julgamento procedimentos e posturas

³ Os princípios do TNS estão sendo aqui transcritos sem qualquer análise ou comentário crítico.

tradicionalmente estabelecidas, como a tecnologia. Vista como uma das responsáveis pelos valores e bem-estar sociais presentes em nossa vida, passa a incorporar críticas pelas ameaças que acarreta ao bem-estar público e à exaustão dos recursos naturais. Sua força histórica ancora-se em sua capacidade de aumentar a produção, consumo e lucro, mas começa a materializar-se a consciência de nosso fracasso para promover saúde pública adequada, transportes públicos eficientes, moradias decentes e educação de qualidade para todas as pessoas; não se está conseguindo preencher o fosso social entre as sociedades tecnologicamente avançadas e as que carecem dos mais elementares meios de sobrevivência. A origem destes problemas reside, majoritariamente, em questões políticas que técnicas, mas é imperativo que cientistas e engenheiros participem dos processos de tomadas de decisão mais ativamente do que tem ocorrido até o presente. É nossa responsabilidade ter consciência, e informar à sociedade, sobre as potenciais consequências sociais das decisões tecnológicas, julgar se as decisões para sua implementação estão tecnologicamente coerentes com os objetivos esperados de melhorar as condições da vida da sociedade e empenhar-se para que as decisões tomadas sejam as mais corretas. A aceitação desta responsabilidade social, pela indústria e pelos engenheiros, enquanto técnicos e seres humanos, é passo fundamental para assegurar a sobrevivência futura da humanidade;

- A velocidade das mudanças desestrutura antigos paradigmas: alterações que necessitavam anos agora ocorrem em meses, ou mesmo semanas, impactando, diretamente, a formação profissional dos engenheiros. Currículos que tentarem permanecer atuais mediante atualização e fornecimento contínuo de cursos nas “*novas tecnologias*” não serão efetivos: quando a nova “*necessidade*” é detectada, novos cursos desenvolvidos e os estudantes capacitados, a “*nova tecnologia*”, seguramente, já terá se alterado! A educação que funcionará efetivamente será a que facilitar o aprendizado contínuo e fornecer competências necessárias para adaptação às mudanças.

Estas mudanças sociais, culturais, econômicas e de mercado colocam novas necessidades que exigem a revisão da função do engenheiro, alterações de sua forma de atuação e na formação de seu perfil profissional. Essas novas necessidades, ampliando o escopo de atuação do engenheiro aparecem, inclusive, nas definições utilizadas para “*engenharia*”. Nos textos das décadas de 1960/1970, o engenheiro aparece como “*profissional competente para projetar, implementar e gerenciar processos de transformação de materiais*”, o que exclui serviços que não tenham como objeto imediato materiais e máquinas; evolui, posteriormente, para os conceitos de “*problem solver*” e de “*designer*” (de base tecnológica), chegando a um “*profissional competente para projetar, implementar e gerenciar intervenções*”

em práticas sociais de base tecnológica, considerando seus impactos ambientais, econômicos e sociais"[7].

As alterações necessárias não podem se restringir ao ambiente acadêmico, mas devem envolver o setor produtivo, representantes da sociedade civil e do governo. A sociedade norte-americana repensou o ensino de engenharia nos Estados Unidos sempre que modificações ocorreram na sociedade⁴. Revisões ocorreram no início do século XX, após a crise da bolsa de 1929, antes e após a Segunda Grande Guerra e ao início e término da Guerra Fria. Em todos os casos, a revisão foi feita conjugando os ambientes acadêmico e empresarial, com a clara percepção que a evolução nos processos produtivos vira as páginas da história e define a função de engenheiro – e não o contrário. A liderança dos EUA no cenário mundial ao longo deste século deveu-se, em parte, às suas conquistas científicas e tecnológicas e capacidade de aplicá-las nos processos produtivos.

2.3 Conclusões

Foi discutida, neste capítulo, uma visão histórica da engenharia, com rebatimento sobre os fatores que impactam o trabalho do engenheiro nesta dinâmica histórica e novos paradigmas que se colocam para sua formação. Verificou-se a relação entre as engenharias e a Segunda Revolução Industrial bem como, mais recentemente, a influência da denominada "*Tripla Convergência*", que estabeleceu as bases de uma nova plataforma global, e seus impactos nas estruturas organizacionais produtivas e, conseqüentemente, nos perfis profissionais dos engenheiros.

Serão discutidos, no Capítulo 3, os diversos programas institucionais para adequação do perfil profissional dos engenheiros às novas demandas, tais como as *Grandes Coalizões*, os *EC2000*, o *Acordo de Washington*, o *Tratado de Bolonha*, entre outros, e as *DCN 2002*, para o caso brasileiro.

⁴ Ver Capítulo 3

3. Programas Institucionais para a Educação em Engenharia

3.1. Introdução

Os itens neste capítulo não seguem, rigorosamente, ordem cronológica; priorizou-se os conteúdos e posturas utilizadas, haja vista que o objetivo é destacar políticas e diretrizes adotadas para reestruturação da educação em engenharia. Considerando-se a proposta e limites deste documento, destacou-se, majoritariamente, os EUA – pelas dimensões de seu sistema produtivo, capacidade de sua engenharia e extensão, em âmbito global, das reformas ali efetuadas – bem como os movimentos europeus, e iberoamericanos para, então, avaliar a educação em engenharia no Brasil.

3.2. As Coalizões para Educação em Engenharia

Nos anos 1920s, a educação em engenharia nos EUA recebeu fortes bases matemáticas e teóricas [16] pela participação de cientistas emigrados, como Stephen Timoshenko [187] e Theodore von Kármán [188]. Apesar disto, até a década de 1940, prevaleceu um enfoque altamente prático, pouca aplicação de conceitos matemáticos - não ultrapassavam o cálculo elementar - e forte ênfase em projetos seguindo procedimentos e códigos de manuais padrão. Parte majoritária dos professores das faculdades, incluindo líderes de grupos de pesquisas, tinha sólida experiência industrial, ou fortes ligações com este ambiente.

Após a Segunda Guerra, o governo lançou editais de incentivo à pesquisa, nas universidades americanas, obrigando as Faculdades de Engenharia a buscarem, para seus quadros, membros com forte base matemática e capacidade de pesquisa científica, alterando o recrutamento até então utilizado - baseado na experiência prática - direcionando-o para bases mais científicas. Esta mudança, naturalmente, gerou alterações curriculares e, nas décadas de 1950 e 1960, a educação em engenharia americana mudou seu paradigma, deslocando-se de uma postura prática para uma *“engenharia científica”*. Cursos foram suprimidos – oficinas, desenho mecânico – e conteúdos conceituais, como equações diferenciais, sistemas de controle e fenômenos de transporte, agregados aos currículos [16].

No final dos anos 1980s as indústrias, e educadores, começaram a reconhecer que a formação de engenheiros, aptos a enfrentar o século XXI, demandava alterações no paradigma dominante da *“engenharia científica”*. O ambiente de trabalho do engenheiro alterava-se de forma rápida, dramática e irreversível, impelido pelo deslocamento dos empregos e investimentos, que migraram da área de defesa para

a competição comercial, pelo impacto explosivo das TICs, globalização dos setores de serviços e manufaturas, aliados aos imperativos ditados pela proteção ambiental e desenvolvimento sustentável.

A “*engenharia científica*” produziu graduados com fortes competências técnicas, mas, infelizmente, sem as competências necessárias para desenvolver e gerir tecnologias inovadoras. As debilidades dos recém-formados frente ao mercado de trabalho, na visão dos industriais, envolviam: incapacidade e/ou ausência de criatividade para gerir projetos, incompreensão dos processos de manufaturas e/ou qualidade, visão estreita da engenharia e disciplinas correlatas, capacidade de comunicação falha e incapacidade e/ou inexperiência para o trabalho em equipe [17, 18]. Os empregadores enfatizavam que o sucesso na carreira de engenharia “requer não somente capacidade técnica consolidada, mas também habilidades para comunicação e persuasão, competência para liderar e trabalhar como membro de equipes técnicas, compreensão das forças não técnicas que afetam, de forma profunda, as decisões da engenharia e compromisso com o aprendizado contínuo” [17]. Várias instituições desenvolveram, então, modelos que, embora mantendo a força do paradigma da “*engenharia científica*”, buscavam minorar suas deficiências; foram recebidos calorosamente pela indústria, mas não adotados universalmente na academia, principalmente pela cultura de pesquisa dominante.

A reforma recebeu forte ímpeto nas décadas de 1980 e 1990 com estudos realizados por órgãos como o “*National Research Council – NRC*”, a “*National Academy of Engineering – NAE*”, a “*American Society for Engineering Education – ASEE*” e a “*National Science Foundation – NSF*” [19]. Como resultado destes estudos a NSF lançou, em 1989, as “*Engineering Education Coalitions*” [19] com o objetivo de reestruturar a educação em engenharia nos EUA. Os investimentos foram de \$2-3 milhões anuais por Coalizão, por um período de até 05 anos, com seis Coalizões implantadas, em três editais, para:

- aumentar dramaticamente a qualidade da educação em engenharia e o número de graduados, incluindo mulheres e segmentos minoritários;
- projetar, implementar, avaliar e disseminar novas estruturas e enfoques afetando todos os aspectos da educação em engenharia;
- estruturar interrelações entre instituições de engenharia nos EUA, pequenas e grandes.

Uma avaliação, em 2000 [19], mostrou que o Programa de Coalizões gerou impactos importantes durante seus cinco primeiros anos, mas não sistematizou novos modelos para a educação em engenharia; muitos impactos foram somente intrainstitucionais e mesmo intradisciplinares. As Coalizões não alcançaram um terço das faculdades de engenharia americanas e cobriram somente a quarta parte

dos estudantes. Embora entusiásticas do Programa, e produzindo uma série de inovações, as faculdades não as sistematizaram em documentação apropriada.

Os produtos gerados eram bem avaliados, mas as interações entre os inovadores e o restante da comunidade eram efêmeras, a documentação limitada e a adaptabilidade, muitas vezes, contestada [19]. Os custos - esforços das faculdades e salas de aula personalizadas - eram considerados altos. Adicionalmente, detectou-se aumento de carga de trabalho dos estudantes, contrariando demandas por menor número de créditos para obtenção do grau de engenheiro.

3.3. Os “*Engineering Criteria 2000 - EC2000*”

A indústria americana destacou, desde os anos 1970, a inadequação de importantes competências profissionais nos graduados (pensamento crítico, criatividade, comunicação e trabalho em equipe), e relatórios governamentais corroboraram as críticas. Simultaneamente, pesquisas cognitivas e estudos empíricos da relação ensino-aprendizagem forneceram fortes evidências que a postura expositiva, tradicional dos métodos educacionais, era ineficaz para desenvolver estas competências [20]. Em 1996, o Comitê Diretivo do “*U. S. Accreditation Board for Engineering and Technology - ABET*”, após uma década de desenvolvimentos, adotou novo conjunto de padrões para acreditação dos cursos de engenharia, conhecidos como “*Engineering Criteria 2000 - EC2000*”, totalmente revolucionários para a época [21].

Os *EC2000* alteraram, radicalmente, as bases de acreditação, passando a utilizar não mais as “*entradas*” – o que é ensinado – mas sim as “*saídas*” – o que é aprendido. Os novos critérios especificaram onze impactos de aprendizagem determinando que os programas avaliassem, e demonstrassem, estes ganhos. Mantendo os padrões tradicionais de acreditação - desenvolvimento do conhecimento matemático, científico e técnico dos estudantes - os *EC2000* enfatizaram também outras competências profissionais como solução de problemas não estruturados, comunicação efetiva e trabalho em equipe, reforçando, adicionalmente, a consciência da necessidade de considerações éticas e contextuais do trabalho do engenheiro [22]. Veja-se, como exemplo, o ciclo de acreditação 2013-2014, onde os impactos esperados foram [22]:

“Critério 3. Impacto na formação dos estudantes

O programa deve comprovar os impactos na formação dos estudantes, em conformidade com seus objetivos educacionais. Os impactos esperados são os listados de (a) até (k), mais qualquer impacto adicional agregado pelo programa:

(a) capacidade para aplicar os conhecimentos de matemática, ciência e engenharia

- (b) capacidade para projetar e conduzir experimentos, bem como para analisar e interpretar dados;
- (c) capacidade para projetar um sistema, componente ou processo, de acordo com as necessidades colocadas, dentro de restrições realistas tais como econômicas, ambientais, sociais, políticas, éticas, saúde e segurança, manufaturabilidade e sustentabilidade;
- (d) capacidade para trabalhar em equipes multidisciplinares;
- (e) capacidade para identificar, formular e resolver problemas de engenharia;
- (f) compreensão das responsabilidades éticas e profissionais;
- (g) capacidade para se comunicar de forma efetiva;
- (h) educação ampla, necessária à compreensão do impacto das soluções de engenharia em um contexto global, econômico, ambiental e social;
- (i) reconhecimento da necessidade, e capacidade, para se engajar em um aprendizado contínuo;
- (j) conhecimentos das questões atuais;
- (k) capacidade para usar as técnicas, competências e as modernas ferramentas da engenharia, necessárias à sua prática;
- (k) capacidade para utilizar as técnicas, competências, e ferramentas da engenharia moderna necessárias à prática profissional da engenharia"[22].

Os *EC2000* foram implantados em 2001, cabendo aos cursos de engenharia comprovar que, adicionalmente à formação em ciências, matemática e fundamentos de engenharia, seus graduados possuem competências para comunicação efetiva, trabalho em equipes, aprendizagem contínua e consciência das considerações éticas e sociais na profissão de engenheiro. Avaliações [23] indicam, claramente, que os *EC2000* vêm apresentando impactos positivos e substanciais nos programas de engenharia e na aprendizagem. Comparações entre graduados de 1994 e de 2004 mostram estes últimos melhor capacitados que os anteriores, em nove áreas avaliadas. As maiores diferenças aparecem em uma melhor compreensão da dinâmica social e global, capacidade de utilizar as competências necessárias à profissão, trabalho em equipe e melhor compreensão das questões éticas e profissionais [23].

3.4. Acordos Educacionais Internacionais: Washington, Sydney e Dublin

Os "*Washington Accord*", "*Sydney Accord*" e "*Dublin Accord*" são acordos multilaterais entre grupos de agências oficiais, responsáveis, em suas jurisdições, pelas creditações ou reconhecimento das qualificações da engenharia [24], que optaram por um trabalho coletivo para fornecer suporte à mobilidade dos praticantes da engenharia, com as qualificações apropriadas. A adesão ao *Acordo* é voluntária, mas os signatários assumem a responsabilidade de desenvolver e reconhecer as boas práticas da educação em engenharia. O número de signatários

é crescente e suas atividades são planejadas para fortalecer suporte à globalização e ao reconhecimento mútuo das qualificações dos engenheiros.

O *Acordo de Washington*, assinado em 1989, adota padrões comuns para acreditação dos cursos de engenharia baseando-se em uma versão ligeiramente modificada das *EC2000*. Reconhece a equivalência substancial dos programas acreditados pelas agências participantes, nos diversos países, e recomenda que os cursos acreditados nestes critérios sejam reconhecidos pelos demais como tendo cumprido os requisitos acadêmicos necessários à prática da engenharia, em qualquer dos países signatários. O *Acordo* congrega, atualmente, 19 países, sendo 13 signatários e seis membros com *status* provisório [24].

Seguindo-se ao *Acordo de Washington* foi assinado, em junho de 2001, o *Acordo de Sydney*, com objetivos e procedimentos similares ao anterior, porém direcionado aos engenheiros tecnologistas (*"Engineering Technologists"*) ou engenheiros incorporados (*"Incorporated Engineers"*); engloba nove países, dos quais oito são signatários e um é membro provisório. O *Acordo de Dublin*, assinado em maio de 2002, foca nas qualificações para reconhecimento internacional dos engenheiros tecnicistas (*"Engineering Technician"*). O acordo já foi assinado por quatro países, enquanto dois desfrutam da condição de membros provisórios [24].

3.5. Projeto Engenheiro 2020 (*"The Engineer of 2020"*)

O *"Projeto Engenheiro 2020"* [5], utilizando cenários, tenta predizer o papel da engenharia nestes contextos, estabelecer bases conceituais que posicionem a educação em engenharia nestes cenários e, antecipando-se, traçar estratégias frente aos desafios que se colocarão para estes profissionais. O projeto, dirigido pela *"National Academy of Engineering – NAE"*, assumiu características diferenciais considerando a questão sob a ótica dos diversos ramos da engenharia. O foco principal, adicionalmente à busca de uma perspectiva da prática global da engenharia, e sua relação com a formação, é o futuro da educação em engenharia. Iniciado em 2001 no *"Committee on Engineering Education"* do NAE, abrangeu a *Fase I*, relacionada à visão da engenharia e do trabalho do engenheiro em 2020 [5] e a *Fase II*, focada na educação em engenharia, detectando necessidades de formação dos engenheiros de 2020 [25].

O Comitê responsável pela *Fase I*, em um *Workshop* em Woods Hole, Massachusetts, em dezembro de 2002, do qual participaram trinta e cinco técnicos, representando vasta gama de disciplinas, grupos etários e pontos de vista diversificados, aprovou a versão final dos trabalhos, publicados pela *"National Academies Press"*, em 2004, sob o título *"The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century"* [5]. A *Fase II* teve início em fevereiro de 2004 e as

discussões efetivas em julho de 2004, coincidentes com o “*Summit on Engineering Education*”, na “*National Academies*”, Washington, D.C., com participação de 100 especialistas. O documento “*Educating the Engineer of 2020: Adapting Engineering Education to the New Century*” publicado em 2005 pela “*National Academies Press*”, sistematiza os resultados [25].

3.6. Declaração de Bolonha – Espaço Europeu Universitário Comum

A *Declaração de Bolonha*, assinada em junho de 1999 por 29 países europeus, criou o *Espaço Europeu de Educação Superior*. Sua visão foi, em um horizonte de 10 anos, incrementar a competitividade europeia no âmbito internacional, melhorando a compatibilidade, transportabilidade e transparência de seus diferentes sistemas de educação superior, reconhecendo e respeitando a diversidade e autonomia dos países e suas instituições, e tendo como objetivos [26]:

- estabelecer um marco comum de referência em relação às titulações;
- adotar sistema em dois ciclos: estrutura Bacharelado – Mestrado;
- estabelecer sistema comum de créditos refletindo a carga horária de cada disciplina em relação à carga horária total para completar um ano de estudos;
- conferir dimensão europeia à educação superior;
- promover a cooperação europeia para definir critérios e metodologias comparáveis para garantir a qualidade do ensino superior;
- promover a mobilidade universitária europeia.

Estas alterações, considerando-se a diversidades de estruturas europeias de formação universitárias, e particularmente da educação em engenharia, geraram novas demandas, reestruturações e discussões que seguem ocorrendo no presente momento tentando estabelecer procedimentos, normas e características comuns aos programas de engenharia das diversas instituições e países signatários do Acordo de Bolonha [27, 28, 29].

3.7. Acreditação dos Cursos de Engenharia na Europa

A *Rede Europeia para Acreditação das Engenharias* (“*ENAE - European Network for Engineering Accreditation*”) foi implementada em fevereiro de 2006, ao final do primeiro projeto *EUR-ACE®* [30], envolvendo 14 Associações Europeias ligadas à educação em engenharia [31]. Integram o *ENAE* agências e organizações profissionais ligadas à educação e formação dos profissionais de engenharia. Suas bases foram o *Observatório Europeu Permanente para a Profissão e Educação em Engenharia - ESOEPE*, (“*European Standing Observatory for the Engineering Profession and Education*”) [30], estabelecido em 2000, com o propósito de:

- reforçar os sistemas de acreditação dos programas de engenharia na Europa;
- facilitar o intercâmbio de informações;
- desenvolver acordos voluntários de acreditação dos programas de educação em engenharia e reconhecimento das qualificações em engenharia;
- desenvolver normas de competências para os engenheiros graduados.

Em abril de 2004 a *ESOEPE* submeteu à Comissão Europeia as bases para o primeiro projeto *EUR-ACE®*, para o período 2004 - 2006. Em outubro de 2005, considerando a emergência do *EUR-ACE®*, a *ESOEPE* transformou-se em uma associação internacional sem fins lucrativos - o *ENAE* - estabelecida formalmente em 08 de fevereiro de 2006, em Bruxelas [31]. A concessão dos primeiros selos *EUR-ACE®* teve início em 2007 e, desde então, o *ENAE* é o organismo europeu responsável pela concessão de autorização às agências de acreditação para atribuição do rótulo *EUR-ACE®*, relativos aos Primeiro Ciclo (Bacharel) e Segundo Ciclo (Mestre) dos programas de engenharia. O *EUR-ACE®* engloba todas as disciplinas e perfis da engenharia, é reconhecido internacionalmente e facilita tanto a mobilidade acadêmica como profissional, sendo um sistema de acreditação que fornece o conjunto de padrões que identificam os programas de engenharia de alta qualidade na Europa e no exterior.

Os padrões e diretrizes adotados na acreditação *EUR-ACE®*, para as engenharias, foram aprovados na Conferência de Bergen dos Ministros Europeus, em maio de 2005 e, para o caso do Primeiro Ciclo (Bacharel), são os seguintes [31]:

- **Conhecimento e Compreensão:** conhecimento e compreensão da matemática, ciências básicas e disciplinas de engenharia subjacentes à sua especialização, em nível necessário que permita alcançar os outros impactos esperados para o programa, além de consciência do amplo contexto multidisciplinar da engenharia;

- **Análise em Engenharia:** analisar produtos, processos e sistemas complexos de engenharia; identificar, formular e resolver problemas de engenharia; selecionar e aplicar métodos relevantes a partir de métodos estabelecidos analiticamente, computacionalmente e experimentalmente; interpretar corretamente os resultados destas análises reconhecendo a importância de restrições não-técnicas, sociais, de saúde e segurança, ambientais, econômicas e industriais;

- **Projeto de Engenharia:** desenvolver e projetar produtos, processos e sistemas complexos atendendo aos requisitos estabelecidos, que podem incluir a consciência de considerações não técnicas como sociais, de saúde e segurança, ambiental, econômica e industrial; selecionar e aplicar metodologias relevantes de projeto, utilizando consciência da vanguarda de sua especialização em engenharia;

- **Pesquisa:** realizar pesquisas na literatura, consultando e utilizando criticamente bases de dados científicos e outras fontes de informação; realizar simulações e análises para conduzir investigações e pesquisas detalhadas de questões técnicas; aplicar códigos de práticas e normas de segurança; projetar e conduzir investigações experimentais, interpretando dados e tirando conclusões;

- **Prática da Engenharia:** compreensão das técnicas e métodos de análise, *design* e investigação e suas limitações; capacidade prática para resolução de problemas complexos; realizar projetos complexos de engenharia e conduzir investigações; compreensão dos materiais, equipamentos e ferramentas, tecnologias e processos e suas limitações; aplicar normas da prática de engenharia; consciência das implicações não técnicas - saúde e segurança, ambiental, econômica e industrial - da prática de engenharia e das questões econômicas, organizacionais e gerenciais no contexto industrial e empresarial;

- **Efetuar julgamentos:** coletar e interpretar dados relevantes e lidar com a complexidade; informar julgamentos que incluam reflexão sobre questões relevantes sociais e éticas para gerir atividades técnicas ou profissionais complexas, ou projetos, assumindo a responsabilidade pela tomada de decisões;

- **Comunicação e Trabalho em Equipe:** comunicar eficazmente informação, ideias, problemas e soluções na comunidade da engenharia e sociedade em geral; atuar eficazmente, em contextos nacional e internacional, como indivíduo e como membro de equipe, cooperando eficazmente com engenheiros e não engenheiros;

- **Aprendizado Contínuo:** reconhecer a necessidade da aprendizagem independente e contínua acompanhando a evolução da ciência e da tecnologia.

3.8. O Relatório da UNESCO

A UNESCO, em 2010, em associação com a "*World Federation of Engineering Organizations - WFEO*", a "*International Council of Academies of Engineering and Technological Sciences - CAETS*" e a "*International Federation of Consulting Engineers - FIDIC*" lançou o Relatório "*Engineering: Issues, Challenges and Opportunities for Development*" [32] onde reconhece a crucial importância da engenharia, suas profissões e sua educação para o desenvolvimento global. O Relatório afirma, logo em seu início, que "as observações da *Academia Nacional de Engenharia* sobre os triunfos do século XX e os desafios do século XXI [mostram] que a natureza dos desafios para os engenheiros estão mudando" [32].

Segundo o Relatório, a engenharia tem de ser vista em contexto mais amplo, considerando-se seu papel e impactos na sociedade, e os engenheiros necessitam

um conjunto diversificado de competências, adicionalmente à sua experiência técnica ("*engineering expertise*"). Com a explosão atual do conhecimento os engenheiros tornam-se mais especializados em suas competências profissionais o que, por sua vez, força à decisão sobre escolhas criteriosas nos tópicos ensinados durante sua formação na graduação gerando, de certa forma, conflitos entre a amplitude e a profundidade da educação em engenharia.

Uma conciliação possível é reconhecer que a graduação fornece apenas uma formação inicial e que a *Educação Continuada (ECO)* e o *Desenvolvimento Profissional Contínuo (DPC)* são essenciais. Paralelamente, a concorrência global e a mobilidade profissional reduziram a permanência em emprego único recaiando, crescentemente, sobre o engenheiro individual, as responsabilidades do desenvolvimento de sua carreira profissional. As práticas profissionais, e a obsolescência industrial, alteram-se rapidamente e as manufaturas "globalizam-se" continuamente, com mudanças demográficas no desenvolvimento e na produção.

Paralelamente, enquanto os sistemas educacionais tornam-se mais abertos e diversificados, os níveis educacionais, freqüentemente, não se alinham às alterações técnicas em marcha, tornando-se imperativo reconhecer que um estudante de graduação, com um diploma de engenharia, está longe de ser um profissional completo, senior. Bases importantes e essenciais seguramente foram construídas, mas a jornada apenas começou e, neste contexto, o *Desenvolvimento Profissional Contínuo (DPC)* desempenha papel fundamental [32]. O Relatório observa que, além das competências técnicas essenciais, espera-se que os engenheiros saibam se comunicar de forma eficaz, possuam competências gerenciais, trabalhem em equipe, exerçam liderança e desenvolvam consciência ética e ambiental. Até certos limites, uma base sólida para esta formação pode - e deve - estar inserida no currículo de graduação, mas existem limites para esta inserção, pois esta formação não pode prejudicar o desenvolvimento das competências técnicas, nem ser trabalhada de forma superficial [32].

Na visão do Relatório [32], os atributos fundamentais para o perfil profissional do engenheiro agrupam-se em quatro categorias, de caráter geral, classificadas como "*pessoal*", "*técnica*", "*profissional*" e "*gerencial*", cujas ponderações não se igualam, pois a importância das características pode variar de acordo com o indivíduo, a posição ou mesmo durante a carreira. Estes atributos são [32]:

- **Pessoal:** capacidade para a aprendizagem e para comunicação, valorização de limites do conhecimento e das dimensões internacionais;
- **Técnica:** pensar matematicamente, conhecimento profundo da ciência básica e das disciplinas específicas, manutenção do conhecimento e da prática atuais;

- **Profissional:** valorizar as responsabilidades pessoais e éticas, compromisso com padrões elevados, lidar com incertezas e de se comunicar de forma eficaz;
- **Gerencial:** trabalhar em equipe, valorizar conceitos e assuntos associados à gestão, capacidade de liderar e gerir recursos pessoais, financeiros e técnicos.

O Relatório alerta que haverá, seguramente, largo consenso sobre esta lista mas que quando os detalhes do que um engenheiro "*deve saber*" forem examinados, para várias fases de sua carreira, a forma como isto deve ser desenvolvido e quais as opções para financias-las, então o consenso começará a se desfazer.

3.9. Educação em Engenharia no Sistema Ibero-americano - ASIBEI

A "*Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería - ASIBEI*" [33], que congrega 19 países e/ou associações para a educação em engenharia, inclusive o Brasil, aprovou, em sua Assembléia Geral, em Valparaíso, Chile, em 2013, a necessidade de orientações comuns, regionais, em relação às competências genéricas dos egressos dos cursos de engenharia na Iberoamérica, expressas no documento "*Declaración de Valparaíso sobre Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Iberoamericano*" [34]. Dentre estas, vale destacar:

- "Há consenso que o engenheiro deve não somente saber, mas também '*saber fazer*' e este saber não surge pela simples aquisição de conhecimentos técnicos, mas de uma estrutura complexa de conhecimentos, competências, capacidades e habilidades que precisa ser explicitamente reconhecida no processo de aprendizagem, possibilitando que a proposta pedagógica incluía atividades que permitam seu desenvolvimento. Trabalhar por competências, ou intencionalmente integra-las no currículo, supõe uma referência que facilite a seleção dos conteúdos mais adequados e eficazes e seu tratamento correto";
- "O projeto por competências, ou sua integração ao currículo, revigora o '*saber fazer*', necessário aos recém-graduados. A graduação deve desenvolver as competências necessárias ao recém-graduado, adequadas ao início de sua carreira e, dado o contínuo avanço do conhecimento e da tecnologia, espera-se que os engenheiros prossigam com sua formação profissional ao longo de sua vida".

A ASIBEI recomenda [34] incluir, na formação dos engenheiros, dez competências genéricas, complexas e integradas, relacionadas ao conhecimento (teórico, contextual e processual), ao "*saber fazer*" (formalizado, empírico, relacional), referidas ao contexto profissional (a situação em que o profissional deve executar ou exercer), visando sua atuação profissional (a forma como atua um profissional

tecnicamente competente e socialmente engajado) e incorporando a ética e os valores relacionados ao perfil profissional. As dez competências genéricas, propostas pela ASIBEI, para o engenheiro ibero-americano graduado, e que devem servir como guia ou orientação para as instituições dos países membros, são:

- **Competências tecnológicas:** Identificar, formular e resolver problemas de engenharia; conceber, projetar e desenvolver projetos de engenharia; gerenciar, planejar, implementar e controlar projetos de engenharia; utilizar técnicas e instrumentos eficazes para aplicação em engenharia; contribuir para a criação de desenvolvimentos e/ou inovações tecnológicas;

- **Competências sociais, políticas e comportamentais:** Trabalhar em equipe de forma efetiva; comunicar-se eficazmente; agir com ética, responsabilidade profissional e compromisso social, considerando o impacto econômico, social e ambiental das suas atividades no contexto local e global; aprender continuamente e de forma autônoma; agir com espírito empreendedor.

3.10. Educação em Engenharia no Brasil

3.10.1. Movimentos Institucionais: o PRODENGE e o REENGE

A evolução da engenharia no Brasil, e alterações em sua formação, serão abordadas a partir dos anos 90, quando mudanças mais significativas ocorreram, indo ao encontro dos objetivos deste trabalho. Para os interessados, visão mais ampla, abordando épocas anteriores, encontra-se, por exemplo, em Arantes [35].

Analizando o desenvolvimento tecnológico mundial, e no Brasil, em finais do século XX, Longo [36] observa que "as complexas demandas das sociedades são atendidas por tecnologias resultantes da aplicação de conhecimentos científicos. Resultando da aplicação desses conhecimentos, as tecnologias modernas, e seus processos de produção, não são facilmente compreendidos e, portanto, difíceis de serem copiados. Além disso, a geração de tecnologias de base científica exige investimentos contínuos em pesquisa, desenvolvimento experimental e engenharia, bem como competência em amplo espectro de conhecimentos, além de capacidade gerencial para produzir novos bens e serviços de elevada qualidade".

Observa que, face aos desafios, o ensino e a pesquisa ganham importância destacada, "particularmente em engenharia, área diretamente envolvida e afetada pelo avanço tecnológico. É ela quem transforma a esmagadora maioria de inventos, oriundos de qualquer área do conhecimento, em bens e serviços, ou seja, inovações. A capacidade de "engenheirar" concepções primeiro, melhor e mais barato que os concorrentes é fundamental. Quem "engenheira" não são, em geral,

cientistas, detentores de prêmios Nobel ou PhD's em laboratórios ou universidades, mas engenheiros e pesquisadores no setor produtivo" [36].

Longo assinala a crescente necessidade de "excelência na formação de engenheiros, e não somente excelência na formação de pesquisadores em nível de pós-graduação. Competência em engenharia de processos e produtos é fundamental e tem sido, no caso de nações como o Japão, elemento capaz de superar suas desvantagens de disponibilidades de matérias-primas, fontes energéticas, produção de alimentos e ausência de mão-de-obra barata. De maneira sintética, pode-se afirmar que o engenheiro deve ser preparado para, durante toda sua vida profissional, gerar, aperfeiçoar, dominar e empregar tecnologias, objetivando produzir bens e serviços que atendam, adequada e tempestivamente, as necessidades da sociedade, isto é, com qualidade e custos apropriados" [36].

A partir do exposto, e buscando posição estratégica para o país, o Ministério da Ciência e Tecnologia criou o *Programa de Desenvolvimento das Engenharias - PRODENGE*, através da Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP, com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico- CNPq, Secretaria de Educação Superior- SESu e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES [37, 38]. O PRODENGE atuava segundo dois subprogramas: a *Reengenharia do Ensino de Engenharia - REENGE* e as *Redes Cooperativas de Pesquisa - RECOPE*. Buscava-se, com o REENGE, reestruturar o ensino superior, incentivando a realização de diferentes experiências de ensino como implantação de módulos de aprendizagem virtual, utilização de recursos computacionais, atividades de pesquisa e desenvolvimento experimental; o RECOPE envolvia a interação entre universidades, institutos de pesquisa e empresas para a realização de atividades conjuntas de pesquisa, desenvolvimento experimental e engenharia.

A rapidez dos avanços tecnológicos e a crescente informatização dos meios de produção motivaram esta tentativa de reformulação dos currículos de Engenharia, buscando formar engenheiros com visão mais sistêmica e sólida formação básica. Os estudos e análises que subsidiaram suas bases mostraram a importância crescente do domínio tecnológico para a independência política e econômica do país, destacando que a mensuração deste domínio tecnológico não estaria na produção de artigos científicos, mas na capacidade de transformar conhecimento em produtos – e isto em um cenário de crescente competição internacional, sendo esta tarefa dos engenheiros, e cuja formação deve levá-la em consideração [38].

Dado o alcance do programa, sua concepção final incorporou contribuições da comunidade acadêmica, de engenheiros dos centros e institutos de pesquisa tecnológica e de lideranças empresariais e entidades representativas da engenharia nacional. Destaca-se, particularmente, o engajamento da *Academia Brasileira do Ensino de Engenharia- ANE*, *Federação Brasileira das Associações de*

Engenheiros - FEBRAE, Associação Brasileira do Ensino de Engenharia - ABENGE, Associação Brasileira dos Consultores em Engenharia - ABCE, Associação Nacional de Pesquisa em Empresas Industriais - ANPEI, Associação Brasileira dos Institutos de Pesquisa Tecnológica Industrial - ABIPTI, Associação Nacional das Entidades Promotoras de Empreendimentos em Tecnologia - ANPROTEC, Clube de Engenharia - RJ e Instituto de Engenharia - SP. O documento básico do PRODENGE foi tornado público durante o “I Seminário Internacional de Programas de Engenharia”, em setembro de 1995, no Rio de Janeiro, com a participação de representantes dos Estados Unidos, Inglaterra, França, Alemanha, Itália, Japão e Argentina.

3.10.2. Diretrizes Curriculares: CNE/CES 11/2002

A educação em engenharia no país pode tomar como ponto referencial a Resolução 48/76 de 27 de abril de 1976, do *Conselho Federal de Educação- CFE*, utilizada até 1996, quando entrou em vigor a Lei 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabeleceu as “*Diretrizes e Bases da Educação Nacional - LDB*” [42]. O *Conselho Nacional de Educação - CNE*, por meio do Parecer 776/97, e o *Ministério da Educação e Cultura - MEC*, através do Edital 04/97, organizaram a discussão das diretrizes curriculares, com participação de diversas instituições de ensino, profissionais e interessadas na formação dos engenheiros.

Estas discussões culminaram com o “*Parecer CNE/CES 1.362/2001*”, de 25/02/2002 e com a publicação, no Diário Oficial da União, em 09/04/2002, da Resolução CNE/CES 11/2002 estabelecendo as “*Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia*” [182]. As diferenças introduzidas pela CNE/CES/11/2002, em relação à CFE 48/76 são encontradas, de forma objetiva, em Pinto [39], e reproduzidas na Tabela 01. Vê-se que a CNE/CES 11/2002 altera a base filosófica do curso de Engenharia, focando-o na competência e em uma abordagem pedagógica “*centrada no aluno, com ênfase na síntese e na transdisciplinaridade*”. Prega ainda a “*valorização do ser humano e preservação do meio ambiente, integração social e política do profissional, articulação direta com a pós-graduação e forte vinculação entre teoria e prática*”. Objetivamente, sobre a formação, a CNE/CES 11/2002 estabelece, em seus artigos 3º e 4º o seguinte [182]:

"Art. 3º O Curso de Graduação em Engenharia tem como perfil do formando egresso/profissional o engenheiro, com 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.

Tabela 01 – Resoluções CFE 48/76 e CNE/CES 11/2002 - Adaptado de [39]

Atributos	CFE 48/76	CNE/CES 11/2002
Característica Predominante	Impositiva	Diretiva
Áreas de engenharia	6 áreas	Em aberto
Habilitações	Estabelece várias	Não menciona
Perfil do egresso	Não estabelece.	Sólida formação técnico-científica e profissional geral Adquirir competências e habilidades
Projeto de curso	A principal exigência era a Grade Curricular	O projeto político pedagógico é exigido e deve deixar claro como as atividades acadêmicas levam à formação do perfil profissional delineado
Organização Curricular	Currículo Mínimo - Grade de disciplinas com pré-requisitos.	Fim do Currículo Mínimo - flexibilização curricular, nova concepção de currículo
Currículo	Parte comum – formação básica e formação geral. Parte diversificada – formação profissional geral e específica. Disciplinas exigidas por legislação específica.	Núcleo de conteúdos básicos(30%) Núcleo de conteúdos profissionalizantes (15%) Extensões e aprofundamentos dos conteúdos do núcleo profissionalizante (demais 55%)
Foco do currículo	Centrado no Conteúdo	Habilidades e competências
Projetos integralizadores	Não previa	Prevê realização de trabalhos de integralização de conhecimentos, sendo obrigatório o Trabalho de Final de Curso
Duração do curso	4 a 9 anos (média de 5 anos), com um mínimo de 3.600 horas de atividades	Não estabelece
Estágio	Obrigatório, com o mínimo de 30 horas	Obrigatório, com o mínimo de 160 horas e supervisão sob responsabilidade da IES
Metodologia de ensino/aprendizagem	Não menciona	Prevê que o curso deve utilizar metodologias de ensino/aprendizagem capazes de garantir o desenvolvimento de habilidades e competências
Foco do processo de ensino/aprendizagem	Centrado no professor	Centrado no aluno
Avaliação	Não menciona	Cursos devem possuir métodos e critérios de avaliação do processo de ensino/aprendizagem e do próprio curso
A instituição de ensino	Administração com foco em documentação e registro acadêmico. Órgão de referência para o aluno era o Departamento	Administração de caracter mais pedagógico prevendo avaliação, acompanhamento, inclusive psico pedagógico. O principal órgão, pelas atribuições, é a coordenação do curso
Papel do Aluno	Predominantemente passivo	Para atender as exigências da resolução, o papel do aluno deve ser predominantemente ativo

Art. 4º A formação do engenheiro tem por objetivo dotar o profissional dos conhecimentos requeridos para o exercício das seguintes competências e habilidades gerais:

- I - aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia;
- II - projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados;
- III - conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos;
- IV - planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia;
- V - identificar, formular e resolver problemas de engenharia;
- VI - desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas;
- VI - supervisionar a operação e a manutenção de sistemas;
- VII - avaliar criticamente a operação e a manutenção de sistemas;
- VIII - comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica;
- IX - atuar em equipes multidisciplinares;
- X - compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissionais;
- XI - avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental;
- XII - avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia;
- XIII - assumir a postura de permanente busca de atualização profissional."

Verifica-se que os impactos educacionais esperados na formação dos egressos dos cursos de engenharia, adotados pela *EC200*, e reproduzidas no *Acordo de Washington*, possuem bastante similaridade com as diretrizes da *CNE 2002*, bem como com os demais documentos analisados neste trabalho, mais especificamente as diretrizes EUR-ACE®, as diretrizes da *ASIBEI* e o Relatório da *UNESCO*.

Essas Diretrizes Curriculares estão sendo implantadas, de forma lenta, pelas instituições de ensino de engenharia que, às vezes, encontram resistência de muitos professores para mudar suas práticas tradicionais do “*ensinar*”. Além disso, desenvolver competências exige dos professores o emprego de novas metodologias de ensino-aprendizagem e de avaliação, nem sempre por eles compreendidas – mais por falhas na sua formação como educador do que pela disposição em inovar em suas atividades docentes [40].

A realidade brasileira mostra ainda a utilização majoritária de projetos pedagógicos tradicionais, com pouca relação com o contexto atual, e fraca integração entre os componentes curriculares ou disciplinas. Ademais, praticamente inexistem correlações entre teoria e prática, com a inserção no ambiente profissional ocorrendo de forma tardia. Não cabem dúvidas que o grande desafio da educação em engenharia, no Brasil, é implantar formas ativas de construção de conhecimento e que aproximem o estudante da realidade que irá encontrar no mercado de trabalho [40]. É forte, felizmente, a pressão por mudanças no processo de formação dos engenheiros [41].

A legislação vigente para formação dos engenheiros explicita a intenção de mudar a base filosófica do curso, focando-o na competência, com abordagem pedagógica “centrada no aluno com ênfase na síntese e na transdisciplinaridade”. A LDB apresentou princípios interessantes, abrindo uma etapa de redefinição da educação no Brasil, ao colocar que a educação deve ser “inspirada nos princípios de liberdade e nos ideais de solidariedade humana, tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho”, e apresenta vários princípios básicos para o ensino, como a “liberdade de aprender, ensinar, pesquisar e divulgar a cultura, o pensamento, a arte e o saber, o pluralismo de idéias e de concepções pedagógicas, a garantia de padrão de qualidade, a valorização da experiência extraescolar e a vinculação da educação escolar com o trabalho e as práticas sociais” [42].

3.10.3. Inova Engenharia

É importante referenciar o documento *"Inova Engenharia: Propostas para a Modernização de Educação em Engenharia no Brasil,"* elaborado pela *Confederação Nacional da Indústria – CNI*, juntamente com o *Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI* e o *Instituto Euvaldo Lodi – IEL* e tornado público em 2006 [43]. A importância do documento é realçada pelo fato de ser originário do ambiente industrial, através de suas representações, tornando pública a visão deste setor, futuro empregador dos engenheiros do país, sobre os atributos, competências e características técnicas necessárias aos profissionais que demandam.

O documento observa que "... recentes pesquisas indicam [...] retração do esforço tecnológico e inovador das empresas no País. É uma realidade que precisa ser revertida, porque tecnologia é o ingrediente determinante da competitividade empresarial e da prosperidade das nações. Inovar tornou-se questão de sobrevivência" [43]. Focando na formação dos engenheiros, assinala que a *"educação em engenharia é elemento-chave nesse processo, por se tratar de atividade, por excelência, condutora da inovação nos setores econômicos. Mas, se o engenheiro é elemento ativo das transformações na era das mudanças tecnológicas rápidas, ele próprio vem sendo obrigado a promover profundas transformações em suas habilidades e em seu perfil profissional. A sociedade do conhecimento exige engenheiros com competências novas, flexibilidade e capacidade de aprender sozinho e permanentemente"* [43]. Continuando, o documento coloca que sua finalidade é "... apresentar propostas para a modernização da educação em engenharia no Brasil, idealizando cursos flexíveis a partir de uma visão de futuro. O desafio é grande, mas imprescindível para que o Brasil possa retomar o crescimento de forma sustentável" [43].

Analisando demandas tecnológicas colocadas para os engenheiros e os quesitos dos perfis profissionais necessários à sua resposta adequada, coloca que "... as

atividades do engenheiro envolvem, cada vez mais, serviços integrados de tecnologia, abrangendo não só os aspectos técnicos, mas também suas possíveis implicações em termos econômicos, sociais e ambientais [...]. As funções do engenheiro têm cada vez mais interfaces com outras áreas, dentro e fora da empresa, exigindo um leque de conhecimentos mais amplos e uma capacidade de análise mais profunda sobre a realidade social, legal, ambiental e econômica, além de mais habilidade para a comunicação e o trabalho em equipe” [43]. Coloca então que a nova realidade, de rápida evolução tecnológica, exige que o engenheiro, em seu perfil profissional, tenha atributos diferenciados, com destaque para [43]:

- “sólido conhecimento nas áreas básicas e capacidade para apropriar-se de novos conhecimentos de forma autônoma e independente, com espírito de pesquisa para acompanhar e contribuir com o desenvolvimento científico e tecnológico do país;
- aptidão para desenvolver soluções originais e criativas para problemas de projetos, produção e administração, com pleno domínio sobre qualidade total, produtividade, segurança do trabalho e preservação do meio ambiente;
- habilidade para trabalhar em equipe, coordenar grupos multidisciplinares e conceber, projetar, executar e gerir empreendimentos de engenharia, com conhecimento de aspectos legais e normativos e compreensão dos problemas administrativos, econômicos, políticos e sociais, de forma a compreender e intervir na sociedade como cidadão pleno, principalmente no que se refere às repercussões éticas, ambientais e políticas do seu trabalho;
- domínio de línguas estrangeiras para acesso direto às informações geradas em países avançados, onde surgem as principais inovações e percepção de mercado e capacidade de formalizar novos problemas, além de encontrar sua solução.”

A *mobilidade* - conjunto de atributos que permite a um profissional aproveitar novas oportunidade, em países estrangeiros ou no próprio local de origem - exige que o engenheiro alie o conhecimento técnico e científico tradicional – elementos básicos de matemática, ciências naturais e tecnologia – à outras competências que o qualifiquem a assumir responsabilidades no novo ambiente empresarial. A *mobilidade* está relacionada à flexibilidade mental e, portanto, à inovação

Observa que o desenvolvimento das engenharias é análogo ao processo de industrialização: em um primeiro estágio, a competência exigida do engenheiro era eminentemente *técnica*, mas à medida que a indústria se diversificava e sofisticava, passou a ser requerida a *qualificação científica* e, em uma terceira etapa, adicionaram-se as *competências gerenciais*, prosseguindo para uma *especialização crescente*. Avançou-se para um quarto estágio, optando-se pela direção inversa – indo da especialização para a *formação holística*. A formação holística é uma exigência da mobilidade, entendida em suas várias dimensões: profissional, social, cultural, tecnológica, metodológica e multidisciplinar. [43].

Para um engenheiro, *formação holística significa agregar às competências técnicas novos conhecimentos e habilidades*, permitindo-lhe conviver em comunidades e culturas diversificadas, que vivem e resolvem questões e problemas do cotidiano a partir de um olhar peculiar e característico. O engenheiro deve ter capacidade de comunicação e saber trabalhar em equipes multidisciplinares; ter consciência das implicações sociais, ecológicas e éticas envolvidas nos projetos de engenharia, falar mais de um idioma e estar disposto a trabalhar em qualquer parte do mundo.

O novo contexto tecnológico exige mudanças no perfil do engenheiro e, portanto, da *educação em engenharia*, que deve ter como ponto central de seus conteúdos um forte embasamento em ciências e matemática, devidamente contextualizado no universo da engenharia; não deve ter foco nem politécnico nem especialista permitindo uma formação personalizada, de acordo com os interesses do aluno e o contexto socioeconômico regional da instituição de educação, mas sem perder a perspectiva de que a engenharia pressupõe um conjunto articulado de conhecimentos, entre os quais o domínio de línguas estrangeiras [43].

A maior mudança, porém, é na área da aprendizagem. Salvo os enumerados acima, a *educação em engenharia não se deve focar demasiado em conteúdos, mas em garantir que o futuro profissional "aprenda a aprender" sozinho, para evitar a ameaça da obsolescência prematura*. É essencial, ainda, que o futuro profissional seja treinado para saber avançar no desconhecido. Sua graduação deve lhe proporcionar familiaridade com a metodologia da pesquisa e do desenvolvimento experimental, com os ambientes onde se intercambiam novos conhecimentos e novas tecnologias com a legislação de propriedade intelectual que regulamenta estes conhecimentos novos e com valores éticos fundamentais [43].

Essa nova concepção dos cursos de engenharia implica profundas transformações na atividade docente e no próprio conceito de docente que passa a ser não mais o que transmite conhecimentos, mas o *fornecedor de estímulos e facilidades para a aprendizagem e a pesquisa dos alunos*. Essas mudanças exigem o envolvimento sistemático do corpo docente em um programa permanente de pesquisas e de qualificação de modo a garantir que este processo seja dotado tanto de fundamentos, quanto de métodos, técnicas e meios científicos eficientes [43].

3.11. Conclusões

Focou-se, neste capítulo, nos movimentos institucionais para renovação das engenharias, em âmbito mundial. Foram relacionados os movimentos de renovação da educação em engenharia nos EUA, inicialmente, com a formação das "*Engineering Education Coalitions*" em 1989, o lançamento, em 1996, pela "*U. S. Accreditation Board for Engineering and Technology – ABET*" dos "*Engineering*

Criteria 2000 - EC2000” para acreditação dos cursos de engenharia, considerados totalmente revolucionários para a época.

Foram abordados ainda os acordos internacionais como o “*Washington Accord*”, o “*Sydney Accord*” e o “*Dublin Accord*”, relativos às engenharias, além do *Tratado de Bolonha*, contemplando a educação universitária de forma geral, com as engenharias incluídas, além das diretrizes da *ASIBEI*, para a educação em engenharia na iberoamérica.

Para o caso brasileiro, foram destacados os programas *PRODENGE* e *REENGE*, na década de 90, tentativas de re-estruturação da engenharia nacional, bem como analisadas as *Diretrizes Curriculares para a Engenharia*, de 2002. Uma discussão do *INOVA Engenharia* concluiu o capítulo.

O Capítulo 4 a seguir trata dos novos paradigmas associados aos novos perfis profissionais para as engenharias, atualmente demandados pela sociedade.

4. Alteração de Paradigmas e Novo Perfil Profissional

4.1. Introdução

Os perfis profissionais atuais demandam engenheiros com características distintas daqueles formados há algumas décadas. Não há como contestar que, há algumas décadas, a educação em engenharia formava profissionais adequados, considerando-se os conhecimentos, valores e habilidades dos perfis profissionais da época [13]. Verificando-se, p. ex., o caso dos EUA, cuja engenharia ocupa posição de liderança mundial, constata-se que, há cerca de 40/50 anos, percentual majoritário dos professores de engenharia tinha grande contato com o ambiente industrial através de projetos, consultorias ou experiência de trabalho e as necessidades colocadas pelo mercado profissional não colidiam com as práticas e conhecimentos adquiridos na academia. As tarefas desenvolvidas pela maioria dos engenheiros envolviam, principalmente, cálculos rotineiros e repetitivos que os estudantes desenvolviam, e/ou aperfeiçoavam, com exercícios em laboratórios, estudos de casos de situações industriais, estágios e trabalhos em convênios com as indústrias. Os valores básicos da prática da engenharia, à época, *eram a funcionalidade e o lucro: um sistema bem projetado era o que executava o que deveria ser executado, da maneira mais lucrativa possível* [13].

As condições operacionais atuais das empresas mostram realidade diversa. Tome-se, por exemplo, o caso das empresas de serviços intensivas em tecnologia (*"Knowledge-intensive Business Services – KIBS"*). Seu crescimento dinâmico, nos países desenvolvidos, a partir da década de 1990, é uma *característica estrutural da sociedade do conhecimento*, pois o fluxo de entrada-saída destas empresas liga-se diretamente ao conhecimento em si; seus serviços, incluindo consultoria gerencial, serviços técnicos de engenharia, pesquisa e desenvolvimento, serviços de processamento e software, marketing, publicidade, não são materiais. Os valores primários agregados pelas KIBS são a criação, acumulação e disseminação do conhecimento no desenvolvimento de serviços e soluções personalizadas intangíveis [44]. Sua estrutura organizacional inovadora inclui dimensões como interdependência e autogestão; são organizações planas, com ênfase no trabalho em equipes e nas atividades colaborativas entre os membros mostrando grande flexibilidade e características destacadas de funções compartilhadas, exigindo que os membros de suas equipes sejam autônomos e responsáveis por seus atos, que tomem e executem as decisões, independentes de supervisores [45].

Qualquer inspeção, contudo, mostrará que a educação em engenharia, que formará profissionais para atender às demandas de empresas com estas características,

envolve, basicamente, aulas expositivas em sala, resolução de exercícios numéricos e práticas de laboratório. Os estudantes, neste contexto, e via de regra, adquirirão competências necessárias apenas à aprovação em provas e testes, pois este modelo tradicional, conhecido como *aprendizagem passiva*, ainda reina absoluto, com aulas expositivas centralizadas no professor e práticas laboratoriais “receita de bolo”. Embora os professores universitários possuam experiências em suas áreas de atuação e/ou tenham grande embasamento teórico, predominam, no geral, o despreparo e o desconhecimento científico das bases da relação ensino-aprendizagem [46]. Neste quadro, o professor funciona como especialista, uma figura plena de “*autoridade*”⁵, e os estudantes têm postura passiva, com estilo de aprendizagem dependente em um ambiente competitivo e individualista, onde os estudantes ouvem o professor, que acredita que o conhecimento, em geral fora de contexto, pode ser transmitido dele para os estudantes.

Já a aprendizagem ativa, centrada no estudante, considerado o principal construtor de seu conhecimento, leva-o a descobrir um fenômeno, compreender os conceitos por si mesmo e, na seqüência, relacionar suas descobertas com seus conhecimentos prévios [47]. O professor tem o papel de facilitador na relação ensino-aprendizagem e atua como mediador do processo de construção do conhecimento dos estudantes, criando ferramentas e ambientes de aprendizagem contextualizados, favoráveis à aprendizagem independente, colaborativa e transformadora. A ênfase é no desenvolvimento do conhecimento, competências e atitudes dos estudantes, com possibilidades de um desenvolvimento cognitivo em níveis mais avançados (Analisar, Avaliar, Criar)⁶ [48].

Questão fundamental: *existe, realmente, necessidade de alterações na formação dos engenheiros, em direção a métodos de aprendizagem mais centrados nos estudantes?* Kolmos [49] observa que o desenvolvimento da sociedade tem a engenharia como base e, sem inovações tecnológicas, não haverá produção de novos bens, crescimento econômico e desenvolvimento humano. Inovações integram mecanismos de mercado para estabelecer, exatamente, novos mercados que necessitam desenvolver inovações e, em consequência, conhecimento científico e tecnológico, criando desafios para a educação em engenharia [49]:

- o conhecimento atual será ultrapassado em poucos anos, gerando desafios para a educação em engenharia, mundialmente;
- a inovação não é mais baseada no conhecimento individual, mas sim no colaborativo [50];
- a construção colaborativa do conhecimento torna-se crescentemente complexa, pois novas formas de partilhar o trabalho, mundialmente, envolvem

⁵ Ver Capítulo 7: Modelo de Desenvolvimento Cognitivo de Perry

⁶ Ver Capítulo 7: Taxonomia de Bloom

- compreensão intercultural da colaboração internacional [9], acrescida da dificuldade de se criar com conhecimentos interdisciplinares;
- existe grande pressão social para tornar o desenvolvimento tecnológico mais sustentável, envolvendo questões como meio ambiente e responsabilidade social.

Kolmos [49] coloca, de forma clara e decidida: "Há uma necessidade urgente de mudanças, *se a educação de engenharia não está formando engenheiros com este perfil*", lembrando que a resposta a estes novos desafios foram integrados, como competências desejáveis, por exemplo, tanto na "Accreditation Board for Engineering and Technology - ABET", dos EUA, e na europeia "European Accreditation Board for Engineering Education - EUR-ACE®", como critérios para acreditação dos cursos de engenharia. Assinala que os requerimentos para acreditação ultrapassam o conhecimento técnico, sendo necessário agregar, desenvolver e reforçar, na educação em engenharia, capacidade para atuar em equipes multidisciplinares, identificar e resolver problemas de ciência aplicada, compreender responsabilidades ética e profissional, utilizar técnicas, habilidades e ferramentas técnicas e científicas modernas necessárias à prática profissional e comunicar efetivamente. Coloca ainda a educação ampla, necessária à compreensão do impacto das soluções de engenharia no contexto global e social, o reconhecimento da necessidade de, e capacidade para, envolver-se em processo de aprendizagem contínua, e conhecimento das questões contemporâneas.

Nestes critérios poderiam constar também requerimentos para construções de conhecimentos complexos, interligando culturas e disciplinas, e envolvendo questões sustentáveis [49]; tais demandas, contudo, não se formulam de forma transparente, pois a consciência do conhecimento complexo - e sua representação em um mundo globalizado- se consolida lentamente. A engenharia baseia-se em *sistemas*, e os engenheiros trabalham, fundamentalmente, com "*caixas pretas*"; o novo desafio é operar equipes interculturais, colaborativas e interdisciplinares.

Analisando-se as competências, verifica-se que, mesmo com divergências conceituais envolvendo diferenças entre "*habilidades*" e "*competências*" e entre "*conhecimento tecnológico*" e "*conhecimento técnico*" [51, 52, 53] pode-se assinalar também grande convergência [5,13,22,23] na visão do perfil profissional dos engenheiros que pode ser dividido, por conveniência didática, em três componentes, pois são inseparáveis, constituindo um todo único:

- (1) *conhecimento* - fatos técnicos que os engenheiros conhecem e conceitos que compreendem, ligados primariamente à sua especialidade;
- (2) *competências* que utilizam para gerenciar e aplicar o conhecimento, tais como computação, experimentação, análise, síntese/projeto, avaliação, comunicação, liderança, trabalho em equipe;

(3) *atitudes* que ditam os objetivos para os quais as habilidades e conhecimentos estarão direcionados – valores pessoais, interesses, preferências e preconceitos.

O *conhecimento* constitui o *banco de dados* profissionais do engenheiro; as *competências* são as ferramentas utilizadas para manipular o conhecimento para alcance dos objetivos ditados, ou influenciados, pelas atitudes [13]. Analisar-se-á, a seguir, estes componentes referenciando-se, com transcrições parciais, nos trabalhos de Felder e equipe [13, 54, 55, 56, 57, 58] que, baseados nos “*ABET Engineering Criteria 2000*” sugerem posturas e métodos mais adequados à formação do engenheiro do século XXI [21].

4.2. Componentes do Perfil Profissional: Conhecimento

O volume de informações que os engenheiros, coletivamente, necessitam conhecer, cresce a taxas superiores à capacidade de sua incorporação aos currículos. Rugarcia [13] cita os graduados em engenharia química: até início dos anos 1980, eram absorvidos, majoritariamente, pelas indústrias químicas e petroquímicas. Atualmente, são requisitados, de forma crescente, em áreas como biotecnologia, engenharia computacional, ciências ambientais, engenharia de saúde e segurança, tecnologia de fabricação de semicondutores, finanças e administração. Estas novas demandas exigem o domínio de conceitos de biologia, física, toxicologia, políticas fiscais, engenharia computacional e de software, *que normalmente não integram currículos de engenharia química*. De forma crescente, os graduados de hoje serão cada vez menos solicitados a solucionar problemas técnicos associados aos elementos básicos dos conteúdos curriculares, como ocorria há algumas décadas.

Tentativas de estruturar currículos que contemplem todas as futuras necessidades de conteúdo dos graduados constituem “*trabalho de Sísifo*”; ainda que se busque solução alternativa, instituindo um núcleo de conhecimentos básicos acoplado a diferentes especialidades, ênfase e habilitações que atendam às novas e crescentes demandas, *nunca será possível cobrir, no currículo, todo o conhecimento necessário ao trabalho do engenheiro, quando este se graduar*. Isto exige novas visões e posturas de estruturação curricular que incorporem, nos estudantes, a capacidade de integrar conteúdos de diferentes áreas e disciplinas, associadas ao desenvolvimento de habilidades que permitam o aprendizado contínuo.

4.3. Componentes do Perfil Profissional: Competências

Segundo Felder e equipe [13, 54, 55, 56, 57, 58] as competências do perfil profissional do engenheiro, as denominadas “*soft skills*”, podem ser discriminadas em sete categorias:

a) Aprendizado independente, interdependente e contínuo

Parcela majoritária dos estudantes, na concepção do “*Perry’s Model*”⁷ [47], chega à universidade como aprendizes dependentes (“*dependent learners*”), adotando visões dualistas sobre a aprendizagem. Há que move-los, inicialmente, para a condição de aprendizes independentes (“*independent learners*”), para quem o conhecimento deve ser construído a partir de distintas e contraditórias percepções, sujeitas à avaliação crítica.

Mas deve-se estabelecer condições para que se transformem em aprendizes interdependentes (“*interdependent learners*”) para quem o conhecimento, e as atitudes, devem ser contextualizadas, que adquirir informações de fontes variadas aumenta a probabilidade de sucesso e que o trabalho colaborativo, grupal, é poderosa fonte de aprendizagem. A razão é simples: no mundo real do trabalho, como graduados, não mais disporão de professores, livros textos e cursos para auxiliá-los a solucionar os problemas que confrontarão; as ferramentas disponíveis serão eles mesmos e colegas de equipe. Nesta situação, como aprendizes interdependentes, capazes de desenvolver suas próprias habilidades de raciocínio e utilizando o trabalho colaborativo para superar as limitações, estarão aptos a uma aprendizagem contínua e capacitados a solucionar os problemas colocados.

b) Solução de Problemas, Pensamento Crítico e Criatividade

Quando confrontados com um problema, os estudantes – e futuros engenheiros – devem solucioná-lo de acordo com os seguintes passos: colocá-lo no contexto apropriado; formular um plano sistemático de solução incorporando análise, síntese, avaliação e heurísticas apropriadas; localizar fontes adequadas de informação; identificar as idéias principais, as suposições subentendidas e erros lógicos, e avaliar a credibilidade das fontes identificadas; criar opções, classificá-las e priorizá-las; efetuar observações apropriadas e deduzir inferências; formular e implantar critérios quantitativos para julgamentos; desenvolver argumentos convincentes que suportem a validade das hipóteses ou teses; gerar novas questões ou experimentos para resolver incertezas e monitorar a solução, revisando-a quando necessário. Cabe uma questão crítica: *os atuais currículos de engenharia trabalham estas questões? Se não trabalham, como incorporá-las?*

c) Habilidades interpessoais, de grupo e de equipe

A imagem do engenheiro isolado, “*inspirado*”, desenvolvendo um novo produto ou processo é fictícia e sem apoio na realidade. A engenharia, por sua natureza, é um

⁷ Ver Capítulo 7: O Modelo de Desenvolvimento Cognitivo de Perry

empreendimento cooperativo, praticado por equipes com habilidades, conhecimentos e responsabilidades diferenciadas. As habilidades associadas ao sucesso de um trabalho de equipe - saber ouvir, entender outros pontos de vista, liderar sem dominar, delegar e aceitar responsabilidades e lidar com conflitos interpessoais – podem ser mais importantes para um projeto que as capacidades técnicas dos participantes. Ter consciência das necessidades dos demais e considerá-las quando da tomada de decisões – aspecto essencial do trabalho em equipe – é pré-requisito para uma atitude profissional e ética. Adicionalmente, a construção colaborativa de conhecimento torna-se mais complexa [49], pois novas formas de partilhar o trabalho, mundialmente, envolvem compreensão intercultural da colaboração internacional [9], com a dificuldade de se criar utilizando conhecimentos interdisciplinares.

d) Habilidades de comunicação

O trabalho em equipe requer capacidade de comunicação, transversal, envolvendo conteúdos, culturas e linguagens diversas. Engenheiros devem se comunicar de forma clara, objetiva, simples e convincente, em linguagem escrita e falada, com outros engenheiros, cientistas, analistas de sistemas, contadores, gerentes, com e sem conhecimentos técnicos. Esta comunicação ocorre no interior da companhia, com as subsidiárias, com as companhias clientes, com os integrantes das agências regulatórias e com o público em geral. *Trata-se, inquestionavelmente, de uma das habilidades centrais necessárias ao exercício da profissão de engenheiro.*

e) Avaliação e autoavaliação

É conhecido que “*quem possui a capacidade de avaliar possui o conhecimento*”. A necessidade de efetuar avaliações e julgamentos estará presente no dia a dia dos engenheiros, que deverão julgar e decidir a partir de relatórios, informações, descrições e mesmo a partir de atitudes comportamentais de membros da equipe. Trata-se de outra importante habilidade a ser trabalhada no perfil profissional.

f) Integração do conhecimento disciplinar

Em sua formação, os estudantes praticam a solução de problemas de disciplinas específicas, solucionando problemas de circuitos elétricos no curso de circuitos elétricos, problemas de eletrônica no curso de eletrônica, problemas de controle de processos no curso de controle de processos, etc.. Na vida prática, necessitarão solucionar problemas que envolvem, simultaneamente, conhecimentos de circuitos elétricos, eletrônica e controle de processos, situação esta que demanda habilidades genéricas de solução de problemas bem como a capacidade de integrar conhecimentos que, à primeira vista, parecem distintos e estanques.

g) Adaptar-se às mudanças

Rugarcia [13] coloca que a única certeza sobre a engenharia, nas próximas décadas, é que ela mudará, pois todo o restante também mudará. Espera-se que o crescimento tecnológico conduza à rápida obsolescência de produtos e à necessidade decrescente de engenheiros para desempenhar tarefas que normalmente desempenham, com aumento da demanda em áreas não tradicionais, especialmente áreas internacionais. É certo que somente aqueles que souberem se adaptar à estas mudanças assumindo novas tarefas, novas responsabilidades e desenvolvendo novas habilidades conseguirão ser profissionais bem sucedidos.

4.4 Componentes do Perfil Profissional: Atitudes e Valores

Observou-se, nas últimas décadas, postura de estruturação curricular que pode ter se revelado completamente falsa: a suposição que a inserção de conteúdos de ciências humanas e sociais nos currículos desenvolveria, nos estudantes, compromisso com a ética e a responsabilidade. Esta situação pode ter reforçado a postura, infelizmente comum, assumida pelos engenheiros, da não consideração dos efeitos sociais, éticos e morais das decisões técnicas que tomam, acreditando que estes efeitos estão na esfera de responsabilidade de outras pessoas e/ou outros organismos. *Os novos paradigmas sociais exigem que estas posturas sejam devidamente equacionadas e ações para sua correção são altamente necessárias.*

Para Morin [59, 60], "uma educação centrada na hiperespecialização impede de ver o global (*que ela fragmenta em parcelas*), bem como o essencial (*que ela dilui*); os problemas essenciais *nunca são parceláveis* e os problemas globais são *cada vez mais essenciais*". Adicionalmente, ressalta que "todos os problemas particulares só podem ser posicionados e pensados corretamente em seus contextos, e estes contextos devem ser posicionados, cada vez mais, no contexto planetário". Morin [59] elenca "*sete buracos negros da educação*", que devem ser trabalhados pelos educadores, possibilitando formação mais global, holística e humana:

- **Conhecimento:** a educação constrói conhecimento, fornece saberes. Porém, apesar de sua fundamental importância, nunca se ensina o que é, de fato, o *conhecimento*. E sabemos que os maiores problemas neste caso são o erro e a ilusão Porque o conhecimento nunca é um reflexo ou espelho da realidade. *O conhecimento é sempre uma tradução, seguida de reconstrução;*

- **Conhecimento Pertinente:** é o conhecimento que não mutila seu objeto. As disciplinas de toda ordem ajudaram o avanço do conhecimento e são insubstituíveis, mas suas conexões são invisíveis, o que não significa que seja necessário conhecer somente parte da realidade. É necessário situar o conjunto e

ter capacidade de colocar o conhecimento no contexto; o ensino por disciplinas, fragmentado e dividido, impede a capacidade natural que o espírito tem de contextualizar, de ligar as partes ao todo e o todo às partes;

- **Identidade Humana:** aspecto completamente ignorado pelos programas de instrução, pois aspectos do homem biológico são percebidos em Biologia, aspectos psicológicos em Psicologia, mas *a realidade humana é indecifrável*. Somos indivíduos de uma sociedade e participamos de uma espécie, mas temos, simultaneamente, a sociedade como parte de nós, pois desde o nosso nascimento a cultura se nos imprime; o relacionamento indivíduo-sociedade-espécie gera uma realidade humana trinitária;

- **Compreensão Humana:** compreender vem de "*compreendere*", que significa *colocar junto todos os elementos de explicação*. Mas a compreensão humana vai além, pois comporta *empatia e identificação*. Compreender alguém que chora não é analisar lágrimas no microscópio, mas saber o significado da dor, da emoção. A grande inimiga da compreensão é a falta de preocupação em ensiná-la, e o individualismo ganha espaço crescente. Vivemos em uma sociedade individualista, que favorece a responsabilidade individual, desenvolve o egocentrismo, o egoísmo alimentando a autojustificação e a rejeição ao próximo;

- **Incerteza:** ensina-se, nas escolas, somente as certezas, como a gravitação de Newton e o eletromagnetismo, mas a ciência tem procurado assimilar o jogo entre certeza e incerteza, da micro-física às ciências humanas. Deve-se mostrar, em todos os domínios, o inesperado, a "*ecologia da ação*": uma ação é desencadeada e escapa ao desejo e às intenções daquele que a provocou, desencadeando influências múltiplas e desviando-a até em sentido oposto ao intencionado;

- **Condição Planetária:** existe, neste momento, destino comum a todos os seres humanos, e a ameaça letal se expande em vez de diminuir: ameaça nuclear, ameaça ecológica, degradação da vida planetária. A tomada de consciência desses problemas é tímida e não conduziu ainda a nenhuma decisão efetiva, fazendo-se urgente a construção de uma consciência planetária. Há que se mostrar que o destino da humanidade é comum;

- **Antropo-ética:** cabe ao ser humano desenvolver, ao mesmo tempo, a ética e a autonomia pessoal (responsabilidades pessoais), além da participação social (responsabilidades sociais), ou seja, no gênero humano, pois se compartilha um destino comum. Deve-se transformar a concepção fragmentada e dividida do mundo, que impede a visão total da realidade, fazendo com que os problemas permaneçam invisíveis para muitos.

4.5. Conclusões

Verificou-se, neste capítulo, que os perfis profissionais atuais demandam engenheiros com características distintas daqueles formados há algumas décadas. A realidade das empresas na atualidade, das quais exemplo paradigmático são as empresas de serviços intensivas em tecnologia (*“Knowledge-intensive Business Services – KIBS”*), demandam profissionais com perfis totalmente diferenciados, se comparados aos praticados há alguns anos.

Verificou-se, de forma ilustrativa, que o perfil profissional do engenheiro envolve os *conhecimentos técnicos* ligados primariamente à sua especialidade, as *competências* que utilizam para gerenciar e aplicar o conhecimento, tais como computação, experimentação, análise, síntese/projeto, avaliação, comunicação, liderança, trabalho em equipe e as *atitudes* que ditam os objetivos para os quais as habilidades e conhecimentos estarão direcionados – valores pessoais, interesses, preferências e preconceitos.

Foram discutidas características ligadas aos conhecimentos técnicos, às competências, a partir das condições de acreditação da ABET, e aos valores, na visão de Morin [60].

Aborda-se-á, no próximo capítulo, as condições psicológicas para a relação ensino-aprendizagem, com destaque para a concepção socio-histórica de Vygotsky e a questão da *Zona de Desenvolvimento Proximal - ZDP*.

5. Paradigmas da Relação Ensino - Aprendizagem

5.1. Introdução

As demandas colocadas para o perfil profissional dos engenheiros, como analisado, exigem novos procedimentos metodológicos, novas posturas pedagógicas e, acima de tudo, novas perspectivas psicológicas para o processo ensino - aprendizagem: "... ensinar e aprender são as tarefas constitutivas do 'fazer' da sala de aula. Entretanto, o lugar e a ênfase que se dá a cada uma dessas tarefas caracterizam as diferentes concepções teóricas que podem estar subsidiando a prática pedagógica. Na maioria das vezes, o professor dos cursos de engenharia trabalha em sala de aula sem se dar conta que seu fazer é orientado por determinada perspectiva teórica. Assim, ao trabalhar os diferentes conteúdos previstos pelo currículo do curso, pode priorizar o *ensinar* ou o *aprender*, a *transmissão* ou a *construção* do conhecimento. Tomar consciência daquilo que faz, compreender o '*que*' e o '*por que*' está fazendo algo, '*por que*' está usando determinadas estratégias - e não outras - é fundamental para um trabalho sério e produtivo"[61].

O "*fazer*" da sala de aula destaca que o trabalho do professor não se associa a um procedimento mecânico, uma atividade meramente burocrática, pois sua própria essência não é o "*somente informar*", mas é sua missão, acima de tudo, *contribuir para formar sujeitos historicamente situados*, que devem desenvolver um conjunto de conhecimentos técnicos, competências, atitudes e valores, em resposta às colocações sociais, possibilitando o exercício competente, profissional e ético de sua profissão [61]. A tarefa do professor deve ser preparar profissionais que estejam no mesmo nível da civilização atual, com suas complexidades e contradições, e que possam desenvolver seu trabalho como profissionais e cidadãos, o que exige preparação técnica, científica e social.

Se a universidade tem no papel educador seu maior destaque, e se a postura mais nobre que um professor pode almejar é ser um *educador*, que se entende por "*educar*"? Segundo Morin [60], "... é conseguir que os alunos, numa sociedade tecnológica, multimídia e globalizada, possam trabalhar os conhecimentos científicos e tecnológicos necessários à carreira que escolheram, desenvolvendo competências para operá-los, revê-los e reconstruí-los com sabedoria, com capacidade para analisá-los, confrontá-los e contextualizá-los, de forma contínua, articulando-os em totalidades que permitam construir um sentimento de pertinência à uma cidadania mundial" [60].

O *conhecimento não se reduz à informação* - que está num primeiro nível - e deve ser superada pelo professor em sua construção com os alunos, elevando-se a níveis superiores [60]. No segundo nível, está o ato de *conhecer* que é trabalhar com as informações, classificando-as, analisando-as e contextualizando-as. Mas é

imperativo trabalhar em um nível mais superior, onde se situa a *inteligência*, a *consciência*, a *sabedoria*. *Inteligência* é vincular o conhecimento de maneira útil e pertinente, produzindo novas formas de progresso e desenvolvimento, enquanto *consciência* e *sabedoria* envolvem reflexão, produção de novas formas de existência, de humanização. *Conhecer* é ter consciência do poder do conhecimento para a produção da vida material, social e existencial da humanidade [61].

5.2. Concepções Psicológicas do Ensinar e do Aprender

Métodos de ensino e tecnologias do ensinar, ainda que inconsciente para os professores, vinculam-se a perspectivas psicológicas, tendo como base um pensamento filosófico, uma visão estruturada de mundo. Uma taxonomia destas perspectivas envolve riscos, reducionismos e artificialidades, dada a extrema complexidade da vida social e dos processos de formação do homem. Não são processos exatos, determinísticos, mas paradigmas, expressões sistêmicas de determinadas visões dentro da superestrutura social, exprimindo anseios e ideologias de seus diversos segmentos, da dinâmica da sociedade e de seu tempo. Entende-se paradigma como "um modelo, padrões compartilhados que permitem a explicação de certos aspectos da realidade. É mais que uma teoria; é uma estrutura que gera novas teorias; é algo que estaria no início das teorias" [62].

Exemplifica-se esta diversidade com a taxonomia educacional proposta em Rabello [63] que considera os teóricos "*Ambientalistas*", entre eles Skinner [64] e Watson [65], ligados ao behaviorismo, para quem as pessoas nascem como "*tábulas rasas*", aprendendo tudo a partir do ambiente onde convivem, por processos de imitação e/ou reforço; os teóricos "*Inatistas*", como Chomsky [66], para quem as pessoas já nascem, em sua estrutura biológica, com tudo que necessitam para se desenvolver, sendo que nada é aprendido no ambiente, e sim apenas disparado por este. Considera ainda os teóricos "*Construcionistas*", tendo como ícone Piaget [67], onde a cognição é construída a partir de interações entre o desenvolvimento biológico e as aquisições da criança com o meio, bem como a abordagem "*Sócio-interacionista*", de Vygotsky [68], segundo a qual o desenvolvimento humano é construído a partir das interações entre parceiros sociais, através de processos de interação e mediação, e onde a linguagem representa papel destacado.

Contempla ainda a perspectiva "*Evolucionista*", influenciada por Fodor [69], para quem o desenvolvimento ocorre por evolução das características humanas e variações individuais, resultante de interações de mecanismos genéticos e ecológicos, envolvendo experiências individuais, desde antes do nascimento e, finalmente, a visão de desenvolvimento "*Psicanalítico*", cujos expoentes são Freud [70], Klein [71], Winnicott [72] e Erikson [73], que explica o desenvolvimento humano a partir de motivações conscientes e inconscientes do aprendiz, focando em seus conflitos internos durante a infância e pelo resto do ciclo vital.

A adoção de um paradigma não ocorre por gosto ou conveniência, mas é uma decisão ideológica, associada à determinada visão dentro da superestrutura social, exprimindo anseios e comprometimentos históricos de seus segmentos e da dinâmica da sociedade. No presente trabalho será adotado o paradigma utilizado por Freitas [61], pela visão de mundo subjacente, associada à percepção histórico-dialética da sociedade. A autora utiliza quatro concepções que orientam o ensinar e o aprender: *objetivista, subjetivista, cognitivista e sócio-histórica*, organizadas com base na relação do sujeito com o objeto do conhecimento, do que decorrem implicações para o trabalho em sala de aula. Por sua clareza e objetividade, serão efetuadas transcrições parciais da obra citada.

5.3. Concepção Objetivista

O conhecimento preexiste ao sujeito estando contido no mundo dos objetos externos [61]. Suas bases conceituais remontam ao *Empirismo* [74], para quem o conhecimento se realiza na experiência do mundo do objeto, derivando, direta ou indiretamente, da experiência sensível. Locke, filósofo inglês [75], afirma que a fonte de formação de nossas ideias é a experiência, opondo-se, assim, à concepção das ideias inatas. Para ele, todo conhecimento humano tem sua origem na sensação, não há nada em nossas mentes que não tenha passado, primeiro, pelos nossos sentidos e, com base nos dados da experiência, é que serão produzidas novas ideias, por meio da abstração. Locke foi o primeiro a definir o "*si mesmo*" através de uma continuidade de consciência, postulando que a mente era "*tabula rasa*", em oposição ao Cartesianismo, e que o conhecimento é determinado apenas pela experiência derivada da percepção sensorial.

Hume [76], filósofo escocês, creditava também aos sentidos a fonte de todos os conhecimentos; na perspectiva empirista somente a experiência e a sensação são fontes do conhecimento, que é algo existente no meio físico, ou social, e toda sua ênfase está no ambiente, no objeto que é determinado no ato de conhecer, e não no sujeito que conhece. O sujeito, nessa perspectiva, é mero receptor que reage passivamente às impressões do meio. Uma corrente psicológica que incorpora esses princípios, e que influenciou as questões educacionais, é a *behaviorista*, cuja proposição é um estudo científico do homem limitando-se, no entanto, à investigação de seu comportamento, compreendido como resposta a um estímulo externo, sem referência aos processos internos, à consciência.

A visão educacional baseada em Skinner [64] concebe a educação como um processo de modificação de comportamento condicionado às alterações das contingências de reforços, fazendo-se presente na escola pela formulação de objetivos operacionais ("só se deve ensinar o que pode ser observado e medido"), instrução programada, estratégias de ensino, manipulação de situações de aprendizagem, esquemas de reforços, planejamento científico, eficiência

organizacional. O behaviorismo é responsável pela abordagem mecanicista do processo ensino-aprendizagem, reduzindo a ação do sujeito e sua autonomia diante de um ambiente controlador. A aprendizagem fica reduzida a um processo linear e relegada a segundo plano, pois o importante é ensinar e aquele que ensina, o professor, tem papel destacado. Não apenas a abordagem tecnicista se enquadra nessa perspectiva; a escola tradicional, ao considerar o aluno como "*tabula rasa*" e conferir ao professor lugar de destaque, enfatiza também o *ensinar* como função principal dentro da escola. Ambas as perspectivas vêem o conhecimento como algo a ser *transmitido* pelo professor e *adquirido* pelo aluno. Daí a importância à memorização, à reprodução, à cópia, em detrimento da criação pessoal.

5.4. Concepção Subjetivista

O conhecimento pertence ao sujeito antes que ele se relacione com o mundo externo; é a perspectiva filosófica do *idealismo*, que interpreta o mundo exterior, ou material, em termos do mundo interior, subjetivo ou espiritual, reduzindo o objeto do conhecimento ao sujeito conhecedor. O pensamento de Kant está relacionado a essa perspectiva pois situa o mundo das idéias na consciência individual e considera a razão como fundamento de todo conhecimento possível (racionalismo). A sua *Crítica da Razão Pura* reinstaurou a mente como um princípio de organização, que torna possível e inteligível a própria experiência. Kant afirma que o conhecimento humano provém da *sensibilidade* (os objetos nos são dados) e do *entendimento* (os objetos são pensados) que, conjugados, possibilitam ao sujeito construir um conhecimento a ele referenciado, e não à realidade em si, enfatizando processos internos. Esta perspectiva opõe-se à empirista ao relativizar a experiência, "*absolutizando*" o sujeito na medida em que toda atividade de conhecimento é exclusiva do sujeito, e o meio dela não participa.

No campo psicológico, esta visão remete à psicologia humanista e à Gestalt, que acentuam o valor do sujeito e exaltam sua natureza individual. A psicologia centrada na pessoa, de Carl Rogers - "*o homem é um ser autônomo e livre, não determinado pelo ambiente social*" -, vê o processo educativo como facilitador de situações favoráveis ao desenvolvimento pleno do educando, baseado em suas tendências e predisposições naturais. As condições de conhecimento são inatas, predeterminadas, são *condições de possibilidade*, reconhecendo a *predominância do sujeito sobre o objeto do conhecimento*, valorizando a atividade e a criatividade. Este ideal é abraçado pela *Escola Nova*, que coloca o aluno como centro do processo educacional, enfatizando o aprender, sendo o professor mero facilitador.

Ambas as concepções - a objetivista e a subjetivista - fragmentam a realidade, não captando o movimento real do indivíduo na sociedade. No objetivismo, a ênfase recai sobre o *meio*, do qual o indivíduo é um mero produto. No subjetivismo, a ênfase recai no *sujeito*, que, dotado de uma essência universal, é anterior às

condições ambientais e históricas. Ambas as perspectivas são aistóricas e não realizam a *síntese sujeito-objeto*, *indivíduo-sociedade*, condição fundamental para captação da totalidade dos fenômenos psicológicos.

5.5. Concepção Cognitivista

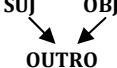
Na concepção *objetivista*, o conhecimento é um dado da experiência e o que se valoriza na prática pedagógica é a *transmissão do conhecimento*, sendo o professor aquele que ensina a um aluno que adquire passivamente o que é ensinado. O *subjetivismo*, considerando o conhecimento inato, não determinado pelo ambiente, compreende a educação como resultado do desenvolvimento das *predisposições naturais do indivíduo*. Contrapondo-se a essas posições, a concepção *cognitivista* propõe terceira via, afirmando que o conhecimento não provém da experiência única dos objetos nem da programação inata pré-formada, mas das ações do sujeito sobre o objeto, diante dos desafios cognitivos e situações problemáticas.

Esse é a visão da psicologia de Piaget [77] que, no campo do conhecimento, analisa as relações entre o sujeito que atua e pensa e os objetos de sua experiência. O problema das relações sujeito-objeto é analisado em sua *psicogênese* que examina os mecanismos pelos quais o sujeito constrói sistemas de operação lógicas e conduz à sua *epistemologia genética*, que concebe a construção do conhecimento com base nas trocas recíprocas entre o sujeito e os objetos. Para Piaget [77], o *funcionamento cognitivo* e a *equilibração* são responsáveis pela possibilidade da inteligência - ou pensamento - construir paulatinamente o instrumental intelectual necessário à organização compreensível e inteligível da realidade.

A *evolução da inteligência determina a evolução do conhecimento* por um processo interativo entre o sujeito e o mundo, entre o sujeito conhecedor e o objeto a conhecer. O instrumento de troca entre o sujeito e o mundo é a *ação*, que se transforma gradativamente, desde as ações reflexas pertencentes ao organismo biológico até alcançar o pensamento formal abstrato. Ela pode ser exercida pelas experiências física e lógico-matemática; na primeira o sujeito tenta compreender as propriedades do objeto com o qual interage, assimilando-o e, na segunda, experimenta-o com suas ações para abstrair suas propriedades. É o sujeito que age em relação ao objeto e suas estruturas se transformam por força do objeto.

Para Piaget, *adaptação* e *equilíbrio* são propriedades constitutivas da vida. A adaptação se desdobra em *assimilação* e *acomodação*. Pela *assimilação* o sujeito age sobre o objeto, efetuando um movimento de interiorização que reorganiza suas estruturas cognitivas. Pela *acomodação* há, ao contrário, um movimento de exteriorização no qual as estruturas cognitivas são ajustadas à base de novas informações provenientes do mundo externo, sendo a *equilibração* o processo pelo qual se formam as estruturas cognitivas.

Tabela 02 - Perspectivas Psicológicas - adaptado de [61]

Perspectivas Psicológicas (Concepções)	OBJETIVISTA	SUBJETIVISTA	COGNITIVISTA	SÓCIO- HISTÓRICA
Relação Sujeito- Objeto	SUJ ←— OBJ	SUJ →— OBJ	SUJ ↔ OBJ	
Pensamento Filosófico	Realismo - Empirismo	Idealismo - Racionalismo	Racionalismo - Estruturalismo	Materialismo Dialético
Localização do Conhecimento	Contido no mundo dos objetos externos. Experiência do mundo do objeto. Preexiste ao sujeito	Pertence ao sujeito antes de se relacionar com o mundo externo. Existe anteriormente à experiência, inato.	3ª Via. Não está nos objetos, nem nos processos internos, mas na ação do sujeito sobre os objetos	Ruptura. Conhecimento= relação dialética sujeito x meio historicamente construído
Ênfase	Objeto externo, meio ambiente	Processos internos, consciência	Ação do sujeito	Relações interpessoais
Sujeito	Receptor passivo, moldado de fora para dentro	Ativo. Atividade de conhecimento exclusiva do sujeito	Ativo, individual e cognitivo	Interativo, ser social construtor da individualidade. Interações entre indivíduos mediadas pela cultura
Psicologia	Behaviorismo	Gestalt, Humanista	Piagetiana	Sócio -histórica
Educação	Escola tradicional. Escola tecnicista	Escola Nova	Construtivismo	Progressista
Aluno	"Tabula rasa"	Potencialidades	Construtor do Conhecimento	Construção compartilhada do conhecimento
Pedagogia	Centrada no professor	Centrada no aluno	Centrada no aluno	Centrada na atividade dos indivíduos em interação
Relação aluno/professor	Hierárquica	Igualdade	Igualdade	Intersubjetiva
Processo de ensino/aprendizagem	Transmissão / Reprodução	Atualização de potencialidades	Construção individual	Construção social
	ENSINAR	APRENDER	APRENDER	ENSINAR / APRENDER

Pela teoria psicológica piagetiana tudo que é incorporado à atividade dos alunos pela descoberta pessoal passa a integrar sua estrutura cognitiva, podendo ser empregado em novas situações. O ensino é visto como um convite à exploração, à descoberta, tornando-se a sala de aula um espaço de construção onde *o aluno tem um papel central e ativo na produção do saber*. A perspectiva educacional construtivista não está voltada para o *como ensinar* e sim para o *como aprender*. *O aluno é sujeito de sua própria aprendizagem*, que está vinculada às possibilidades apontadas por seu desenvolvimento, por sua maturação biopsicológica; o processo de aprendizagem pode ocorrer espontaneamente, independente da ação ou interferência de outro sujeito, minimizando a atuação do professor.

A grande contribuição de Piaget à educação está na afirmação que *o aprendiz tem papel ativo em sua aprendizagem*, mas ao falar de uma ação direta sujeito-objeto, sem mediações, não valorizando a linguagem e a cultura na construção das categorias de pensamento, *diminui a importância da educação*. Ao considerar os processos de desenvolvimento equivalentes a processos maturacionais, que criam condições para que a aprendizagem se efetive, *minimiza a ação da educação, da escola, do professor*. O aspecto mais problemático da perspectiva piagetiana é considerar o sujeito cognoscitivo independente da cultura, do conhecimento construído coletivamente. O construtivismo piagetiano caracteriza-se por uma *construção individual do conhecimento*, enfatizando o aprender do aluno, não abordando a questão do *ensinar com uma ação educativa intencional*.

5.6. Concepção Sócio- Histórica

As três concepções citadas são fragmentadas e aistóricas, considerando o sujeito abstrato e descontextualizado, acentuando a natureza individual do homem em detrimento das circunstâncias sociais que o envolvem. A insatisfação com os modelos objetivista e subjetivista levou à busca de uma perspectiva que, baseando-se em outros pressupostos filosóficos, pudesse *compreender o homem real e concreto*. Esses pressupostos encontram-se na dialética marxista, que considera a natureza como um todo coerente, onde os fenômenos se articulam reciprocamente e os processos de crescimento se realizam não só quantitativamente, mas principalmente por mutações de ordem qualitativa, considerando o progresso como um processo resultante das lutas de tendências contrárias.

Essa é a perspectiva *sócio-histórica*, onde o conhecimento é construído em uma relação dialética entre sujeito e objeto, entre sujeito e o *meio histórico*, sendo uma relação não só com objetos, mas *entre pessoas, entre sujeitos*. Esse é o pensamento de Vygotsky [78] que, ao criticar a psicologia de seu tempo, articulou proposta inovadora para se compreender a construção do conhecimento. Para ele, a relação do sujeito com o objeto não é direta, mas *mediada* via "um outro", via *linguagem*. No cognitivismo não há mediação entre o sujeito e o objeto do conhecimento (o

acesso é direto); para Vygotsky [78] caberia à linguagem, por suas propriedades formais e discursivas, esse papel mediador que põe em relação o homem e sua história, a cognição e seu exterior discursivo. A mediação semiótica proposta por Vygotsky mostra que "não há possibilidades integrais de pensamento ou de conteúdos cognitivos fora da linguagem nem possibilidades integrais de linguagem fora de processos interativos humanos, contingenciados socioculturalmente" [79].

A relação do sujeito com o conhecimento, para Vygotsky, é uma *interação entre sujeitos*, viabilizada pela *linguagem*, construindo-se o conhecimento nas relações interpessoais [80]: "Um processo interpessoal é transformando em um processo intrapessoal. Todas as funções no desenvolvimento da criança aparecem duas vezes: primeiro, no nível social e, depois, no nível individual; primeiro, entre pessoas (*interpsicológica*) e, depois, no interior da criança (*intrapsicológica*)". O sujeito do conhecimento não é apenas ativo, mas *interativo*. A construção individual é o resultado das interações entre indivíduos mediadas pela cultura.

Na educação, esta perspectiva se concretiza nas tendências progressistas que, propondo um movimento transformador e crítico, consideram o homem um sujeito histórico, e são defendidas por autores como Paulo Freire [183,184], Saviani [185] e outros. A pedagogia derivada da psicologia sócio-histórica centraliza-se na atividade dos indivíduos em interação, sendo a construção do saber compartilhada entre alunos e professores. O conhecimento não é uma construção individual, mas realiza-se no coletivo, como uma *construção social* e, na sala de aula, não existem o *ensinar* e o *aprender* de forma isolada, mas um processo único, com participação de professores e alunos e onde o professor, detendo mais experiência, intervém e medeia a relação do aluno com o conhecimento. O professor, em seu esforço pedagógico, procura criar *Zonas de Desenvolvimento Proximal - ZDP*⁸, atuando como elemento de ajuda, de intervenção, trabalhando junto com o aluno na construção compartilhada do conhecimento.

O desenvolvimento do aprendiz é olhado prospectivamente: o que importa são os processos que, embora ainda não consolidados, são embrionários no indivíduo. Na ZDP o professor atua de forma explícita, interferindo no desenvolvimento proximal dos alunos, provocando avanços que não ocorreriam espontaneamente. Vygotsky resgata a importância da escola e do papel do professor como agente indispensável no processo de ensino-aprendizagem. A intervenção do professor e sua ajuda com explicações, demonstrações, exemplos, orientações, fornecimento de pistas são ingredientes importantes do processo de ensino que levam o aluno ao desenvolvimento. Vygotsky, ao considerar a aprendizagem como um processo essencialmente social - que ocorre na interação com os adultos e companheiros mais experientes - declara que as funções psicológicas humanas são construídas na

⁸ Ver Seção 5.7

apropriação de habilidades e conhecimentos socialmente disponíveis. É nesse sentido que Bruner [81] compreende que a teoria educacional de Vygotsky é uma teoria da transmissão cultural, tanto quanto do desenvolvimento

5.7 Concepção Sócio - Histórica: a Zona de Desenvolvimento Proximal

Vygotsky tentou identificar aspectos especificamente humanos do comportamento e da cognição [82], focando na evolução dos desenvolvimentos: humano (*filogênese*), culturas humanas (*sociogênese*), individual (*ontogênese*) e em uma atividade de aprendizagem ou mudança muito rápida nas funções psicológicas (*microgênese*) [83]. A lei genética geral do desenvolvimento cultural, na concepção de Vygotsky, considera que as funções no desenvolvimento cultural humano ocorrem em dois estágios: inicialmente, no plano social, como uma categoria *intermental*, e então no plano psicológico, como uma categoria *intramental* [81].

De Valenzuela [85] observa que, enquanto a análise genética envolve o exame das origens e formas de desenvolvimento dos processos mentais superiores, as pesquisas educacionais têm como foco a *ontogênese* e a *microgênese*. Wertsch [83] considera o conceito vygotskyano da origem social das funções mentais superiores uma ruptura radical com as visões anteriores do processo cognitivo associado ao indivíduo, acrescentando que mente, cognição e memória não são atributos ou propriedades individuais, mas funções que ocorrem por processos intermentais ou intramentais. Vygotsky [86] enfatizou a importância das “*atividades mediadas*” no desenvolvimento das funções psicológicas superiores, identificando elementos, físicos e psicológicos, como meios de mediação, mas os elementos psicológicos, particularmente a *linguagem*, como os mais importantes. Aspecto primário da teoria sócio-cultural é a função dos processos sociais, e não dos individuais, como determinantes do desenvolvimento das funções mentais superiores [85].

A teoria sociocultural da mente procura entender como ocorrem a aprendizagem e o desenvolvimento, destacando que o desenvolvimento cognitivo não é um desdobramento conduzido por uma sequência biológica, mas o resultado das interações em um contexto histórico e cultural: *a aprendizagem é vista como um elemento que lidera, ou favorece, o desenvolvimento cognitivo*. Vygotsky enfatiza que não se separa o desenvolvimento de seus contextos social e cultural, de forma que a única maneira de explorar os processos mentais é pelo conceito de *mediação* [86], um grande avanço na compreensão do desenvolvimento dos aprendizes.

A interação social com os artefatos culturais, que incluem tudo que se utiliza, desde objetos simples como canetas, colheres, mesas até os mais complexos como linguagem, tradição, crenças, arte ou ciência, forma a parte mais importante do desenvolvimento psicológico dos aprendizes [87, 80]. Vygotsky [80] afirma ainda, em sua lei do desenvolvimento genético, que qualquer função mental superior

passa, necessariamente, em seu desenvolvimento, por um estágio social externo, antes de se internalizar como função verdadeiramente mental. Assim, as funções são, inicialmente, sociais e o processo pelo qual se torna uma função interna é a *mediação social*, fortemente destacada na teoria sociocultural. Ponto central no conceito de mediação é a *intersubjetividade*, descrita como o estabelecimento de entendimentos compartilhados entre o aprendiz e seu tutor na solução de tarefas complexas, e considerada passo fundamental na *internalização*, à medida que o tutor retira sua responsabilidade, transferindo-a gradualmente ao aprendiz [88].

Importante conceito na concepção sóciohistórica é a *Zona de Desenvolvimento Proximal - ZDP* [82], que é a distância entre o nível atual de desenvolvimento de um aprendiz - determinado por sua capacidade de solução independente de problemas - e seu nível de desenvolvimento potencial - determinado por sua capacidade de solucionar problemas, sob a supervisão de um tutor, ou em colaboração com colegas mais experientes. Vygotsky coloca que a *ZDP* é a região entre o estágio atual de desenvolvimento do aprendiz e seu próximo estágio, alcançável através do uso de artefatos semióticos e ambientais e sob a supervisão do tutor ou colegas mais capazes. Busca-se, na *ZDP*, a forma como o desempenho do aprendiz é socialmente mediado, como a intersubjetividade, ou entendimento compartilhado, é construído à medida que o aprendizado, culturalmente mediado, vai de sua capacidade atual para o nível superior [Figura 01].

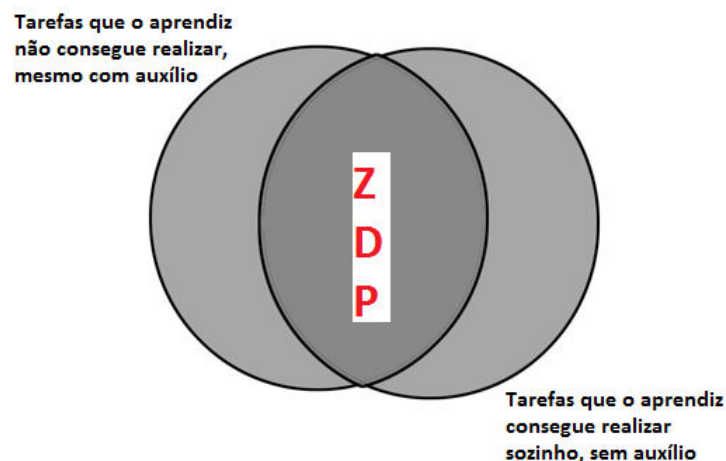


Figura 01 - Zona de Desenvolvimento Proximal - adaptado de [82]

Central à *ZDP* é a ideia que os *indivíduos aprendem melhor quando trabalhando juntos, em equipe, de forma colaborativa, sendo através deste esforço colaborativo com colegas mais experientes que ocorre o aprendizado e a internalização de novos conceitos, ferramentas psicológicas e habilidades*. Objetivo basilar do processo

educacional seria, então, *manter os aprendizes dentro de sua ZDP*, tanto quanto possível, fornecendo-lhes problemas e tarefas interessantes e motivadoras, mas em níveis ligeiramente superiores à sua capacidade de solução individual, para que necessitem trabalhar em equipes, ou buscar suporte junto ao tutor para sua solução. Completando a tarefa de forma conjunta, ou sob supervisão, os aprendizes estarão aptos a completá-las de forma individual e, neste processo, para tarefas similares, a *ZDP* do aprendiz se eleva, repetindo-se o processo para alcançar então níveis mais elevados que a nova *ZDP* do aprendiz exige.

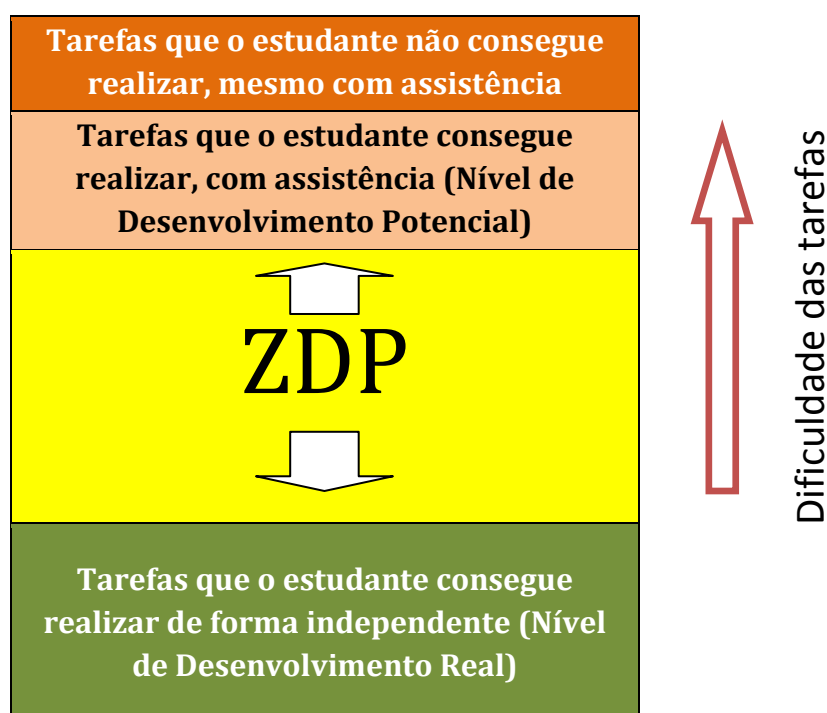


Figura 02 - ZDP e dificuldade das tarefas - adaptado de [89]

As tarefas designadas aos aprendizes podem, muitas vezes, se localizar fora da ZDP tanto para as que ele pode realizar sozinho ou, ao contrário, para as que ele não conseguirá executar, mesmo sob supervisão. Os instrutores devem trabalhar sempre na *ZDP* dos aprendizes, não apresentando dificuldades ou facilidades extremas, mas situações instigantes o suficiente para motivá-lo, e desafiá-lo, a construir novas competências e habilidades, a partir das já existentes. Instruções no interior da *ZDP* possuem maior receptividade por parte do estudante, pois representam o próximo passo lógico em seu desenvolvimento. Em contraste, sem informações confiáveis sobre a *ZDP* do estudante - que é móvel - não é tarefa trivial identificar quem está apto a trabalhar com material mais desafiador ou quem necessita de maior assistência por parte do tutor [89]. Os termos utilizados (Figura 02) possuem os seguintes conceitos:

- **Nível de Desenvolvimento Potencial:** tarefas que o aprendiz não consegue executar de forma independente, mas consegue realizar sob a supervisão de um tutor ou em colaboração com colegas mais experientes. O ensino não deve ocorrer neste nível, pois não resultará em uma aprendizagem efetiva;

- **Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP):** área situada entre o nível de desenvolvimento real e o nível de desenvolvimento potencial. Também denominada *Nível Instrucional*, constitui a região onde a instrução deve ser focada para se conseguir o maior ganho possível para cada estudante;

- **Nível de Desenvolvimento Real:** conhecido como *Nível Independente*, engloba atributos que o aprendiz já possui consolidados e pode utilizar de forma autônoma, sem auxílio. Uma instrução direcionada para esta região não constitui desafio instigante para o estudante, e não haverá ganho efetivo de aprendizagem.

Como o tutor sabe se está operando na ZDP dos alunos, considerando-se uma situação "*média*", haja vista que cada aprendiz possui sua própria ZDP, que é móvel, à medida que o processo cognitivo se desenvolve? Não é trivial, mas pode-se sugerir procedimentos que suportem a decisão do tutor, ao estabelecer parâmetros para sua atuação. Lui [89] sugere um exemplo (Tabela 03).

A ZDP se estende a outras aplicações como, por exemplo, formação de professores com novas visões da relação ensino-aprendizagem. Associada a procedimentos de avaliação formativa, Lui [89] propõe quatro passos para esta requalificação:

- Avaliar, inicialmente, o conhecimento atual dos estudantes utilizando testes, questionários e/ou formulários e, se possível, com o auxílio de outros professores;

- Analisar as diferenças entre os impactos educacionais desejados pelo professor e o desempenho obtido na avaliação. A partir de diferenças observadas, re-avaliar as estruturas, estratégias e posturas de ensino, de forma geral, ou para áreas particulares, e buscar meios efetivos de instrução para mitigar estas diferenças;

- Efetuar autoreflexão, observar sua própria prática e ajustar seus procedimentos pedagógicos, seja alterando requerimentos das tarefas e/ou fornecendo orientação específica aos estudantes, seja reavaliando os objetivos estabelecidos, refletindo o entendimento dos estudantes de forma mais precisa. Esta postura exige, do professor, alto grau de questionamento - seu e dos demais - para determinar, apropriadamente, os próximos passos, revisando e/ou abandonando ideias pré-concebidas da primeira avaliação, discutindo-as com eles;

Tabela 03 - Utilização da ZDP - adaptado de[89]

"Estou utilizando a ZDP dos alunos?"	
Auto-questionamento (para o Tutor)	"Dica da ZDP"
Está claro para mim o conhecimento que desejo que os estudantes saibam, ao final desta unidade?	Identifique o nível de conhecimento e entendimento desejável para os estudantes (para o curso, projeto ou unidade específica)
Tenho consciência das competências e conhecimentos que os estudantes necessitam para alcançar este nível de conhecimento?	Trabalhe reversamente a partir dos objetivos educacionais desejados. Questione-se sobre os pontos que devem ser entendidos para se alcançar o objetivo desejado. Desenvolva um modelo de progressão de aprendizagem desejável para os estudantes de forma que consigam alcançar o objetivo educacional desejado
As tarefas e atividades criadas ajudam a ver o que os estudantes entendem e o que eles ainda necessitam trabalhar?	Crie tarefas, atividades e problemas que permitam obter informações sobre o nível de entendimento dos estudantes sobre os tópicos nos quais estão trabalhando
Estou observando, avaliando e ouvindo os estudantes de forma a entender que processos de pensamento estão utilizando para chegar às suas respostas?	Observe, avalie e anote o comportamento e questionamento dos estudantes em resposta ao tópico em foco. Avaliações freqüentes, formais ou informais, permite reconhecer padrões de pontos fortes e fracos, tantos de grupos como individuais, ajudando a identificar a ZDP dos estudantes
Estou ajustando minha instrução baseado no que os estudantes já entenderam e o que ainda dever ser novamente trabalhado?	Modifique as instruções, atividades e grupos baseado na informação conseguida sobre o que os estudantes podem fazer de forma independente, o que podem fazer com auxílio dos colegas e o que não conseguem realizar, mesmo com auxílio
Estou fornecendo realimentação baseada nos pontos fortes dos estudantes para que possam superar seus pontos fracos?	Trabalhe com grupos pequenos e estudantes individuais. Impulsione seu pensamento colocando questões motivadoras e fornecendo demonstrações, quando necessário.

- Prosseguir com a autoavaliação, ajustando ou restringindo tarefas e/ou objetivos educacionais, de acordo com o nível observado em conhecimentos e/ou competências, possibilitando o movimento dos estudantes em direção aos objetivos educacionais e aproximando o professor de procedimentos mais sofisticados de diagnóstico e entendimento de sua própria pedagogia.

5.8. Conclusões

O Capítulo 5 contemplou uma visão das perspectivas psicológicas do ensinar e do aprender, que subsidiam métodos de ensino e tecnologias do ensinar, e ancoram-se em pensamentos filosóficos, em uma visão estruturada de mundo.

Foram analisadas quatro concepções que orientam o ensinar e o aprender: *objetivista, subjetivista, cognitivista e sócio-histórica*, organizadas com base na relação do sujeito com o objeto do conhecimento, do que decorrem implicações relacionadas ao trabalho em sala de aula.

Detalhou-se a perspectiva sócio-histórica, de Vygotsky, onde o conhecimento é construído em uma relação dialética entre sujeito e objeto, entre sujeito e o meio histórico. Portanto, trata-se de uma relação não só com objetos, mas principalmente uma *relação entre pessoas, entre sujeitos*, que não é direta, mas mediada via "*um outro*", via *linguagem*.

Discutiu-se ainda o conceito da *Zona de Desenvolvimento Proximal - ZDP*, que é a distância entre o nível atual de desenvolvimento de um aprendiz e seu nível de desenvolvimento potencial e suas implicações para a relação ensino-aprendizagem.

Serão abordadas, no capítulo a seguir, as estratégias de aprendizagem ativa, a partir das posturas dedutivas e indutivas de construção do conhecimento. O maior foco estará nas estratégias de aprendizagem colaborativa, aprendizagem cooperativa, aprendizagem baseada em problemas - *PBL* e aprendizagem baseada em projetos - *PjBL*. Algumas considerações sobre as diferenças, e semelhanças, entre *PBL* e *PjBL* serão abordadas, e a factibilidade de sua aplicação nas engenharias.

6. Estratégias Pedagógicas de Aprendizagem Ativa

6.1. Introdução

Tradicionalmente, a relação ensino-aprendizagem, nas engenharias e ciências, utiliza estratégias *dedutivas*: "o instrutor, em palestra ou aula expositiva, apresenta princípios gerais de um tópico, utiliza-os para derivar modelos matemáticos, mostra aplicações ilustrativas dos modelos, apresenta aos estudantes exercícios práticos similares e/ou aplicações nos *"para casa"* e, finalmente, testa o conhecimento com provas e exames, semelhantes às desenvolvidas" [90].

Destaca-se, de imediato, a questão: não se coloca, ou se coloca de forma superficial, o *"por que"* este conteúdo específico está sendo repassado aos estudantes! Não se estabelece uma vinculação concreta e real com os problemas práticos que eles podem solucionar, ou mesmo correlações destes modelos com fenômenos reais e sequer porque tais conteúdos são importantes para as atividades profissionais do futuro engenheiro. A única referência a estes tópicos, por vezes, é a recomendação - sincera, do instrutor - que tais *"conteúdos serão muito importantes nos semestres mais avançados do curso ou na vida profissional"* [90].

Esta postura dedutiva colide, frontalmente, com solidificada visão da psicologia educacional: *as pessoas são fortemente motivadas a aprender determinado conteúdo se percebem, claramente, sua necessidade* [91,92]! Informar, simplesmente, aos estudantes que necessitarão deste conhecimento posteriormente, no curso que freqüentam, ou em sua vida profissional, não é motivador convincente!

Aprendizagem mais efetiva ocorre na *metodologia indutiva*, que inverte a lógica: a instrução começa com questões concretas, específicas: interpretar um conjunto de dados reais, analisar um estudo de caso ou mesmo solucionar um problema complexo, do mundo real. Ao tentar resolver estas questões, os estudantes sentem a necessidade da compreensão de novos fatos, regras, procedimentos, princípios e conhecimentos, os quais terão que buscar e/ou construir [90].

A postura indutiva de aprendizagem não é metodologia fechada, única, mas uma visão, uma postura, que engloba distintos métodos pedagógicos e instrucionais, como a aprendizagem por questionamento - *"Inquiry learning"* [93], aprendizagem baseada em problemas - *"Problem-based learning"*, [94] aprendizagem baseada em projetos - *"Project-based learning"* [95], estudo de caso - *"Case-based teaching"*, [96], aprendizagem por descoberta - *"Discovery learning"* [97] e ensino na "hora certa" - *"Just-in-time teaching"* [98], para citar os mais conhecidos.

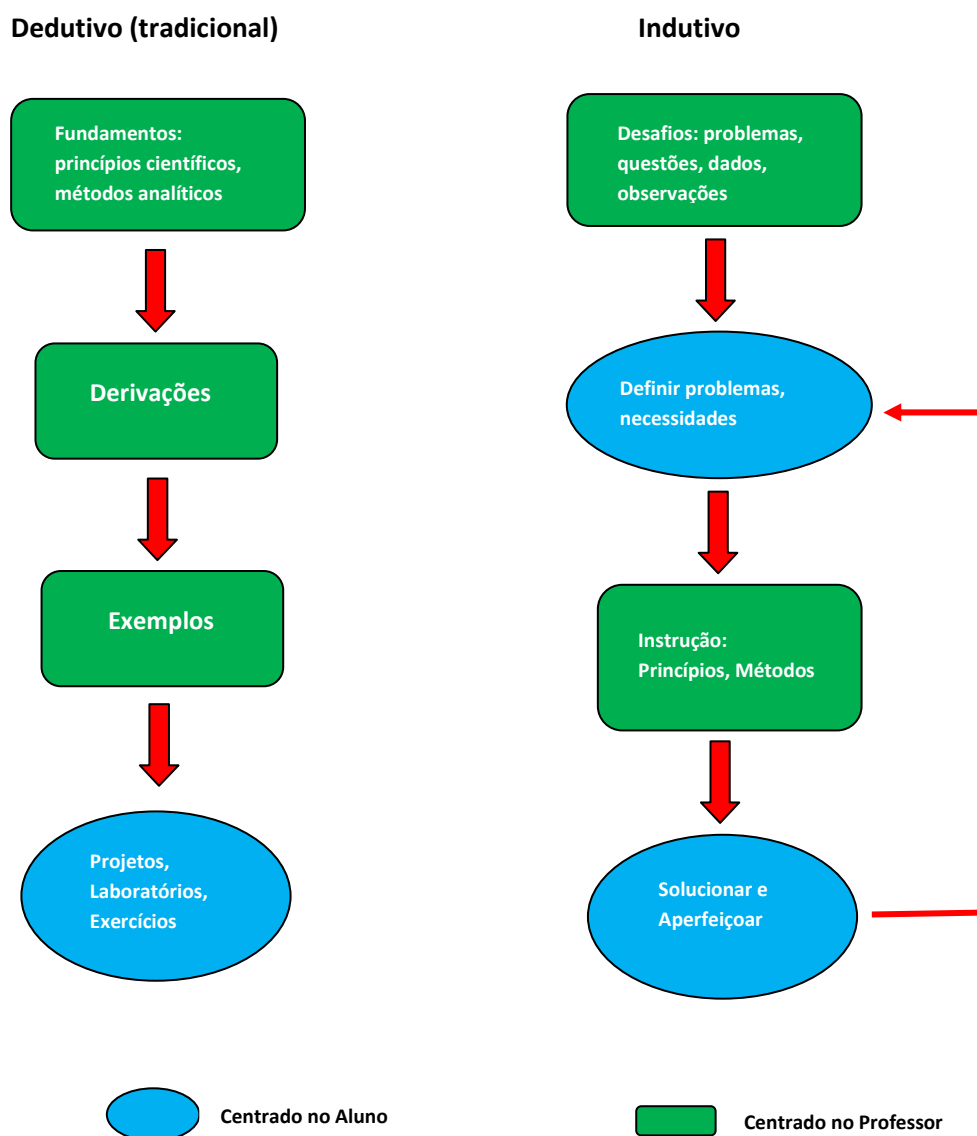


Figura 03 - Ensino Dedutivo e Indutivo - adaptado de [99]

Traço comum a estes métodos, todos indutivos, é o fato de serem também "centrados nos estudantes" ("*learner centered or student-centered*"), delegando-lhes maior responsabilidade por sua própria aprendizagem. Sua base conceitual repousa nas descobertas científicas que os estudantes aprendem quando ajustam as novas informações que recebem em suas estruturas cognitivas já existentes, sendo que a aprendizagem não ocorrerá se as novas informações possuem poucas conexões aparentes com o que eles já conhecem e crêem [100]. Estes métodos são também conhecidos como aprendizagem ativa ("*Active learning*") [101]. A tabela 04, adaptada de Prince [90] ilustra as possibilidades de atividades que podem ser desenvolvidas, associadas às diversas técnicas de aprendizagem ativa, caracterizadas por postura indutiva na relação ensino-aprendizagem.

Tabela 04- Posturas Indutivas e Atividades Possíveis - adaptada de [90]

 Método Característica 	Questiona- mento	PBL	PJBL	Estudo de Caso	Descoberta	JiTT
Questões ou problemas fornecem contexto para aprendizagem	1	2	2	2	2	2
Problemas complexos, mal condicionados, abertos, do mundo real fornecem contexto para aprendizagem	4	1	3	2	4	4
Projetos ("major") fornecem contexto para aprendizagem	4	4	1	3	4	4
Estudos de Caso fornecem contexto para aprendizagem	4	4	4	1	4	4
Estudantes descobrem o conteúdo do curso por iniciativa própria	2	2	2	3	1	2
Estudantes completam e submetem exercícios conceituais eletronicamente; instrutor ajusta as lições de acordo com as respostas	4	4	4	4	4	1
Aprendizagem auto-dirigida	4	3	3	3	2	4
Aprendizagem ativa	2	2	2	2	2	2
Aprendizagem cooperativa/colaborativa, em grupos	4	3	3	4	4	4
1 - Por definição 2 - Sempre 3 - Usualmente 4 - Possivelmente						

6.2. Cognição e Aprendizagem Indutiva

Avanços recentes da neurociência e psicologia estão esclarecendo os processos de cognição e aprendizagem e reforçando, de forma geral, posturas indutivas. Recentes descobertas e confirmações mostram que [100]:

- *"Toda nova aprendizagem envolve transferência de informações baseada em aprendizagens anteriores."*

Prince [90] observa que a instrução tradicional das engenharias e ciências, de forma geral, considera os novos cursos e tópicos como conjuntos independentes de conhecimentos apresentando teorias e fórmulas com sustentação mínima nas aprendizagens anteriores dos estudantes e nenhuma, ou quase nenhuma, correlação com experiências prévias. Postura diferenciada é adotada na *aprendizagem indutiva*, que apresenta novas informações em contexto de situações, questões e problemas que se relacionam com conhecimentos anteriores dos estudantes, aumentando a probabilidade das novas informações se agregarem às estruturas cognitivas já existentes. Como os conhecimentos anteriores

influenciam a aprendizagem, esta ocorrerá mais facilmente se as novas informações forem consistentes com os conhecimentos anteriores, mas gerará contradições, caso não o sejam.

Se estas contradições são percebidas, e entendidas, gerará confusão inicial, mas sua resolução eliminará conceitos equivocados e conduzirá a uma aprendizagem mais consolidada. Mas, caso os estudantes não entendam as contradições, ou construam representações "*coerentes*" (em seu entendimento!), baseadas em interpretações equivocadas, mal-entendidos mais profundos podem surgir e se consolidar [100]. A educação expositiva tradicional, infelizmente, não força os estudantes a identificar e confrontar estas interpretações equivocadas, conduzindo, de forma mais freqüente, a esta última situação.

- *"A motivação para aprender afeta o tempo que os estudantes dedicam à aprendizagem. Estudantes são mais motivados quando enxergam a utilidade do que estão aprendendo e podem utilizá-lo em algo que causará impacto sobre os outros".*

Esta afirmação corrobora, e dá suporte, à efetividade das posturas de ensino - como a aprendizagem indutiva - que trabalham com situações autênticas, complexas, profissionalmente relevantes do mundo real e fornecem contextos onde competências inseridas nos objetivos educacionais possam ser trabalhadas.

- *"A probabilidade que conhecimentos e competências adquiridas em um curso sejam transferidas para o ambiente real de trabalho é função da similaridade entre os dois ambientes".*

Remete, diretamente, às diferenças entre o ambiente acadêmico e o ambiente real de trabalho do engenheiro: o primeiro privilegia *raciocínios abstratos*, o segundo utiliza, quase exclusivamente, *raciocínios contextualizados*. Organizando a aprendizagem a partir de problemas reais, autênticos, projetos e estudos de caso, a aprendizagem ativa ajuda a superar estas disparidades e aumenta a probabilidade posterior de transferência de conhecimentos e competências. Vale ressaltar, adicionalmente, que o ambiente acadêmico prioriza o trabalho individual enquanto ambientes reais de trabalho envolvem colaboração extensiva [102, 103, 104].

- *"Incentivar a metacognição dos estudantes aumenta a probabilidade de transferência de aprendizagens entre contextos diferentes".*

Posturas educativas que instruem os estudantes utilizando métodos sistemáticos de solução de problemas, como o *PBL* e/ou *PjBl*, gerando e avaliando soluções alternativas, efetuando avaliações periódicas do progresso em direção à solução desejada, extraindo princípios gerais de soluções específicas, incentivando-os a

colocar questões sobre os procedimentos adotados e avaliando os próprios conhecimentos e competências trabalhadas desenvolvem a metacognição⁹.

6.3. Aprendizagem ativa

A aprendizagem ativa vem despertando, nas últimas décadas, debates estruturantes entre os acadêmicos e recebendo atenção especial dos educadores, quer por ser considerada, por muitos, opção plausível e factível para a educação em engenharia, que possibilita mudança radical nos paradigmas tradicionais, quer por ser considerada, por outros, mais um dos "*modismos*" educacionais [90].

Permanece, ainda, para muitos, uma questão de fundo sobre a essência da educação ativa, pois consideram o modelo tradicional, de aulas expositivas, massivamente utilizado na formação dos engenheiros, como uma "*postura ativa*", ao envolver os alunos, de forma "*ativa*", nos exercícios em sala de aula ou nas tarefas "*para casa*", além dos trabalhos e atividades nos laboratórios. Esclarecer a postura da educação ativa não é trivial, e não se encontra uma definição de consenso universal, haja vista que distintos autores interpretam o termo utilizando diferentes visões, mas é possível adotar-se uma concepção comum.

Entende-se "*aprendizagem ativa*" como qualquer método instrucional onde *os estudantes desenvolvam atividades significativas de aprendizagem e reflitam sobre o que estão desenvolvendo* [48]. Salienta-se que o elemento central da aprendizagem ativa é o *envolvimento ativo do estudante no processo de construção de seu conhecimento, em sala de aula ou qualquer outro ambiente educacional*, o que contrasta com o método expositivo tradicional, onde os estudantes recebem, de forma passiva, informações do instrutor. Estratégias de aprendizagem ativa são criadas, e utilizadas, para envolver os estudantes no processo de (a) pensar criativamente ou criticamente (b) interagir com um colega, ou colegas, em grupos de trabalho ou em sala de aula (c) expressar, de forma escrita, suas idéias (d) explorar as atitudes e valores pessoais (e) fornecer, e receber, realimentação das atividades em desenvolvimento (f) refletir, metacognitivamente, sobre o processo de aprendizagem, quer em sala de aula ou fora dela, de forma individual ou em grupos e utilizando, ou não, ferramentas tecnológicas [105].

Decorrem, desta postura, conseqüências imediatas: optando por estratégias de aprendizagem ativa o instrutor passará maior parte do tempo colaborando com os estudantes na construção de seus conhecimentos e competências e promovendo aprendizagem profunda ("*promoting deep learning*") e menor parte do tempo

⁹ Ver Capítulo 7, Seção 7.4

transmitindo informações ("*supporting surface learning*")¹⁰. Adicionalmente, deverá criar oportunidades para que os estudantes apliquem e demonstrem o que estão aprendendo e recebam realimentação dos colegas e/ou do instrutor [105].

Dentre as estratégias de aprendizagem ativa algumas vêm sendo mais utilizadas, tornando-se mais conhecidas, dentre as quais se destacam a aprendizagem colaborativa, a *aprendizagem cooperativa* e a *aprendizagem baseada em problemas* - PBL, ou aprendizagem baseada em projetos - *PjBL*, que serão examinadas brevemente, pois constituem parte integrante, em formatos diferenciados, da proposta contida neste trabalho.

6.3.1 Aprendizagem Colaborativa

Aprendizagem colaborativa refere-se a qualquer método instrucional onde os *estudantes trabalhem de forma conjunta, em equipes, para atingir objetivos comuns* [106]. Engloba diversas estratégias instrucionais baseadas em grupos de aprendizagem, inclusive a própria *aprendizagem cooperativa*. A aprendizagem colaborativa deve impactar a formação dos estudantes nos seguintes aspectos [107]: sejam aprendizes ativos e inquisitivos; acessem cognitivamente textos e conceitos solicitados; desenvolvam competências de pensamento e comunicação; interajam, construtivamente, com colegas e membros de equipes e incorporem, em sua formação (cultural e lingüística), suas experiências e conhecimento do mundo.

A *aprendizagem colaborativa* não abrange somente os alunos, pois se espera que os professores sejam encorajados a [107]: analisar e planejar suas tarefas de aprendizagem de forma mais rigorosa; planejar atividades de grupo interativas, com suporte visual e contextual; associar os conteúdos curriculares ao desenvolvimento da comunicação; analisar e avaliar o processo de aprendizagem dos estudantes e operar baseado em suas experiências anteriores .

6.3.2 Aprendizagem Cooperativa

Estratégia mais estruturada de aprendizagem em equipe, onde os estudantes buscam objetivos comuns, porém sendo avaliados individualmente [108]. Embora existam variações, pode-se encontrar princípios comuns, sendo o modelo mais referenciado o de Johnson [109], mas vale destacar que, a despeito destas variações, o foco principal reside no *incentivo cooperativo*, e não na *competição*, para promover a aprendizagem. Alguns princípios básicos desta estratégia envolvem responsabilidade individual, interdependência mútua, interação presencial entre os participantes, reforço das competências para relações

¹⁰ Ver Capítulo 7, Seção 7.3

interpessoais e autoavaliação regular do desempenho da equipe [109]. Estes princípios envolvem não somente os impactos esperados na formação dos estudantes, mas também, e principalmente, o acompanhamento pelos professores.

É dever do instrutor assegurar-se que cada estudante perceba que o *sucesso individual só será possível com o sucesso coletivo*. Há que se garantir a *interdependência positiva* para que cada estudante assuma não só a responsabilidade de aprendizagem do conteúdo designado, mas esteja seguro que os demais colegas tenham o mesmo aprendizado, consolidando o sentimento que "*ou nadam juntos ou afundam juntos*" [109]. Há que se enfatizar a responsabilidade individual, avaliando o desempenho de cada estudante com testes individuais, explanação de seu aprendizado para os colegas observando, e documentando, a contribuição de cada membro à aprendizagem do grupo. Esta postura está no *cerne da aprendizagem cooperativa*, ao buscar que cada membro da equipe seja mais consciente de seus deveres e responsabilidades individuais.

É responsabilidade do instrutor assegurar-se que *cada estudante estimule, presencialmente, o sucesso dos demais* (ajudando, apoiando, incentivando), desencadeando processos cognitivos pela explanação verbal de como solucionar problemas, repassando conhecimentos aos colegas e conectando conhecimentos já existentes com a nova aprendizagem; conduz também a *processos interpessoais* como confronto de raciocínios e conclusões, facilitando a aprendizagem. As réplicas verbais, e mesmo não verbais, dos integrantes do grupo, fornecem importante realimentação ao desempenho de cada estudante resultando que se conheçam, não só no âmbito pessoal, mas também profissional [109].

Deve-se repassar aos estudantes o conhecimento sobre as competências transversais ("*soft skills*") socialmente demandadas e integrantes do perfil profissional dos engenheiros, assegurando-se que sejam desenvolvidas e/ou reforçadas, de forma apropriada, durante o desenvolvimento das atividades. Atributos como liderança, tomada de decisão, construção de confiança, comunicação e gestão de conflitos devem ser cuidadosamente trabalhadas, de forma clara e explícita, em igualdade de peso com os demais atributos acadêmicos.

E, finalmente, há que se assegurar que os estudantes reforcem também o processo de trabalho em equipe, buscando formas de melhorá-lo e maximizar sua própria aprendizagem e a do grupo. Estes resultados podem ser conseguidos se os estudantes adotam a prática de descrever quais ações dos membros do grupo forem úteis, e em que grau, para se conseguir relações de trabalho efetivas e para que todos os membros da equipe alcancem os objetivos educacionais estabelecidos, bem como tomando decisões sobre que comportamentos devem ser mantidos, ou alterados, no grupo [109].

6.3.3 Aprendizagem Baseada em Problemas - PBL

A *Aprendizagem Baseada em Problemas - PBL* ("*Problem-Based Learning*") é uma estratégia pedagógica centrada no estudante, que constrói os conhecimentos no contexto de *problemas reais, abertos, complexos e multifacetados*. Trabalhando em equipes para solucionar o problema proposto, tentam identificar o que já sabem, o que necessitam saber, e como e onde acessar essas novas informações que necessitarão. O professor é um *facilitador da aprendizagem*, fornecendo estrutura adequada ao processo, fazendo perguntas de sondagem, disponibilizando os recursos apropriados, conduzindo as discussões em classe e planejando as avaliações dos estudantes, potencializando o desenvolvimento de competências essenciais para o sucesso do estudante em sua futura vida profissional [110].

O *PBL* remonta à década de 70, na Escola de Medicina da *MacMaster University* [111], no Canadá, e seu propósito foi promover o engajamento dos estudantes com sua própria aprendizagem. A partir de casos clínicos apresentados pelos professores, os estudantes *construíam seu próprio conhecimento* buscando respostas para os casos apresentados.

Sua matriz conceitual deriva do pensamento filosófico de John Dewey [112], filósofo, psicólogo e reformador educacional norte-americano, que acreditava que a educação deve considerar, no processo de formação, a formulação explícita dos problemas de disposições mentais e morais em relação às dificuldades da vida social contemporânea.

O *método não descarta as aulas convencionais*; entretanto, sua principal dinâmica ocorre pela *discussão dos problemas* sobre temas específicos do currículo, a partir de grupos tutoriais, constituídos por um professor tutor e uma equipe de estudantes que varia, normalmente, entre seis a dez. O *PBL* clássico utiliza os "*Sete Passos*", ou "*Seven-Jump Method*" (Figura 04) que podem sofrer alterações em função dos objetivos educacionais desejados, da estratégia do professor ou dos conteúdos específicos abordados.

Seu cerne, porém, inclui a apresentação de um problema aos alunos, que organizam suas idéias em grupo, procurando compreendê-lo e solucioná-lo com os conhecimentos que já possuem. Destacam, a seguir, o que não compreenderam e planejam uma distribuição de tarefas visando esclarecê-lo para, então, compartilharem com o grupo, integrando os novos conhecimentos e relacionando-os ao contexto do problema. Realizam, finalmente, sua autoavaliação, a avaliação dos colegas e do processo vivenciado.

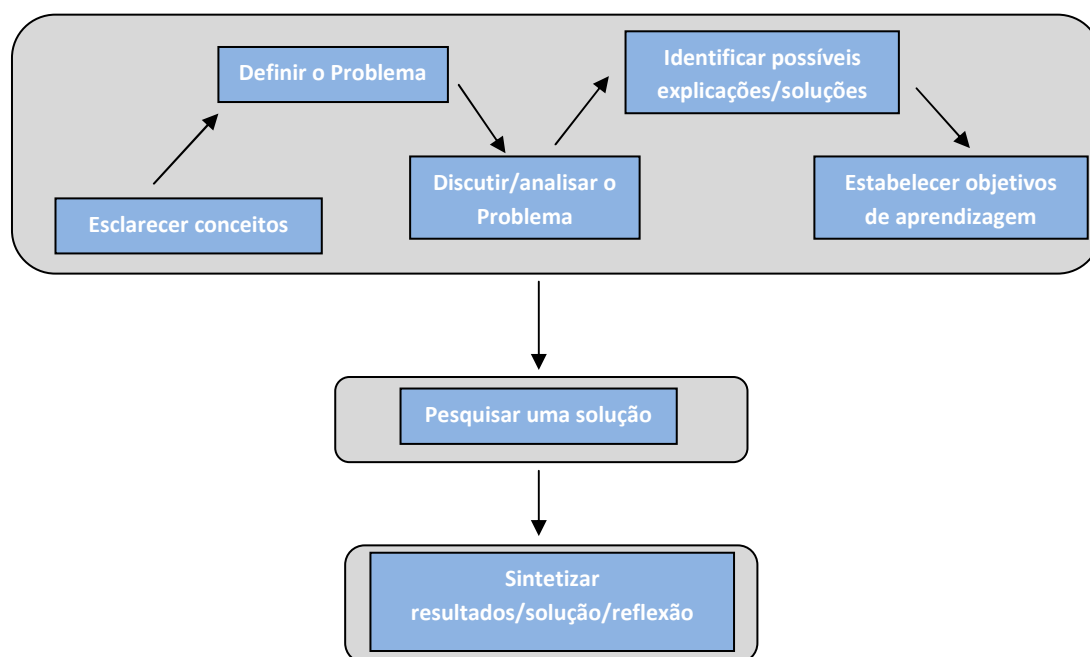


Figura 04 - "Seven-Jump Method of Maastricht" - adaptado de [113]

A estratégia *PBL*, contudo, implica em posturas e objetivos bem determinados, estabelecidos para cada etapa, ou passo. Estes objetivos, e posturas, são estabelecidos não só para as etapas, mas também para o tutor, figura importante na condução correta do processo. A Tabela 05 ilustra as fases, objetivos e atividades do tutor adotados na University of Maastrich [114].

Tabela 05: PBL da University of Maastrich - adaptado de [114]

Fase do Processo	Objetivo da Fase	Atividades do Tutor
1. Clarificar termos e noções desconhecidas	Garantir que o problema foi entendido por todos os membros do grupo	Se necessário, explicar brevemente os termos e conceitos desconhecidos
2. Definir o fenômeno a ser explicado	Todos fenômenos que serão incluídos nas várias definições do problema	Se necessário, suporte às formulações dos problemas com sumários e/ou paráfrases
3. Analisar o problema. Fazer inventários dos comentários iniciais e idéias que podem explicá-lo. Fazer "brainstorming".	Exploração inicial das idéias, ativação dos conhecimentos anteriores já existentes	Estimule os estudantes, não só de forma verbal, a fazerem colocações e perguntas. Certifique-se que as idéias surgidas não se dispersem e não se percam
4. Agrupar idéias relacionadas, investigar de forma sistemática os pensamentos mais consistentes e explicações para o	Organizar conhecimentos anteriores, estruturar os conhecimentos dos membros do grupo e uma organização para novos conhecimentos. Tornar-se consciente dos lapsos	Parafrasear ideias expressas com dificuldades. Se necessário, sumariza-las. Estimular idéias conflitantes. Colocar questões que desafiem o pensamentos dos estudantes, perguntar pelas consequências, alternativas. Desafiar a validade das colocações

fenômeno	e idéias conflitantes na base de conhecimentos. Conseguir uma sensação dos equívocos.	
5. Formular objetivos de aprendizagem. Buscar consenso sobre o que estudar: determinar o que não é conhecido, ou conhecido de forma vaga e idéias contraditórias. Formular questões basilares para os estudos individuais	Domínio da aprendizagem	Os objetivos de aprendizagem estão de acordo com o que foi discutido anteriormente? Amplia-los e estimular os alunos a estudá-los em maior profundidade
6. Estudo individual: buscar informações adicionais fora do grupo. Consultar fontes variadas: internet, livros textos, colegas mais experientes, professores, videoaulas.	Confronto com fontes externas. Expandir a estruturação, re-estruturação e refinamentos das bases de conhecimentos individuais. Reflexão sobre o próprio conhecimento e as dificuldades de entendimento existentes.	Referenciar fontes de consulta de alta qualidade
7. Sintetizar e testar as informações. Relatório: discutir as descobertas, separando-as por importância, estruturar o conhecimento. Aplicar o conhecimentos adquirido ao problema verificando se são capazes de resolvê-lo e/ou explicá-lo adequadamente	Reorganização/re-estruturação do conhecimento. Aplicação do conhecimento. Avaliação crítica das informações. Auto-avaliação	Solicitar sumários, interligando idéias. Distinguir tópicos principais e secundários. Colocar questões. Visualizar o que foi previamente discutido: uso de metáforas, analogias, exemplos. Perguntar pela aplicação do conhecimento, fornecer variações do problemas original. Elucidar dificuldades no material. Explicar moderadamente. Solicitar considerações críticas do material estudado. Identificar falhas no conhecimento e no entendimento, mostrando-os aos estudantes. Estimular a reflexão sobre o progresso no processo de aprendizagem

6.3.4 Aprendizagem Baseada em Projetos - PjBL

Com características próximas ao PBL, a *Aprendizagem Baseada em Projetos – PjBL* organiza-se a partir de projetos. Neste contexto, entende-se projetos como *tarefas complexas, baseadas em questões desafiadoras - ou mesmo problemas - que envolvem os estudantes em sua concepção, solução, tomada de decisão e/ou atividades investigativas; propicia oportunidades de execução de trabalhos com relativa autonomia, segundo cronogramas temporais, e culmina com produtos realísticos ou apresentações equivalentes* [115, 116]. Outras características definidoras incluem aspectos como conteúdos e avaliações autênticas, facilitação –

e não direcionamento - por parte do tutor, objetivos educacionais específicos, aprendizagem cooperativa, reflexão e reforço de competências.

O *PjBL* vêm se fortalecendo na educação em engenharia por estar associado a acontecimentos importantes ao longo dos últimos 25 anos. Inicialmente, a necessidade da educação se adaptar ao mundo em mudança, como anteriormente discutido, onde os profissionais devem ser capazes de planejar, colaborar entre si, se comunicar e desenvolver atitudes e valores apropriados [117, 118]. Um segundo ponto é a revolução que vem ocorrendo nas visões e conceitos sobre a aprendizagem, com as teorias cognitivas reforçando que o conhecimento é construído pelos alunos com base em seu conhecimento atual e anterior.

Características diversas, associadas à ausência de modelos, ou bases conceituais universalmente aceitas, dificultam sistematizações para avaliar se uma estratégia é realmente *PjBL* ou se o projeto escolhido é realmente um "*projeto real*" ! Ilustra-se a situação: se as responsabilidades dos estudantes são já descritas anteriormente, a estratégia pode ser considerada *PjBL*? Existem características que, obrigatoriamente, devam, ou não, constar de uma estratégia *PjBL*?

Há que se considerar que, em muitos casos, as diferenças entre as estratégias superam as similaridades, dificultando generalização. Mas diretrizes podem ser adotadas; segundo Thomas [119], alguns critérios definem um projeto como *PjBL*:

- Centralidade: *PjBL* deve ser central ao currículo, e não complementar, para fornecer ilustrações, exemplos, práticas adicionais ou aplicações práticas para a disciplina, ensinada inicialmente por outros meios;
- Questões de condução: perguntas, ou "*problemas mal definidos*", que permitem aos alunos efetuar conexões entre as atividades e os conhecimentos a serem apropriados, ou competências a serem desenvolvidas;
- Investigação construtiva: os projetos devem envolver a transformação e construção do conhecimento por parte do aluno e as atividades devem apresentar grau controlado de dificuldade;
- Autonomia: os trabalhos são coordenados pelos alunos envolvendo autonomia, escolhas, independência e responsabilidades. Os resultados não podem ser predeterminados, pois não deve haver uma solução única;
- Realismo: Os projetos são, ou devem, emular problemas reais.

Encontram-se, adicionalmente, outras características associadas ao *PjBL*:

- Colaboração: incentiva-se a colaboração nos grupos de trabalho, liderados por estudantes, e na turma. Avaliações dos resultados são importantes para compartilhar conhecimentos entre a "*comunidade de aprendizagem*";

- “Andaime” (*"scaffolding"*): o professor não é *autoridade*¹¹, que corrige e comanda estudantes, mas um facilitador, que incentiva e orienta. Adicionalmente, os alunos ganham a orientação de membros mais experientes do grupo, especialistas na área e pessoas envolvidas no contexto do projeto;
- Reflexão e transferência: sessões de esclarecimento em sala de aula, anotações das discussões realizadas e atividades de extensão são oportunidades para aprofundamento da reflexão, realimentação e autoavaliação.

Adicionalmente, o *PjBL* deve satisfazer princípios associados ao construtivismo:

- criar ambientes de aprendizagem complexos incorporando atividades autênticas;
- prevêr a negociação social como parte integrante da aprendizagem;
- justapor conteúdo instrucional com acesso a múltiplos modos de representação;
- estimular a reflexividade;
- enfatizar a aprendizagem centrada no aluno.

Pode-se avaliar a eficácia do *PjBL* pelos impactos na aprendizagem [120]:

- Responder às necessidades dos alunos: os participantes podem escolher temas de acordo com suas experiências, interesses, bagagem cultural ou estilos individuais de aprendizagem; a estratégia *PjBL* é benéfica tanto para os que *"falham"* em aulas tradicionais, como para os de alto rendimento acadêmico;
- Aumentar a motivação: os estudantes podem se envolver em projetos divertidos, motivadores e desafiadores, pois desempenham papel ativo na escolha do projeto e em todo o processo de planejamento e execução;
- Contextualizar o ambiente de trabalho: quando os alunos colaboram entre si praticam habilidades sociais e de comunicação, gestão do tempo, tomada de decisão, competências na resolução de problemas, atributos estes necessários no ambiente de trabalho e hábitos de aprendizagem contínua ao longo da vida;
- Melhorar o desempenho acadêmico: já foi constatado que a estratégia *PjBL* melhora a qualidade da aprendizagem, sendo um método eficaz para trabalhar processos e procedimentos complexos.

Mencione-se, finalmente, as semelhanças entre diferentes estratégias e o *PjBL*, como, por exemplo, *"Intentional Learning"* [121], *"Design Experiments"* [122] e mesmo *"Problem Based Learning"*, o que recomenda análise mais detalhada das diferenças e/ou semelhanças entre as estratégias de *PBL* e *PjBL* e a factibilidade de sua utilização na educação em engenharia, análise esta efetuada a seguir.

¹¹ Ver Capítulo 7, Seção 7.5

6.4. Aprendizagem Ativa na Engenharia: PBL ou PjBL?

A identidade, similaridade e completude das metodologias ativas *Aprendizagem Baseada em Problemas - PBL* e *Aprendizagem Baseada em Projetos - PjBL* remete à discussão ampla, controversa e não conclusiva, buscando estabelecer condições factíveis para sua utilização na educação em engenharia.

Anette Kolmos, analisando a aprendizagem praticada em Aalborg [123], coloca que "é importante para o modelo dinamarquês do *PBL* o fato de ser combinação dos enfoques '*baseados em problemas*' e da '*organização em projetos*'. Os estudantes analisam e definem problemas dentro de uma interdisciplinaridade definida ou de um arcabouço de conteúdos; atuam de forma conjunta, em equipes, nos projetos e submetem relatório de projeto comum. Adicionalmente, a equipe de projeto passa por avaliação conjunta, mas os estudantes recebem notas individuais". Observa que "o *PBL* não é conceito inequívoco. Na literatura internacional o termo designa ambos os enfoques, *Aprendizagem Baseada em Problemas* e em *Projetos* [...] A confusão aumenta ao comparar-se o conceito de *PBL*, usado internacionalmente, com os utilizados em Maastrich University, na Holanda, Linköping University, na Suécia e os programas médicos da McMaster University, no Canadá "[123].

Kolmos [123] destaca que "o modelo baseado em projeto varia consideravelmente na prática [...]. O tema, objetivos educacionais, extensão, programa de estudos, tamanho das equipes, variações na liberdade de escolha dos estudantes, relação entre os cursos e o projeto, forma de exame e uso de recursos são diferenças geralmente mencionadas quando projetos de diferentes instituições são comparados". Sobre a duração dos projetos em Aalborg, assinala que "embora projetos típicos durem cinco meses, existem exceções, [...] como no Departamento de Arquitetura, onde os projetos tem menor duração, pois permitem melhor alcance dos objetivos educacionais". Finalmente, analisando os princípios educacionais em Aalborg, observa que eles "variam de departamento para departamento, o que afeta aspectos do programa". Disto decorre que [123]:

- Os temas podem ser definidos de distintas maneiras, quer descrevendo vários tipos de problemas, quer direcionados diretamente para certos conteúdos;
- Os projetos podem basear-se em problemas abertos, ou mais controlados, dependendo dos objetivos educacionais e do "*problema base*". Na situação *aberta* os próprios estudantes preparam e definem os problemas e projetos, na mais *controlada* os professores efetuam sua definição e descrição;
- A definição do problema varia entre áreas profissionais: em alguns programas deve ser um *dilema ou discrepância social* enquanto em outros será uma questão remetendo a uma solução de engenharia, podendo ainda ser uma questão que direcione o processo de aprendizagem em determinada direção;

- As várias fases do projeto podem variar, dependendo do objeto em questão;
- A supervisão para o projeto varia bastante, materializando-se de formas distintas;
- O tamanho das equipes varia entre semestres e entre departamentos.

Verifica-se que, embora consolidadas como estratégias de aprendizagem ativa, o *PBL* e o *PjBL* não são metodologias cristalizadas, no sentido de estabelecer, de forma fechada, procedimentos, posturas, resultados e objetivos. Podem ser vistas, primordialmente, como posturas de sucesso na relação ensino-aprendizagem, com *princípios diretores claros, porém extremamente flexíveis*, gerando questionamentos e pesquisas por procedimentos que possibilitem fortalecimento e alcance dos impactos esperados de aprendizagem. Laursen [124] observa que "o sucesso do *PBL* depende de quão bem sucedido ele será para tratar situações com *fraca definição de conteúdos*, demanda para *qualificar os estudantes* até o *mais alto nível do conhecimento* e considerável influencia dos estudantes na *seleção dos conteúdos*. Esta situação é tratada focando no desenvolvimento das competências transversais metacognitivas e pessoais". Neste quadro, coloca quatro tipos de problemas que dificultam a consolidação e manutenção do sucesso do *PBL*:

- *As formas de ensino e aprendizagem*, dentro do projeto, não são funcionalmente integradas, constituindo uma totalidade fragmentada e confusa¹²;
- a linha de estudos para *avanço das competências e do conhecimento técnico* dos estudantes pode ser fraca, evitando os elementos "chatos" e difíceis dos conteúdos, adicionado ao impulso de repetir o que já foi aprendido;
- "*Individualidades emocionantes - comunidades maçantes*": deve-se suportar a aprendizagem individual com "*teorias e diálogos enriquecidos*", orientados ao problema e integrados ao projeto, mas estas situações podem ocorrer só parcialmente pois demandam tempo, são difíceis de implantar e manter e, mesmo importantes para a metacognição, não motivam os estudantes;
- *Exames extremamente arbitrários*: definição fraca dos conteúdos combinada com objetivos de aprendizagem difusos, invariavelmente, produzem problemas na avaliação. Geralmente, a questão do que, exatamente, deve ser avaliado é deixada para algum entendimento *intuitivo* entre o revisor e o examinador.

Concluindo, Laursen [124] observa que a estratégia baseada em problemas e organizada em projetos deve ser *considerada como uma, dentre as diversas possibilidades, para que os estudantes possam organizar o processo de construção do conhecimento*. Como esta estrutura será desenvolvida, em sua visão, depende do contexto onde o método será utilizado: qualificação dos estudantes, objetivos de aprendizagem e conteúdos. Finalizando, efetua três recomendações [124]:

¹² Ver o Alinhamento Construtivo de Biggs, seção 7.3

- a) impactos esperados de aprendizagem devem ser apreendidos por todos os envolvidos, e utilizáveis como ferramentas para as avaliações e auto-avaliações; devem estar articulados de tal forma que tornem possível sua utilização na avaliação dos projetos e a decisão sobre sua relevância¹³;
- b) deve-se equacionar uma progressão clara da linha de estudos, associada às competências mais importantes e aos objetivos educacionais;
- c) conceitos diferenciados da *relação problema-projeto* devem ser desenvolvidos, com conexões precisas e qualificadas entre os impactos educacionais desejados, por um lado, e a seleção do quadro educacional, por outro.

Embora Kolmos [123] considere o *PBL* e o *PjBL* estratégias consolidadas de aprendizagem, alguns autores não distinguem entre as siglas *PBL* e/ou *PjBL*, e nem mesmo entre sua formulação. Moursund [125], por exemplo, coloca que "*Project-Based Learning - PBL* tem foco em um problema a ser solucionado ou uma tarefa a ser desenvolvida. A idéia mais importante na solução de problemas e desenvolvimento de tarefas é que a pessoa se apóia em desenvolvimentos anteriores, tanto seus quanto de outras pessoas. Quando confrontado com problemas ou tarefas desafiadoras, a pessoa utiliza o conhecimento, as competências e contribuições já desenvolvidas, e seu próprio conhecimento, competências e trabalhos prévios". O autor, inclusive, utiliza a sigla "*P/T Team*" para explicitar "*Problem/Task Team*".

Na conceituação do problema para uma estratégia *PBL*, observa-se também visão ampla, caracterizando-o como "um cenário, uma estória, um dilema, um desafio, um '*gatilho*' ou qualquer ponto de partida para o aprendizado". Nesta perspectiva, "*um problema pode ser uma forma assumida por um projeto ou vice-versa, não existindo conceituação rígida diferencial entre os dois procedimentos*" [126].

Para Barret [126], é importante que, ao desenvolver-se um problema para uma estratégia *PBL* - ao qual devem estar associadas às questões "*O que?*", "*Por quê?*" e "*Como?*" - sejam observados conceitos esclarecedores ("*illuminative*"), sugerindo que o problema seja um provocador de um espaço liminar, funcionando como "*gatilho*" que permita a abordagem de conceitos liminares e ser um estímulo para um difícil, porém divertido, aprendizado ("*hard fun*") (Figura 05).

Qvist [127], pesquisando a prática efetiva dos professores em Aalborg, analisa a definição de "*problema*" para diversas áreas do conhecimento destacando que, para as engenharias e ciências naturais, "problemas para o desenvolvimento de projetos são formas aparentes que destacam contrastes e conflitos na sociedade".

¹³ Ver o Alinhamento Construtivo de Biggs no Capítulo 7

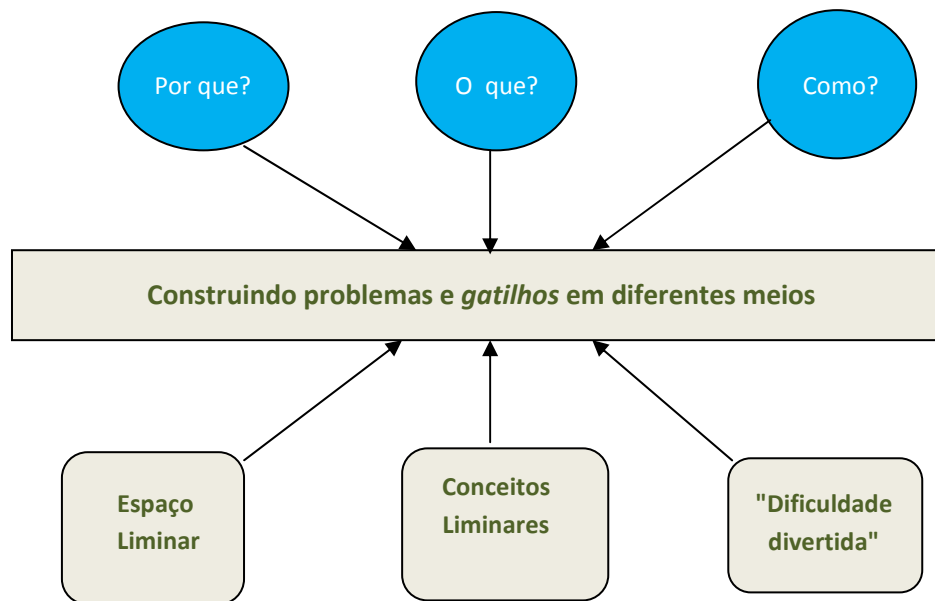


Figura 05 - Diagrama conceitual do PBL - adaptado de [126]

A lógica no desenvolvimento das ações associadas ao problema, em um dos modelos utilizados em Aalborg, na interpretação de Qvist [127], utilizando a visão de Algreen-Ussing [128], é que, após a formulação inicial do problema haja, na condução do projeto, uma etapa bem formulada e documentada conduzindo a uma visão clara e focada do *problema*, permitindo focar a questão em problemas parciais que, na interpretação dos autores, poderia ser caracterizada como uma descrição dos subprojetos ou um detalhamento das tarefas, que deve *ser parte do projeto e estar limitado pelo problema*. Qvist [127] utiliza, em suas diretrizes para formulação do "*problema*", os mesmos questionamentos de Barret [129]:

- Entendimento ou compreensão: durante o projeto procura-se respostas para a expressão '*Por que*'?;
- Mudança: durante o projeto busca-se respostas para a expressão '*Como*'? (Como será a nova situação, a nova relação, como efetuar desenvolvimento);
- Entendimento e mudanças: durante o projeto busca-se respostas para o "*Por que*"... e o "*Como*".

Qvist [127] mostra posturas possíveis para colocação do problema. Em uma situação, um grupo de engenharia eletrônica recebe a incumbência de verificar se é possível construir um dinamitador com o mesmo volume dos existentes no mercado, porém utilizando menos bateria. O elemento iniciador, ou "*gatilho*", neste caso, é um *contraste entre um produto existente na indústria e o que poderia existir*, ou seja, um contraste entre o *status-quo* e outra situação possível - uma visão. O

status quo deverá ser devidamente documentado enquanto a visão deverá ser justificada, mostrando sua factibilidade e razões que suportem sua execução.

Outro exemplo aborda um grupo de engenharia química cujo problema envolve o fornecimento de água potável, mas onde foi detectada contaminação com *bacilo coli*. A partir da informação, o problema deve ser devidamente documentado, mas também ser descoberta a razão da contaminação, além de proposições técnicas de como fornecer água potável, de forma segura e garantida, para as residências.

É importante destacar que a expressão "*espaço liminar*" colocada por Barret [126] é explicitada de forma mais conceitual em outro capítulo da mesma obra, sendo associada à *ZDP*, de Vygotsky e que, sob certos aspectos, descreve as razões pelas quais o trabalho em equipe colaborativo, desenvolvido em grupos tutoriais na estratégia *PBL*, alcança os resultados reportados na literatura. Como a aprendizagem baseada em problemas utiliza os diversos níveis da *ZDR* em vários tópicos, o processo abre oportunidades para explorar o potencial de colaboração e construção coletiva de novos conhecimentos:

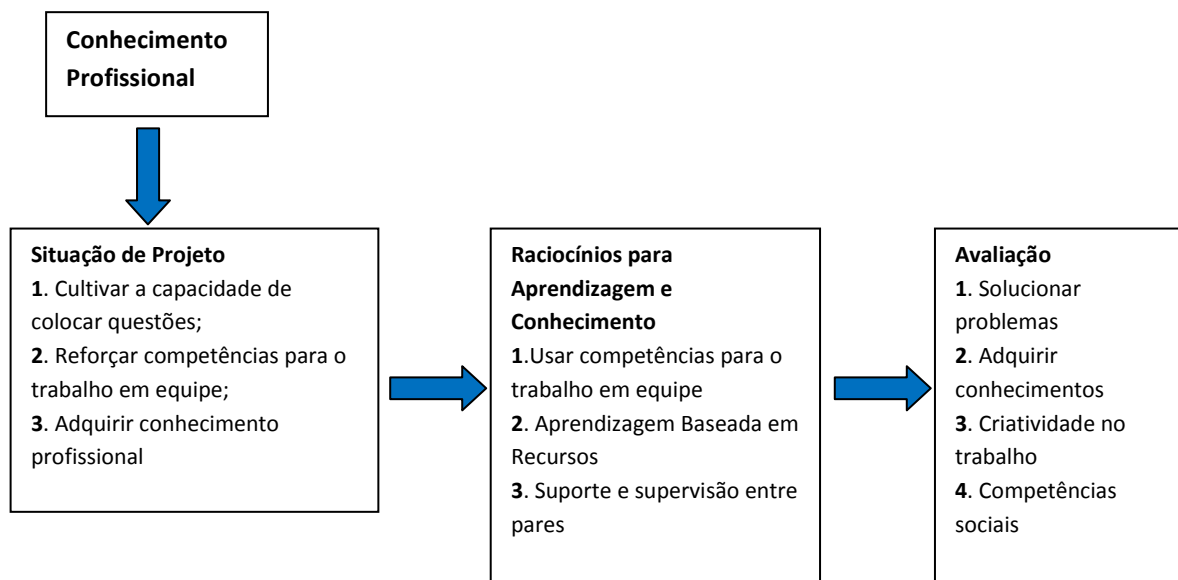
"... é através da construção social colaborativa dos novos conhecimentos, mediados pela linguagem, que os estudantes utilizando PBL se movem de sua Zona de Desenvolvimento Real - ZDR, onde elaboram conhecimentos autonomamente, para uma zona mais ampla, onde podem construir conhecimentos mais avançados dentro dos grupos tutoriais. Vygotsky estabeleceu a Zona de Desenvolvimento Proximal - ZDP como a distancia entre o nível atual de desenvolvimento, como determinado pela capacidade independente de solução de problemas e o nível potencial de desenvolvimento como determinado através da resolução de problemas com auxílio de um adulto ou de forma colaborativa com companheiros mais experientes" [126].

Na visão do "*Buck Institute for Education - BIE*" [95], não existe definição consensual para o *PBL* e, na aceção deste instituto, *PBL* é acrônimo para "*Project Based Learning*", constituindo "um método sistemático que envolve os estudantes no processo de construção de conhecimentos e habilidades mediante questionamentos estruturados a partir de questões autênticas e complexas, bem como produtos e tarefas cuidadosamente planejadas" [95]. Esta definição engloba desde projetos simples, de uma ou duas semanas, com conteúdos isolados, até projetos interdisciplinares de longa duração, envolvendo a comunidade externa.

Sobre a diferença entre *PBL* e *PjBL*, Noordin [130], coloca que ambos descrevem processos onde são utilizados problemas "*não estruturados*", propositalmente desenhados para conduzir os estudantes à aprendizagem de conteúdos específicos e desenvolvimento de competências à medida que buscam soluções diversas, dentro do contexto e conteúdos assinalados. Diferenças, contudo, são observadas, pois os projetos, na concepção clássica *PjBL* emergem de contextos autênticos, informações controversas ou pontos significantes para a comunidade,

desdobrando-se de formas inesperadas; já o BIE [95] utiliza cenários realistas e regras que conduzem os estudantes ao longo de uma trajetória cuidadosamente planejada em direção a um conjunto de impactos educacionais definidos.

Etapas do PBL



Etapas do PjBL

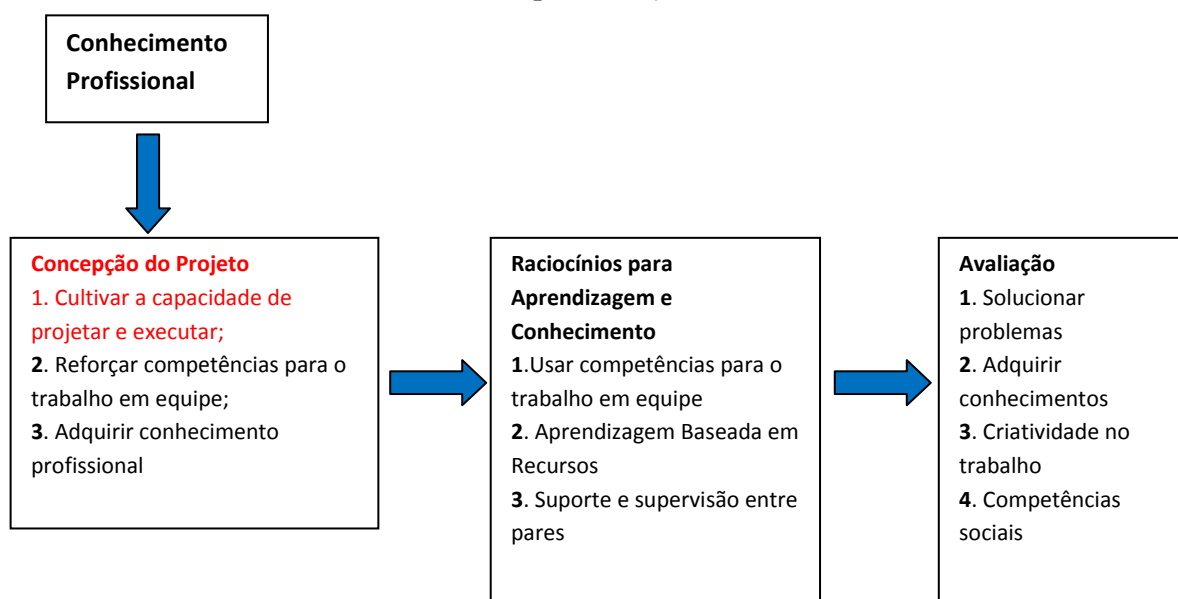


Figura 06 - Etapas do PBL (alto) e PjBL (embaixo)- adaptado de [125]

Esta diversificação pode ser observada, por exemplo, na colocação de Moursund [125] que "*project-based learning* é, muitas vezes, denominado de *problem-based learning*, e vice-versa. No *problem-based learning*, o foco é direcionado a um problema específico, que deve ser desenvolvido" (Figura 06).

Tabela 06: Comparativos PjBL x PBL (adaptado de [130])

Área	PjBL	PBL
Objetivos	Desenvolver e reforçar as competências técnicas e transversais e fornecer uma prática real da engenharia para os estudantes.	Reforçar as competências transversais dos estudantes.
Produto Final	Os produtos finais guiam os estudantes para uma visão e compreensão do processo de produção, planejamento e avaliação.	Os produtos finais podem ser mais simples, como, por exemplo, relatórios técnicos.
Conhecimento	Mais direcionado à aplicação do conhecimento.	Mais direcionado à construção do conhecimento.
Processo de Aprendizagem	Processo de aprendizagem mais focado no desenvolvimento de produtos.	Foco primário do aprendizado sobre os processos de pesquisa e questionamento.
Problemas	Aparecimento de um conjunto de problemas à medida que os estudantes, implicitamente, verificam nos projetos que competências de solução de problemas são necessárias. Estudantes têm que aprender a formular problemas.	Estudantes iniciam o processo com um problema claramente descrito sendo necessário construir um conjunto de soluções e conclusões.
Avaliação	O sucesso do PjBL é avaliado através das competências adquiridas durante o processos de desenvolvimento do produto.	Sucesso do PBL é avaliado através da efetividade da solução final proposta.
Implementação	Geralmente mais associado à educação em engenharia e instrução em ciências. Envolve um conjunto de equipamentos, softwares e laboratórios para desenvolvimento do produto final.	Extensamente utilizado na educação médica e outras práticas profissionais. Pode ser implementado com pouco, ou quase nenhum, equipamento e infraestrutura.
Tempo e recursos	Desenvolvimento do projeto exige tempo e recursos, por vezes limitados. Estudantes devem saber como manejá-los adequadamente de forma a finalizar o projeto no cronograma.	Não exige muito tempo e os recursos podem ser obtidos mais facilmente.

Um problema, por exemplo, pode ser a despoluição de um rio contaminado que atravessa uma cidade ou como salvar uma espécie da fauna ou flora ameaçada de extinção. O *problem based learning* é mais comum na educação médica ou de negócios; uma característica chave do *project-based learning* é que o foco não é somente no conhecimento de algo, mas envolve sempre '*fazer*' algo, sendo mais direcionado à ação."

Morsund [125] coloca que a maior diferença entre as estruturas operacionais das duas estratégias reside na *estruturação do projeto* (Figura 06, com destaque). O

PjBL procura desenvolver a capacidade dos estudantes para *projetar e executar uma tarefa*, ao passo que o foco do *PBL* é na *capacidade de estruturar problemas*. Na avaliação, o foco é a solução de problemas e criatividade no trabalho. Visão objetiva, pode ser encontrada em [130], e mostrada na Tabela 06.

Observa-se, assim, que são estratégias bem flexíveis, e o que realmente importa é efetuar sua correta contextualização, bem como manter coerência com seus princípios condutores, que remetem à aprendizagem indutiva, *ZDP* e trabalho em equipe dos participantes.

6.5 Conclusões

Este capítulo tratou, em maiores detalhes, das posturas indutivas na relação ensino-aprendizagem, cuja instrução começa com questões concretas, específicas, para os alunos solucionarem um problema complexo, do mundo real, invertendo a lógica da postura convencionalmente utilizada, que é dedutiva.

Abordou-se, na sequência, as principais estratégias de aprendizagem ativa atualmente utilizadas, como a aprendizagem colaborativa, a aprendizagem cooperativa, a aprendizagem baseada em problemas - *PBL* e a aprendizagem baseada em projetos - *PjBL*, mostrando que os avanços recentes da neurociência e da psicologia estão lançando luzes sobre os processos de cognição e aprendizagem e reforçando, de forma geral, estas posturas indutivas de aprendizagem.

Foram discutidos, em maiores detalhes, as bases conceituais e operacionais da aprendizagem baseada em problemas - *PBL* e da aprendizagem baseada em projetos - *PjBL*, cujos pontos de identidade, similaridade e completude remete à discussão ampla, controversa e não conclusiva sobre suas especificidades e adequação de sua aplicabilidade às engenharias.

O Capítulo 7, na sequência discute, adicionalmente, elementos utilizados para a subsidiar a estruturação das atividades, reflexões e avaliações efetuadas ao longo dos últimos anos, dentro do PET - Engenharia Elétrica, basicamente a "Taxonomia de Bloom", o Alinhamento Construtivo, a Metacognição e as Dimensões do Conhecimento .

7. Proposta de Trabalho: Bases Conceituais

7.1. Introdução

Diversas bases conceituais e estratégias pedagógicas nortearam a proposta de trabalho, aqui apresentada, dentro do PET - Engenharia Elétrica. Estas diretrizes não surgiram como "*deus ex machina*", como "*uma luz que chega de repente, com a rapidez de uma estrela cadente, que inunda a mente e o coração*", mas resultaram de longo processo de tomada de consciência e crescimento intelectual do autor sobre a educação em engenharia, construído de forma colaborativa, com outros professores e mesmo com os próprios alunos, abrangendo mais de duas décadas.

Tal situação é compreensível, considerando-se as colocações dos capítulos anteriores, especialmente o "Capítulo 5 - Paradigmas da Relação Ensino - Aprendizagem", que delineia, ainda que de forma superficial, as diversidades, controvérsias e falta de consenso sobre as metodologias ativas, mesmo em sua nomenclatura. O que se dirá, então, de suas bases conceituais e paradigmas?

Não possuindo o Programa PET meios e métodos rigidamente estabelecidos - o que, aliás, seria impossível, dada a diversidade de cursos, regiões geográficas e instituições de ensino que o compõem - mas somente a diretriz geral, que é a "*educação de excelência*", a decisão sobre estratégias de aprendizagem utilizadas apresenta aspectos que, sob certa ótica, são facilitadores. Dentre estes, o fato do Programa não se prender a aspectos burocráticos e administrativos da grade curricular, não se vinculando a prazos semestrais, lançamentos de notas e aplicação obrigatória das provas semestrais possibilita escolhas mais criteriosas das estratégias e avaliações mais efetivas dos impactos educacionais esperados, autonomia de correção de rumos e estabelecimento de cronogramas compatíveis com as necessidades dos projetos e atividades.

Adicionalmente aos conteúdos dos capítulos anteriores, há que se referenciar importantes visões e ferramentas associadas aos procedimentos e métodos educacionais, utilizados no delineamento e montagem das estratégias adotadas, e que são a "*Taxonomia de Bloom*" [131], o "*Alinhamento Construtivo*" [132], a "*Metacognição*" [133] e o "*Modelo de Perry*" [134], que subsidiaram a estruturação das atividades, reflexões e avaliações ao longo dos últimos anos.

7.2 Taxonomia de Bloom:

A "*Taxonomia de Bloom*", proposta por Benjamin Bloom, psicólogo educacional americano [135], nos anos 1950, categoriza os níveis de habilidades de raciocínio necessários em situações de aprendizagem. No primeiro volume da "*Taxonomy of*

educational objectives: the classification of educational goals" [135] Bloom classificou os objetivos de aprendizagem na "*Taxonomia de Bloom*", elemento essencial para a comunidade acadêmica, dividindo os objetivos educacionais em três "*domínios*": *cognitivo*, *afetivo* e *psicomotor* (descritos, às vezes, como "*conhecimento/cabeça*", "*sentimento/coração*" e "*fazer/mãos*"). A Taxonomia de Bloom *motiva os educadores a se concentrarem nos três domínios, criando formas mais holísticas de educação*. No domínio cognitivo, Bloom [135] sugeriu seis níveis, cada qual exigindo nível maior de abstração dos alunos, em graus crescentes de dificuldade, do mais básico ao mais complexo: Conhecimento ("*Knowledge*"), Compreensão ("*Comprehension*"), Aplicação ("*Application*"), Análise ("*Analysis*"), Síntese ("*Synthesis*") e Avaliação ("*Evaluation*").

David Krathwohl, integrante da equipe original de Benjamin Bloom sugeriu, em 2002, modificações na taxonomia propondo a "*Taxonomia Revisada de Bloom*" [136]. Para o domínio cognitivo, as alterações envolveram mudança de nomenclatura, com os verbos correspondentes, que passaram a ser Lembrar ("*Remember*"), Entender ("*Understand*"), Aplicar ("*Apply*"), Analisar ("*Analyse*"), Avaliar ("*Evaluate*") e Criar ("*Create*"), com inversão dos dois últimos níveis da Taxonomia original de Bloom. Os níveis da Taxonomia são [136]:

1) Lembrar: memorizar materiais aprendidos recordando fatos, termos, conceitos básicos e respostas, associados à memória de longo prazo. Questões devem ser formuladas somente para testar se o estudante extraiu informações específicas da lição, ou atividade desenvolvida. Inclui o conhecimento das idéias principais do conteúdo que está sendo ministrado;

2) Entender: entender fatos e idéias através de organização, comparação, tradução e interpretação; efetuar descrições e expor as principais ideias. Estudantes, neste nível, devem interpretar fatos, e não só memorizá-los;

3) Aplicar: utilizar o conhecimento adquirido. Resolver problemas em situações novas aplicando conhecimentos, fatos, técnicas e regras adquiridas. Questões de aplicação são aquelas nas quais os estudantes terão que realmente aplicar, ou utilizar, o conhecimento aprendido, solucionando um problema utilizando a informação que tiveram em classe, criando soluções viáveis;

4) Analisar: examinar e separar informações em partes, identificando seus motivos ou causas; fazer inferências e encontrar evidências que sustentem generalizações. Os estudantes devem ir além do conhecimento e da aplicação e buscar modelos, ou padrões, que possam utilizar para solucionar os problemas;

5) Avaliar: apresentar e defender opiniões, fazendo julgamentos sobre as informações, validade de idéias ou qualidade do trabalho, baseado em conjunto de critérios. Os estudantes devem ser capazes de avaliar informações e chegar a uma conclusão sobre seu valor ou tendência;

6) Criar: construir estruturas, ou padrões, a partir de elementos diversos; colocar as partes em conjunto para formar um todo. Associar informações de diferentes maneiras, combinando elementos e formando novos padrões, ou soluções alternativas. Os estudantes devem utilizar fatos e informações recebidas para criar novas teorias ou fazer previsões, podendo ter que extrair conhecimento de múltiplas situações, ou fatos, e sintetizá-los para chegar a uma conclusão.

Aos níveis da Taxonomia de Bloom associam-se, para efeitos pedagógicos, verbos específicos de ação (Tabela 07) utilizados para estabelecer os impactos educacionais pretendidos nas atividades de ensino, possibilitando trabalhar, de forma mais sistemática, os níveis de complexidade da cognição [137]:

Tabela 07: Verbos da Taxonomia de Bloom - adaptado de [137]

Nível	Verbos associados
Lembrar	definir, descrever, identificar, saber, rotular, listar, corresponder, nomear, esboçar, recordar, reconhecer, reproduzir, selecionar, declarar, memorizar, dizer, repetir, reproduzir
Entender	compreender, converter, defender, distinguir, estimar, explicar, estender, generalizar, dar exemplos, inferir, interpretar, parafrasear, prevêr, reescrever, resumir, traduzir, mostrar a relação de, caracterizar, associar, diferenciar, classificar, comparar distinções
Aplicar	aplicar, mudar, calcular, construir, demonstrar, descobrir, manipular, modificar, operar, prever, preparar, produzir, referir, resolver, usar, sistematizar, experimentar, praticar, exercitar, utilizar, organizar
Analisar	analisar, decompor, comparar, contrastar, diagramar, desconstruir, diferenciar, discriminar, distinguir, identificar, ilustrar, inferir, esboçar, relacionar, selecionar, separar, investigar, descobrir, determinar, observar, examinar
Avaliar	avaliar, comparar, concluir, contrastar, criticar, apreciar, defender, descrever, discriminar, avaliar, explicar, interpretar, justificar, referir, resumir, apoiar, calcular, estimar, consultar, julgar, criticar, medir, decidir, discutir, valorizar, decidir, aceitar / rejeitar
Criar	categorizar, combinar, compilar, compor, criar, inventar, projetar, explicar, gerar, modificar, organizar, planejar, reorganizar, reconstruir, referir, reorganizar, revisar, reescrever, resumir, dizer, escrever, sintetizar, imaginar, conceber, concluir, teorizar inventos, criar constructos

Revisando a Taxonomia de Bloom, Krathwohl [136] inseriu a *Metacognição* entre as dimensões do conhecimento, conferindo-lhe um destaque não constante na proposta original de Bloom [135], onde ela não aparecia como uma dimensão separada das demais. As quatro dimensões do conhecimento, na perspectiva de Krathwohl [136], são:

a) Factual: elementos básicos que os estudantes devem conhecer para estarem familiarizados com uma disciplina, ou nela solucionarem problemas: conhecimento da terminologia, detalhes e elementos específicos;

b) Conceitual: interrelações entre os elementos básicos, em um escopo amplo, que possibilite seu funcionamento conjunto: conhecimento de classificação e categorias, de princípios e generalizações, de teorias, modelos e estruturas;

c) Procedural: como fazer algo; métodos de questionamento e critérios para utilizar competências, algoritmos, técnicas e métodos e interrelações entre elementos básicos, em escopo amplo possibilitando-os funcionar juntos: conhecimento de habilidades e algoritmos específicos de um assunto, de técnicas e métodos específicos de um assunto, de critérios para determinar quando utilizar procedimentos apropriados;

d) Metacognitivo: conhecimento da cognição em geral bem como consciência e conhecimento da própria cognição: conhecimento estratégico sobre tarefas cognitivas, incluindo conhecimento apropriado contextual e condicional, autoconhecimento.

Ao efetuar as modificações, Krathwohls [136] redefiniu o domínio cognitivo como interseção das dimensões dos *Processos Cognitivos* e do *Conhecimento*. Embora sejam representadas como degraus hierárquicos (Figura 07), as distinções entre as categorias não são claramente definidas, com contornos nítidos. Todo o conhecimento "*procedural*" não é, necessariamente, mais abstrato que todo o conhecimento "*conceitual*", e um objetivo que envolva "*analisar*" ou "*avaliar*" pode requerer capacidades de pensamento com a complexidade de um que envolva "*criar*". Há que se assinalar, contudo, que os níveis inferiores da escala fornecem a base necessária às habilidades de pensamento dos níveis de ordem elevada, estando neles inseridas [138].

A matriz tridimensional (Figura 07) possibilita visualização bastante clara e objetiva da interrelação entre as Dimensões dos Processos Cognitivos e do Conhecimento, ilustrando a posição dos diversos níveis da Taxonomia de Bloom associados às suas interações [138].

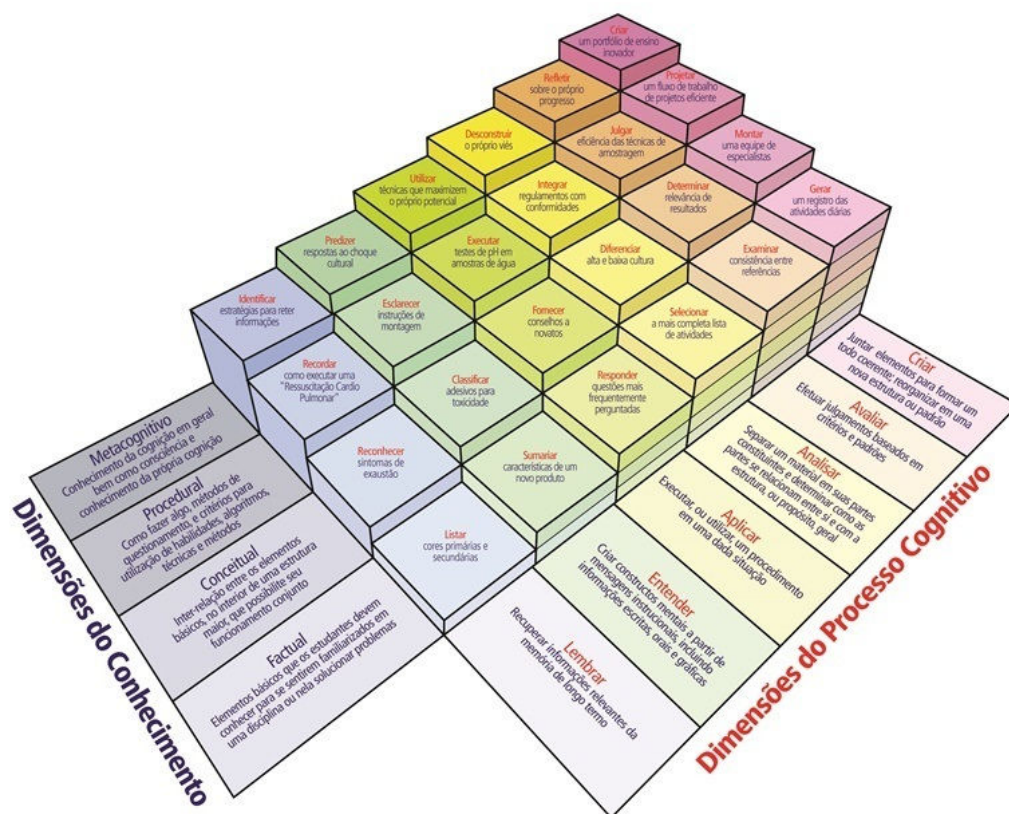


Figura 07 - Dimensões do Conhecimento e dos Processos Cognitivos - adaptado de [138]

Tabela 08 - Dimensões do Conhecimento - adaptado de [138]

Conhecimento Concreto		Conhecimento abstrato	
Factual	Conceitual	Procedural	Metacognitivo
Conhecimento da terminologia	Conhecimento de classificação e categorias	Conhecimento de habilidades e algoritmos específicos de um assunto	Conhecimento estratégico
Conhecimento de detalhes e elementos específicos	Conhecimento de princípios e generalizações	Conhecimento de técnicas e métodos específicos de um assunto	Conhecimento sobre tarefas cognitivas, incluindo conhecimento apropriado contextual e condicional
	Conhecimento de teorias, modelos e estruturas	Conhecimento de critérios para determinar quando utilizar procedimentos apropriados	Autoconhecimento

Fica claro, pela matriz, que os níveis mais elevados do pensamento devem ser conseguidos trabalhando-se, simultaneamente, "Avaliar" e "Criar", na dimensão cognitiva, e os procedimentos "Procedurais" e "Metacognitivos", na dimensão do conhecimento. Felder [99], utilizando a Taxonomia de Bloom, e os *verbos* associados, exemplifica como estabelecer, adequadamente, impactos esperados de aprendizagem, trabalhando nos níveis mais elevados da taxonomia (Tabela 09) :

Tabela 09 - Impactos Esperados de Aprendizagem (adaptado de [99])

Exemplo 1	
" Ao final do Capítulo X do livro texto, o estudantes deverá.....	
<i>Inaceitável</i>	 aprender como projetar e conduzir experimentos.
<i>Fraco</i>	 ser capaz de projetar um experimento para mensurar ***** e analisar os resultados....
<i>Bom</i>	 ser capaz de (a) projetar um experimento para mensurar **** como função de ***** (<i>Criar</i>) e executar uma análise de erro (<i>Aplicar e Analisar</i>) (b) explicar, em linguagem apropriada à compreensão de um técnico, o significado dos resultados (<i>Entender</i>) (c) classificar a aplicabilidade das diferentes correlações empíricas para **** versus **** (<i>Avaliar</i>) "
Exemplo 2	
" Ao final deste curso, o estudantes deverá.....	
<i>Inaceitável:</i>	 entender os requerimentos para um trabalho multidisciplinar em equipe
<i>Fraco:</i>	 ser capaz de atuar efetivamente em uma equipe multidisciplinar de projeto.
<i>Bom:</i>	ser capaz de..... (a) atuar efetivamente como integrante de uma equipe de projeto multidisciplinar, determinando sua efetividade pela avaliação dos pares e auto-avaliação (<i>Aplicar</i>) (b) julgar as importâncias relativas das diferentes disciplinas para o projeto (<i>Avaliar</i>)

Observar que a declaração de um *impacto esperado da aprendizagem* - IEA contém sempre um *verbo* (ação) e um *objeto de aprendizagem* (um substantivo):

- O *verbo* está associados às ações ligadas aos *processos cognitivos* desejados;
- O *objeto ao conhecimento /competências* que os estudantes devem adquirir.

Destaca-se que os impactos educacionais esperados para uma determinada atividade devem ser *observáveis* [99]. Devem ser evitados, e não estabelecidos como impactos esperados de aprendizagem, situações que envolvam verbos como "..... o aluno deverá *saber, aprender, apreciar,*", pois embora sejam impactos críticos e importantes, não são diretamente observáveis, dificultando a avaliação da aprendizagem desejada.

A utilização da Taxonomia de Bloom, sozinha, pode não ser efetiva para uma prática educacional desejável, pois os *Impactos Esperados da Aprendizagem - IEAs*, devem estar também associados às *Atividades de Ensino-Aprendizagem - AEAs* e às *Tarefas Avaliativas - TAs*, formando uma estrutura lógica e coerente. Este aspecto foi trabalhado, principalmente, por Biggs [139] que efetuou a proposição do *Alinhamento Construtivo* ("*Constructive Alignment*"), abordado a seguir.

7.3. Alinhamento Construtivo de Biggs

Todo professor, no geral, afirma que "*ensina para a compreensão*" ("*teach for understanding*"), mas o fato é que poucos assumem conscientemente esta atitude [139], pois não vislumbram como "*descer*" da retórica de suas intenções até os *objetivos específicos* de um curso ou atividade, pois este deslocamento exige estruturas que operacionalizem o significado do termo "*entendimento*", para esta particular situação. Existe uma hierarquia das concepções, oriundas das pesquisas fenomenográficas [140], que apresenta, tópico por tópico, descrições explicitando desde o "*equivoco*" até o "*entendimento articulado de ordem superior*".

O projeto "*Harvard Project Zero*", que trabalha a natureza da inteligência, compreensão, pensamento, criatividade e ética [186] foca nos aspectos *performativos* do entendimento: se alguém "*entende*" algo apropriadamente, age de forma diferente em contextos que envolvam os conteúdos apreendidos, particularmente contextos não familiares. Este "*desempenho do entendimento*" requer que os estudantes interajam de forma consciente com a nova tarefa e reflitam sobre as realimentações apropriadas, buscando possibilidades de melhorias. Situações como estas, infelizmente, não integram a maioria das tarefas apresentadas nas salas de aulas: para tal, seria necessário que elas fossem contempladas, antecipadamente, pelas atividades de ensino e avaliação, quando do estabelecimento dos impactos educacionais esperados [186].

Biggs [141], associando o crescimento das competências dos estudantes às complexidades das tarefas escolares descreveu, em cinco níveis, a Taxonomia SOLO ("*Structure of the Observed Learning Outcome*"):

- **Pré-estrutural:** a tarefa não é abordada de forma apropriada; o estudante ainda não entendeu o conteúdo;
- **Uni-estrutural:** um, ou alguns, aspectos, da tarefa são captados e utilizados pelos estudantes (entendimento nominal);
- **Multiestrutural:** vários aspectos da tarefa são apreendidos, mas tratados separadamente (entendimento como "conhecer sobre");
- **Relacional:** componentes são integrados em um todo coerente; cada parte contribui para o significado global (entendimento com relacionamentos);
- **Abstração estendida:** o todo, integrado em nível relacional, é reconceituado em níveis mais elevados de abstração, que possibilitam generalização de novos tópicos ou áreas, ou ligados reflexivamente sobre si mesmo (entendimento como transferência distante, e envolvendo metacognição).

Considerando esta taxonomia, e buscando alcançar os níveis mais complexos do entendimento, Biggs propôs a visão do *alinhamento construtivo*, descrito como uma *"postura para o ensino na qual o que se espera que os conhecimentos que os estudantes devam adquirir, e de que forma irão expressar suas aprendizagens, devem ser claramente colocados antes que o processo de construção deste conhecimento tenha início. O processo de ensino é, então, estruturado de forma que os estudantes se engajem na busca destes impactos em sua formação, e as avaliações devem ser pensadas de forma a possibilitar julgamentos claros e objetivos e em que proporção estes impactos estão sendo alcançados"* [142]. Prosseguindo, ilustra a proposta com prosaico, porém interessante, exemplo da vida diária: uma mãe que deseja ensinar ao filho como fazer o laço do sapato foca-se neste objetivo, guia a criança através dos movimentos do cadarço até que o ato de elaborar o laço seja conseguido, de forma satisfatória, pela criança. De forma equivalente, espera-se que o estudante *construa seu conhecimento conduzindo suas ações em direção a um objetivo específico a ser alcançado*, no caso, o impacto esperado na formação.

Ilustrando a necessidade de posturas pedagógicas mais motivadoras que assegurem engajamento maior dos estudantes na construção do conhecimento, Biggs [132] caracteriza uma situação peculiar, atualmente comum, confrontando a postura de dois estudantes *"típicos"*, denominados *"estudante A"* e *"estudante B"*, aqui reproduzida, por seu caráter didático, ilustrativo e consistente.

O *"estudante A"* é academicamente comprometido: brilhante, interessado nos estudos, quer fazer tudo corretamente, tem planos acadêmicos e profissionais claros e o que aprende é, para ele, importante. Seu aprendizado é *"acadêmico"*: vem para as aulas com conhecimento básico sólido, relevante, e, possivelmente, com perguntas para as quais deseja respostas. Nas aulas, busca soluções para as perguntas, que constituem a base de um domínio específico de conhecimentos que está construindo; se não é resposta desejada, tenta entender o porque e, em qualquer situação, reflete sobre o significado pessoal do que está aprendendo.

Alunos com este perfil, praticamente, ensinam-se a si mesmos e, normalmente, não requerem muita ajuda dos professores.

Veja-se agora o "*estudante B*". Frequenta a universidade somente para obter um "*diploma*" e buscar um trabalho "*decente*", não tendo curiosidades sobre assuntos específicos, ou ambição para se destacar em determinada profissão; há alguns anos, nunca consideraria a possibilidade de frequentar a universidade. Não é comprometido como o "*estudante A*" e, possivelmente, menos brilhante, academicamente falando. Possui reduzidos conhecimentos básicos relevantes e, nas aulas, poucas perguntas: esforça-se apenas o suficiente para obter aprovação nas disciplinas. Os estudantes B e A ouvem as mesmas palavras do professor, mas o que para o "*estudante A*" é mais uma peça fundamental na construção de seu conhecimento, para ele é apenas uma anotação a mais em suas notas de aula. Acredita que, se anotar o suficiente, e tiver um "*macete*" para lembrar-se das anotações, irá bem nas provas. Alunos com o perfil do "*estudante B*", infelizmente, parecem majoritários atualmente e, realmente, necessitam ajuda para alcançar níveis aceitáveis de compreensão e discernimento [132].

Dizer que o "*estudante B*" é "desmotivado" pode até ser verdade, mas não o ajuda em nada! O que deve ser destacado, e realmente importa, é constatar que os *métodos de ensino, que funcionam bem com o "estudante A", não funcionam com ele. O desafio, para os professores, é motivar os "estudantes B" a aprender mais à maneira dos "estudantes A"!* Como trabalhar esta motivação? Utilizando o gráfico didático da Figura 08, Biggs [132] sugere que a diferença atualmente existente entre os dois estudantes (*Ponto X*) pode ser minimizada por métodos apropriados para a relação ensino - aprendizagem (*Ponto Y*), considerando tres fatores:

- relação entre o nível de envolvimento dos estudantes e a atividade necessária para alcançar os impactos desejados de aprendizagem para conteúdos e contextos particulares (variam de "*Descrever*" a "*Teorizar*");
- grau de atividade associado à aprendizagem que procedimentos de ensino supostamente devam estimular;
- orientação acadêmica dos estudantes.

O *locus X* é o extremo final "*passivo*" de um *continuum* para os métodos de ensino e onde existe a maior diferença entre os níveis de engajamento dos "*estudantes B e A*". Uma aula expositiva caracteriza esse tipo de ensino passivo e conduz justamente à situação descrita. O "*estudante A*" trabalha em um alto nível de engajamento dentro do intervalo das atividades de aprendizagem desejadas - relatando, aplicando e teorizando - enquanto o "*estudante B*" toma notas e memoriza, localizando-se fora do intervalo de atividades desejadas.

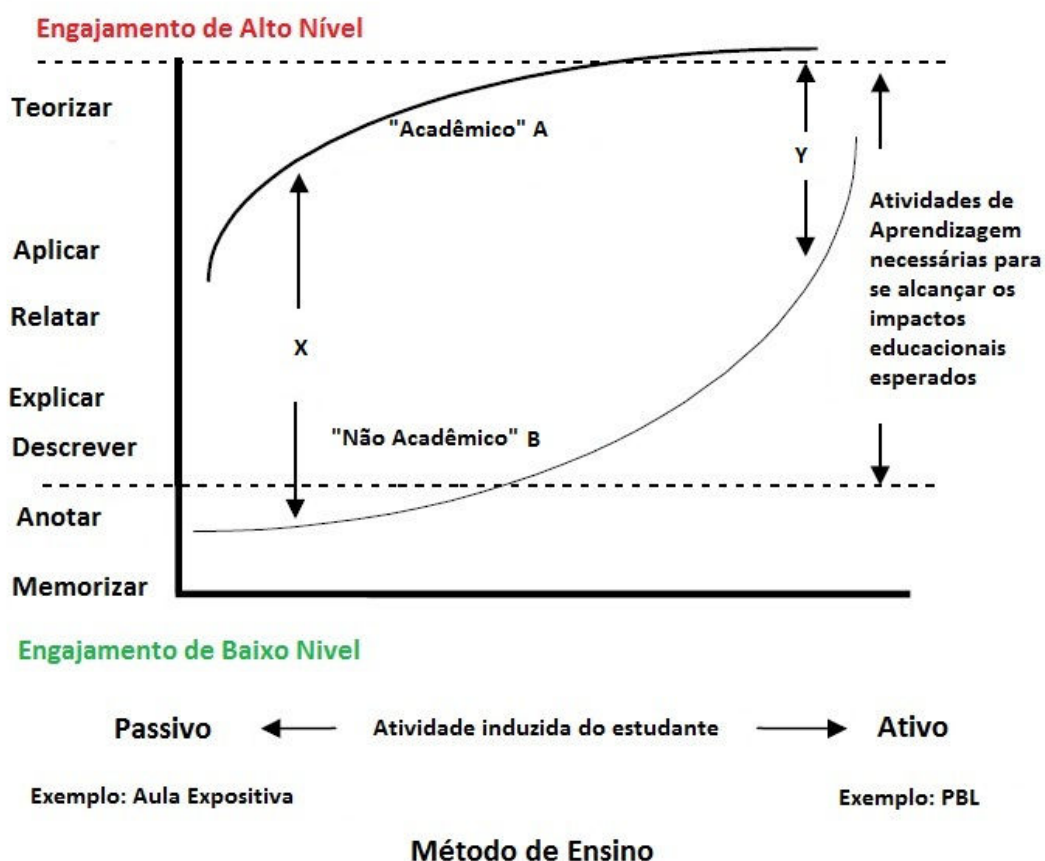


Figura 08 - Orientação do estudante, método de ensino e nível de engajamento
- adaptado de [132]

Biggs [132] nomina a atitude do "estudante A" como "*abordagem profunda*" ("*deep approach*"), que desenvolve atividades de aprendizagem adequadas aos impactos educacionais desejados, em contrapartida ao "estudante B", que trabalha abaixo do que é requerido, utilizando uma "*abordagem superficial*" ("*surface approach*").

No locus Y - extremo final "*ativo*" do *continuum* para os métodos de ensino - a diferença entre os dois estudantes não é tão grande; o "estudante B" está, agora, utilizando muitas das atividades que possibilitam alcançar os impactos desejados de aprendizagem. Uma aprendizagem ativa como o PBL, p. ex., requer que o estudante questione, faça conjecturas e apresente soluções trabalhando, assim, atividades cognitivas de ordem elevada, que o "estudante A" utiliza espontaneamente. A postura adotada para o ensino consegue reduzir a diferença entre os níveis de engajamento ativo na aprendizagem, pois o ambiente de ensino agora exige que os alunos passem por atividades de aprendizagem alinhadas com os impactos esperados da aprendizagem. O PBL pode ser considerado um exemplo de *alinhamento construtivo*: o impacto educacional esperado é que o aluno possa

resolver problemas profissionais e a postura ativa do ensino exige que o aluno, durante a aprendizagem, confronte e solucione estes problemas.

Biggs [132] faz interessante observação sobre os procedimentos de ensino: segundo ele, *"ensinar bem é conseguir que a maioria dos estudantes utilize seus processos cognitivos em níveis superiores, necessários ao alcance dos impactos esperados de aprendizagem, equiparando-se aos 'estudantes acadêmicos', que já utilizam estes processos cognitivos superiores espontaneamente"*.

Esta estratégia pedagógica sustenta-se na constatação que as atividades de aprendizagem, estabelecidas para alcance dos impactos esperados na formação dos alunos, replicam-se tanto nas atividades de ensino/aprendizagem às quais estarão submetidos, bem como nos processos de avaliação. Utiliza uma visão *construtivista* para o processo de aprendizagem e um *alinhamento entre as posturas de ensino e avaliação*. O *construtivismo* no processo de aprendizagem deriva das concepções da teoria construtivista, que enfatiza a participação do estudante na construção de seu próprio conhecimento, considerando as visões de Piaget e Vygotsky¹⁴, das quais adotamos esta última, especialmente a construção das *Zonas de Desenvolvimento Proximal - ZDPs* e o trabalho colaborativo, em equipes, com supervisão do tutor, fundamentais para a aprendizagem.

As *atividades* desenvolvidas pelos alunos devem ser especificadas em função dos impactos desejados em sua formação, bem como dos conteúdos aos quais se referem. *A responsabilidade do professor consiste na criação de um ambiente de aprendizagem que encoraje o estudante a desenvolver as atividades planejadas*, bem como avaliar os resultados verificando se os impactos esperados foram alcançados [142]. As ideias subjacentes ao *alinhamento construtivo* não são novas e foram propostas há mais de 60 anos. Em sua obra *"Basic principles of curriculum and instruction"*, Tyler [143] levantou quatro questões fundamentais:

- 1) Que propósitos educacionais a escola deve buscar alcançar?
- 2) Que atividades educacionais possibilitam alcançar estes propósitos?
- 3) Como podem estas atividades educacionais ser efetivamente organizadas?
- 4) Como determinar se os propósitos desejados estão sendo alcançados?

Colocou que a forma mais útil de estabelecer objetivos curriculares era expressá-los em termos que permitissem identificar tanto o tipo de *comportamento que deveria ser desenvolvido* e o contexto, ou as áreas da vida, *onde se esperava que estes comportamentos fossem necessários*. E arrematou, com uma frase que se

¹⁴ Ver Capítulo 05

tornou bastante conhecida: *"O aprendizado ocorre através do comportamento ativo do aluno: ele aprende a partir do que faz, não a partir do que o professor faz"* [143].

A questão do *alinhamento* reflete o fato que as atividades de aprendizagem, expressas como *verbos*¹⁵, necessitam ser ativadas no processo de ensino - se o objetivo é buscar o impacto esperado na formação do aluno - bem como nas atividades de avaliação para verificar se estes impactos estão sendo realmente alcançados. Exemplo simples de um *alinhamento*: o objetivo educacional esperado é que o aluno saiba como sintonizar um controlador PID em um ambiente de processos industriais. Neste caso, a atividade de ensino deve se focar na aprendizagem desejada em si, e não somente em aulas expositivas, conceituais sobre procedimentos de sintonia de controladores, enquanto a avaliação deve verificar quão bem o controlador foi sintonizado. Existe, neste caso, um verbo comum a todos os componentes da instrução: *sintonizar um controlador*, presente no objetivo desejado de aprendizagem, na atividade de ensino e na avaliação. Consegue-se um *alinhamento* quando esta condição ocorre.

Observar que, se o *foco recai sobre o que os estudantes deverão aprender, e não sobre os tópicos que o professor vai ensinar*, há que se descrever não só os objetivos educacionais em si mesmo, mas também as *atividades de aprendizagem* que devem ser desenvolvidas para se alcançar os resultados esperados. Estes dois pontos devem conectar-se intrinsecamente, completando-se mutuamente. A declaração do impacto esperado deve também informar ao estudante as mudanças esperadas com o resultado da aprendizagem daquele tópico. Os *impactos esperados da aprendizagem* - IEA (*"intended learning outcome"* - ILO) devem conter verbos como *"descrever o tema X"*, ou *"aplicar a teoria ao sistema Y"*, para se conseguir o impacto esperado. Especificando-se estes verbos, fica claro quais *atividades de ensino-aprendizagem* - AEAs (*"teaching/learning activities"* - TLAs) devem ser utilizadas, bem como o que o estudante precisa demonstrar durante as atividades avaliativas.

Uma estruturação prototípica de um alinhamento construtivo envolve:

1. Descrever os impactos desejados de aprendizagem na forma de um *verbo* ("atividade de aprendizagem"), seu *objeto* ("o conteúdo"), especificando o *contexto* e o *padrão* que se espera que os estudantes alcancem;
2. Criar ambientes adequados de aprendizagem utilizando atividades que remetam ao *verbo* utilizado e possam gerar os impactos desejados de aprendizagem;

¹⁵ Ver Seção 7.2

3. Utilizar tarefas avaliativas que também contenham o *verbo* utilizado, possibilitando uma avaliação que revele se, e quão bem, os estudantes alcançaram os critérios estabelecidos;

4. Transformar estes julgamentos em notas - padrão, se necessário.

O alinhamento construtivo, segundo Biggs [132], somente sistematiza o que bons professores fazem: colocar, antecipadamente, os impactos de aprendizagem desejados para os cursos que ministram - sempre permitindo que impactos desejados, não previstos, possam também emergir. O alinhamento construtivo não opera em malha fechada, com foco somente nos objetivos educacionais pre-determinados, como o currículo por competências; as colocações antecipadas dos impactos esperados, e as tarefas avaliativas abertas, permitem o desenvolvimento de impactos educacionais não previstos.

**Tabela 10 - IEAs na visão do Alinhamento Construtivo - adaptado de [132]
(Para Engenharia Mecânica)**

Objetivos Educacionais (tradicional)	Impactos Esperados na Aprendizagem - IEAs (AC)
1. Fornecer uma compreensão da cinemática e da cinética das máquinas e os conceitos fundamentais de análise de tensões e estresses	1. <i>Descrever</i> os princípios básicos da cinemática e cinética de máquinas e os conceitos fundamentais de estresse e análise de tensões
2. Desenvolver compreensão analítica da cinemática e cinética e comportamentos elásticos dos elementos de máquinas sob carregamento	2. Utilizando os princípios básicos dados, <i>resolver</i> um problema mecânico que envolva carregamento e movimento
---	3. <i>Selecionar</i> princípios relevantes para obter soluções de problemas mecânicos
---	4. <i>Apresentar</i> análises e resultados de experimentos em formato adequado em relatório escrito tal que outra pessoa, tecnicamente qualificada, possa seguir e obter resultados similares

Outra diferença de destaque é que, no alinhamento construtivo, as conexões entre os *impactos esperados da aprendizagem - IEAs*, as *atividades de ensino-aprendizagem - AEAs* e as *tarefas avaliativas - TAs* estão intrinsecamente alinhadas, pois as AEAs estão expressas nos impactos educacionais desejados; *em outras*

estratégias focadas em resultados, o alinhamento só existe entre as IEAs e as TAs, e não também entre os os IEAs e as AEAs, alinhamento este que possibilita maior consistência ao sistema (Tabela 10). Se as práticas avaliativas não estão alinhadas aos impactos educacionais desejados, ou mesmo outros impactos não antecipadamente previstos, ou mesmo se os métodos de ensino não encorajam, diretamente, as atividades de aprendizagem adequadas, os estudantes podem, facilmente, "escapar" para atividades de aprendizagem não apropriadas conduzindo a uma abordagem superficial ("surface approach") à aprendizagem, como no caso do estudante "não acadêmico B", anteriormente discutido.

7.4. Dimensões do Conhecimento e Metacognição

A *metacognição* - refletir sobre o pensamento -, que remonta a Platão, começou a ser utilizada, de forma mais sistemática, na década de 70, por John Flavell [133] que enfatizou a importância da reflexão através do diálogo. Entende-se *conhecimento metacognitivo* como um conjunto de crenças pessoais sobre aspectos da atividade cognitiva, ou seja, as informações armazenadas são passíveis de controle pelo sujeito que, por consequência, controla também o conhecimento referente às ações concretas que realizará. Importante neste processo é a *conceitualização metacognitiva* da tarefa, que é a reflexão metacognitiva presente no momento em que se inicia, ou executa, uma tarefa. [144].

Indivíduos hábeis *metacognitivamente* conseguem apreender, e aplicar, conhecimentos diversos para melhorar seu desempenho acadêmico, transformando-se em aprendizes eficientes [145]. Possuem a "*capacidade de ter consciência do que sabem relativo ao conhecimento declarativo¹⁶, como usar o que sabem relativo ao conhecimento procedural e por que, onde e quando utilizar o que sabem, ou seja, conhecimento condicional, contextual, usando estratégias que auxiliem no processo cognitivo*" [145]. Outra visão considera a metacognição como o "conhecimento que a pessoa tem de seus próprios processos cognitivos, isto é, o conhecimento, a consciência e o controle dos processos cognitivos. Cotidianamente a metacognição pode auxiliar na execução de muitas tarefas, inclusive na seleção de estratégias de memória que sejam mais adequadas para determinadas situações, o que possibilita maior economia de tempo e melhor aprimoramento do conhecimento adquirido" [144].

O conhecimento metacognitivo, na visão de Krathwohl e equipe [136], envolve a noção sobre a cognição em geral bem como a consciência e o conhecimento sobre a própria cognição; enfatiza que "é de significado crescente que os pesquisadores continuem a demonstrar a importância dos estudantes estarem conscientes de sua

¹⁶ Ver seção 7.2

atividade metacognitiva, e utilizar este conhecimento para adaptar, de forma apropriada, as maneiras pelas quais pensam e operam"[136].

A compreensão que as pessoas têm de seu processamento cognitivo envolve a *percepção dos pensamentos e as ações realizadas*. O sistema cognitivo monitora, planeja e regula seus processos, que se tornam mais conscientes com o passar do tempo, e o indivíduo adquire a capacidade de monitoramento, autorregulação e elaboração de estratégias para aumentar sua cognição [145]. O conhecimento metacognitivo permite decidir sobre eventos, tais como prosseguir ou não no ritmo atual de estudo, intensificar esforços, reduzir o empenho ou abandonar a tarefa [146], estando ligado às estratégias individuais utilizadas nos esforços para a aprendizagem. A metacognição se desenvolve a partir da capacidade humana de refletir sobre seu processo de conhecimento durante a realização de tarefas, sobre os processos mentais que facilitam essa realização e as estratégias que utiliza para a resolução de problemas.

Que procedimentos que podem ser utilizados no sentido de desenvolver e/ou reforçar atitudes de metacognição dos estudantes criando condições para uma aprendizagem mais consistente? Posturas são possíveis, como induzir e praticar processos de reflexão, questionamento, avaliação e outras estratégias de pensamento que não ocorrem, de forma natural, aos estudantes. Constituem oportunidades para reflexão sobre a aprendizagem e como aprender a regular, ou dirigir, o próprio trabalho [147]:

- **Predição de resultados:** ajuda a entender o tipo de informação que necessitam para solucionar um problema, bem como comparar seus pensamentos iniciais com os resultados finais de uma tarefa ou experimento;
- **Atividades de avaliação:** revisar os trabalhos, determinando seus pontos fracos e fortes e de seus pensamentos;
- **Questionamento pelo instrutor:** questionar os estudantes sobre a forma como trabalham: "Que procedimento você está utilizando agora? Por que está utilizando este procedimento? De que forma vai te auxiliar na solução do problema?";
- **Autoavaliação:** refletir sobre a própria aprendizagem e determinar quão bem aprenderam algo, ou como desenvolveram suas competências;
- **Autoquestionamento:** útil para a comunicação escrita e solução de problemas, de todos os tipos, com os estudantes utilizando questões para verificar seu próprio conhecimento, à medida que vão aprendendo. Quando aprendem a questionar

(para si ou para outros) enquanto trabalham, intencionalmente direcionam seu pensamento e clarificam as áreas onde necessitam assistência;

- **Seleção de estratégias:** decidir que estratégias são úteis para uma dada tarefa acarreta compreensão do próprio estilo de aprendizagem, seus pontos fortes e fracos e as características do problema;

- **Utilizar pensamento dirigido ou seletivo:** escolher e seguir, de forma consciente, uma linha específica de pensamento, ou uma abordagem estruturada, para solucionar um problema;

- **Utilizar discursos:** discutir as ideias entre si, e com o instrutor, dá mais concretude ao pensamento e ajuda a aprender como formular questões, identificar falhas em seu próprio conhecimento e construir o conhecimento a partir das idéias e pensamentos dos demais;

- **Crítica:** realimentar os demais sobre seu trabalho, de forma construtiva, verbalizando seu próprio pensamento, enquanto os demais, recebendo a realimentação, melhoram seus processos de pensamento e desempenho;

- **Revisão:** retornar ao trabalho após receber realimentação, possibilitando atualizar o pensamento e verificar a utilização das estratégias de aprendizagem.

Observa-se, facilmente, que estas posturas trabalham os níveis mais elevados das dimensões dos processos cognitivos da Taxonomia de Bloom, bem como a Metacognição, a dimensão mais elevada do domínio do conhecimento. Esta constatação reforça a necessidade de se buscar impactos esperados de aprendizagem, e as atividades associadas, que superem os níveis básicos dos processos cognitivos, buscando construir uma "*aprendizagem profunda*".

7.5. Desenvolvimento Cognitivo: o Modelo de Perry

William G. Perry, Jr., psicólogo educacional americano, estudou durante 15 anos o desenvolvimento cognitivo dos alunos na Universidade de Harvard propondo então um modelo de desenvolvimento cognitivo [148]. O "Modelo de Perry" explicita como os estudantes se movem de uma visão dualista da realidade (*certo x errado*) em direção a uma postura mais relativista, e como alcançam níveis de compromissos ("*commitment*") com esta visão relativista.

Perry [148] verificou que os estudantes não conseguem lidar com questões muito acima de seu nível de desenvolvimento - ou seja, fora de sua *ZDP* - postulando nove níveis de desenvolvimento cognitivo para a aprendizagem, em graus crescentes de complexidade que podem, segundo alguns autores, ser condensado em três etapas:

dualismo, relativismo e compromisso no relativismo [149], ou em quatro, segundo outros: dualismo, multiplicidade, relativismo e compromisso [150]. Os nove níveis, contudo, coincidem para as duas visões.

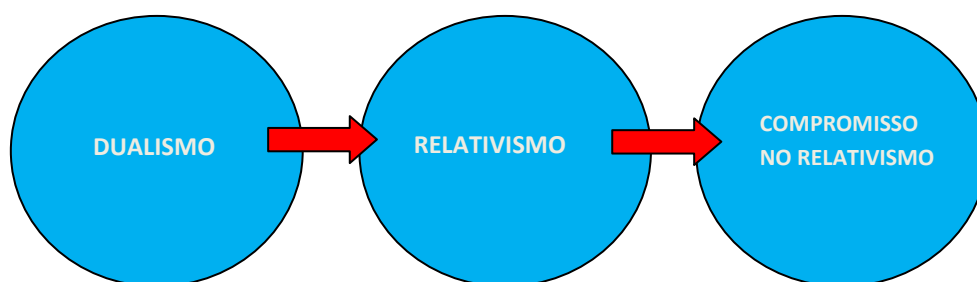


Figura 09 - Modelo do desenvolvimento cognitivo (em tres etapas), segundo Perry

- Posição Um: Dualidade Básica

Postura passiva, com dever de obediência e muito trabalho, que serão sempre recompensados. O professor é uma "*autoridade*", que transmite o conhecimento, e o estudante um receptor, que não o questiona, aceitando-o como absoluto, imutável [149] e dicotômico: verdadeiro/falso, preto/branco, bom/mau, não enxergando alternativas, e tendo "*dificuldades*" e "*desconforto*" nas tarefas acadêmicas com pontos de vista distintos ou contraditórios. As "*autoridades*" possuem todas as respostas para as dúvidas dos estudantes e, se não as possuem, é porque são "*maus professores*"! Muitos estudantes chegam à universidade com esta visão dualística; fica claro que as premissas desta posição são incompatíveis com a cultura pluralística das universidades e os estudantes não conseguirão manter esta visão, se permanecem como universitários.

O confronto inevitável da posição dualística com a realidade universitária – aulas e convívio com os colegas – causa desequilíbrios, que o estudante tenta acomodar, evoluindo para a posição dois ou, pelo menos, mudando temporariamente sua visão. Perry coloca que, *embora os professores de engenharia, via de regra, se esquivem de discutir argumentos morais com os alunos, é sua responsabilidade ajudar os estudantes a se moverem da posição um para a posição dois.*

- Posição Dois: Multiplicidade Pré-legítima

Já são admitidos pontos de vista múltiplos, diversidade e incertezas perante os conhecimentos "*transmitidos*", embora ainda sem legitimidade epistemológica. A diversidade é percebida como "*confusão em autoridades pobremente qualificadas ou (...) um conjunto de exercícios fornecidos pelas autoridades para que possam descobrir a verdade por si próprios*" [149]. Embora já percebam multiplicidades, o dualismo ainda é hegemônico, predominando o *certo x errado*.

Um estudante de engenharia pode, nesta posição, resolver problemas com sucesso, particularmente fechados, com respostas simples e únicas, que se adaptam ao seu raciocínio dualista; igualmente, não se sentem confortáveis nos conteúdos associados às humanidades, cujos problemas são abertos, e demonstram dificuldades nos projetos que comportam soluções múltiplas e, particularmente, em problemas mal estruturados [47]. Um estudante, nesta posição, deseja que o professor seja a fonte correta de conhecimento e transmita os conteúdos, sem confusão. Em sua visão, o *“bom professor”* é o que ministra uma aula lógica, estruturada, com oportunidades para que pratiquem suas habilidades; consideram que uma prova *“justa”* deve ser similar aos exercícios dos *“para casa”*.

- Posição Três: Multiplicidade Subordinada Temporária

Já são aceitas incertezas temporárias no conhecimento, mas a verdade será encontrada pelas *“autoridades”*, a quem cabe a responsabilidade de combater a incerteza, descobrindo e revelando a verdade. A multiplicidade é inevitável, mesmo para as engenharias e ciências exatas: existe a *“resposta correta”*, que pode ser desconhecida para a *“autoridade”* mostrando que, em algumas áreas, o conhecimento pode ser nebuloso. Conflitos cognitivos são inevitáveis: *“se a autoridade não conhece a resposta, como pode o professor avaliar o aluno?”* O *“trabalho duro”* não mais garante alcançar as respostas corretas, e a questão que o estudante se coloca é *“O que eles desejam?”* O *“bom professor”* deve explicar claramente os métodos para se chegar às respostas corretas, ainda que ele, temporariamente, não as conheça, e avaliar segundo critérios claramente definidos. Segundo Ferreira [149], *“estudantes, nesta posição, transcrevem tudo o que os professores transmitem, sem distinção entre aspectos essenciais e acessórios, visualizando o estudo como um processo de memorização de natureza mecânica”*.

Uma questão associada à educação em engenharia é que inexistem, nos semestres iniciais do curso, desafios que possam mover os estudantes para os níveis três ou quatro. Os desafios de multiplicidade começam, geralmente, nos semestres intermediários e finais do curso, pois nos iniciais as aulas são ministradas como se tudo fosse já conhecido [47].

- Posição Quatro: Multiplicidade Correlacionada (Relativismo Subordinado)

A incerteza, agora, se sobrepõe à verdade absoluta. O estudante tenta manter o dualismo *“certo x errado”*, mas já consegue visualizar que áreas de incertezas e diversidade de opiniões são legítimas e reage distintamente aos estímulos. Pode se conformar com o que as *“autoridades”* parecem desejar, iniciando aprendizagem de formas independentes de pensamento - *“podem conduzir a bons resultados nas provas!”* - ou então opor-se aos seus desejos, em áreas onde a multiplicidade é importante - *“cada um tem o direito à sua própria opinião!”* -, gerando situações de dualidade e multiplicidade com *status* semelhante.

Um engenheiro no nível quatro consegue enfrentar situações de forma inteligente e criativa, pois solucionar problemas transforma-se quase num jogo! Mas, infelizmente, não consegue perceber distinções de níveis entre problemas, levando a uma perda de visão crítica e focando-se, muitas vezes, em questões de menor importância. Muitos engenheiros formados, graduados e pós-graduados, parecem estar nos níveis tres e/ou quatro [47].

- Posição Cinco: Relativismo Difuso

O conhecimento é contextual e relativista, e o estudante torna-se consciente “*da diferença entre uma opinião pura e simples e uma fundamentada nos fatos*” [151], relegando, para segundo plano, dicotomias dualistas. Agora, tudo é relativo, inclusive a visão de mundo, e os absolutos constituem casos raros, o que é uma mudança revolucionária em relação ao nível quatro.

O pensamento relativístico torna-se habitual, sem que o estudante perceba, e para alunos de engenharia focados, o nível cinco pode ser um choque, quando percebem, nos cursos mais avançados, que tudo é relativo, existindo espaço para pensamentos independentes e objetividade. O estudante pode superar a visão que “*todas as opiniões são iguais*” utilizando leis de evidência e lógica, associadas a análises objetivas e argumentos, para formar opiniões. Torna-se possível separar a análise lógica e o conhecimento objetivo dos sentimentos e experiências pessoais, que é a abordagem tradicional da engenharia [47].

Embora constitua desenvolvimento cognitivo inquestionável, o nível cinco pode gerar problemas, ao colocar em dúvida decisões anteriormente tomadas. O estudante pode se questionar, por exemplo, se a opção pela engenharia foi uma escolha correta! Este nível representa uma situação tanto de fortalezas e possibilidades bem como de dúvidas e isolamento.

- Posição Seis: Previsão de Compromisso ("*Commitment Foreseen*")

O estudante vislumbra a necessidade de se orientar num mundo relativista, com concepções e valores que construiu, pois “*aprender significa considerar fatos, teorias, bem como reflexão sobre que teoria melhor explicará determinado fenômeno*” [149]. Há uma tomada de consciência da importância do conhecimento construído pela experiência e reflexão pessoal, importantes no ensino superior. A superação das incertezas do relativismo reside no compromisso ("*commitment*"): o estudante sente a necessidade do compromisso - por razões lógicas ou de sentimento - mas ainda não o assumiu.

O compromisso ("*commitment*") é decisão madura, aceitando o mundo como relativista e com possibilidades. Decisões prévias podem ser questionadas, a partir de novos pontos de vista individuais, e novos compromissos podem ser assumidos,

mantendo-se decisões anteriores, mas com perspectivas mais profundas. Compromissos podem ser efetuados para áreas como carreira profissional, religião, casamento, política, valores e outros, estabelecendo a identidade e a individualidade da pessoa. Tomam-se, neste ponto, decisões objetivas sobre o que rejeitar e/ou conservar do passado. A pessoa sente a necessidade do compromisso, mas ainda não o assumiu [152].

Para um estudante de engenharia, que já investiu grande parte de seu tempo no curso, a passagem pelo Nível Cinco pode ser bastante perturbadora. O Nível Seis pode representar certo alívio, pois o estudante percebe que o compromisso com a engenharia está correto se, objetivamente, esta for uma boa decisão [47].

- Posição Sete a Nove: Níveis de compromisso

Para Perry [148], os Níveis Sete a Nove são mais qualitativos que estruturais. Na *realização do primeiro compromisso*, o estudante concretiza seus primeiros compromissos em diversas áreas. Seguidamente, nas *implicações do compromisso*, é capaz de avaliar compromissos assumidos na posição anterior, e perceber suas implicações, lidando com aspectos relativos à responsabilidade. Esta assunção de responsabilidades adquire uma lógica de *multiplicidade no desenvolvimento dos compromissos*, última posição deste nível, onde o estudante encara, de forma contínua, compromissos que assume. Nesta fase, já possui a capacidade para pensar em termos abstractos, sintetizar e analisar seus conhecimentos [149].

Essas posições representam graus distintos de desenvolvimento e profundidade de compromisso, não sendo tão claramente definidas como as retro discutidas. A pessoa se move da Posição Seis para a Posição Sete em uma área, fazendo compromissos com seu próprio livre arbítrio, de forma empírica em áreas relativamente seguras. Tornando-se mais confortável, efetua compromissos também em áreas não tão seguras, descobrindo, eventualmente, que não somente uma série de decisões discretas, finitas, foram tomadas, mas que uma nova postura perante a vida foi desenvolvida.

Perry, em seus estudos, observou que um estudante no Nível Sete assume, inicialmente, a responsabilidade por uma área profissional ("*Permanecerei na engenharia!*"), mas na Posição Oito aspectos mais detalhados do compromisso tornam-se importantes: "*Se eu for um engenheiro electricista, de que forma o farei?*" "*Quais serão minhas especialidades?*" A Posição Nove é postura de maturidade, quando a pessoa já desenvolveu senso próprio nos compromissos e na individualidade, sendo alcançada, geralmente, certo tempo após a graduação.

Tabela 11- Níveis de Perry - Exemplo ilustrativo - adaptado de [153]

Sumário da Posição	Visão do Estudante	Postura do Estudante
As autoridades sabem	<i>"O tutor sabe o que é certo e o que é errado"</i>	Todos os problemas são solúveis; o estudante deve <i>aprender as soluções corretas</i> .
As verdadeiras autoridades estão corretas, as outras são fraudes	<i>"Meu tutor não sabe o que é certo e o que é errado, mas os outros sabem"</i>	Algumas autoridades (literatura, filosofia) discordam; outras (matemática, ciências) concordam. Existem soluções corretas, mas a visão de algumas autoridades sobre o assunto é obscura. O estudante deve <i>aprender as soluções corretas e ignorar as demais</i>
Existem algumas incertezas e as autoridades estão trabalhando nelas para encontrar a verdade	<i>"Meus tutores não sabem, mas alguém mais está tentando encontrar uma solução"</i>	Existem dois tipos de problemas: aqueles cujas soluções conhecemos e aqueles cuja solução ainda não conhecemos. O estudante deve aprender como <i>encontrar as soluções corretas</i>
(a) Cada um tem o direito à sua própria opinião; (b) Autoridades não desejam respostas corretas, mas que pensemos de determinada maneira	<i>"Diferentes tutores pensam coisas diferentes"</i> <i>"Existe uma resposta que o tutor deseja e nós temos que encontra-la"</i>	Ainda não conhecemos a solução de muitos problemas, portanto, todo mundo tem o direito à sua própria opinião. Outros problemas não são solúveis; portanto, não importa a solução escolhida. A tarefa do estudante é <i>resolver esta situação</i> .
Tudo é relativo, mas não igualmente válido	<i>"Não existem respostas certas e erradas, isto depende da situação, mas algumas respostas podem ser melhores que as outras"</i>	Todas as soluções propostas têm suporte racional, devem ser <i>inseridas no contexto e relativizadas</i> . Algumas soluções são melhores que outras, dependendo do contexto. A tarefa do estudante é <i>aprender a avaliar estas soluções</i> .
Você precisa tomar suas próprias decisões	<i>"O importante não é o que o tutor pensa, mas o que eu penso..."</i>	Estudantes vêem a necessidade de <i>efetuar escolhas e se compromissar</i>
Primeiro compromisso	<i>"Para este tópico particular eu penso que...."</i>	O estudante efetua um <i>compromisso</i>
Vários compromissos	<i>"Para estes tópicos eu penso que...."</i>	O estudante vivencia as implicações do compromisso e explora questões de responsabilidade associadas
Acredite em valores, respeite os outros, esteja pronto para aprender	<i>"Eu sei no que eu acredito e o que eu penso é válido; outros pensam de forma diferente, mas estou preparado para reconsiderar minhas opiniões"</i>	O estudante percebe que um compromisso é uma atividade contínua, que se desdobra e evolui

O Modelo de Perry utiliza cenários, ignorando especificidades situacionais de comportamento e conhecimento. Pessoas reais, em situações concretas, são extremamente complexas, não se encaixando em estágios estanques mas, dependendo da situação, em estágios distintos, simultaneamente. Apesar destas dificuldades, há que se destacar que este modelo é uma aproximação válida, e muito utilizada, para se analisar o desenvolvimento de estudantes universitários.

Interessantes aplicações de suporte à educação em engenharia podem ser deduzidas do Modelo de Perry. Wankat [47] observa que a primeira é óbvia: diferentes estudantes requerem posturas distintas de construção do conhecimento, o que concorda com outros modelos de aprendizagem. Outra colocação [47] é que os estudantes não constroem uma aprendizagem efetiva se as questões colocadas estão muito acima de seu nível de Perry. Neste ponto, vale observar que Wankat, ainda que de forma inconsciente, utiliza a visão vygotskiana da ZDP, embora adote, em sua obra, a visão piagetiana [47]. Uma primeira implicação da utilização do Modelo de Perry, portanto, remete à questão do paradigma educacional, analisado no Capítulo 05, que contempla a discussão sobre a ZDP, como construí-la, alcançá-la e nela desenvolver atividades.

Aspecto relevante, segundo Wankat, é que a progressão dos estudantes ao longo do Modelo de Perry deve ser incentivada, e trabalhada, na educação em engenharia; assumir o compromisso de progressão no Modelo de Perry acarreta implicações imediatas: *“a educação em engenharia deve ser alterada”* [47].

Analisando a formação, e o trabalho profissional dos engenheiros, Wankat [47] observa que estudantes, e engenheiros, nas Posições Um e Dois, terão dificuldades significativas para a prática profissional na sociedade atual, múltipla, complexa e diversificada. Já estudantes entre as Posições Dois e Três podem aceitar a multiplicidade em algumas áreas, bem como que as *“autoridades”* não possuem todas as respostas. Esta região parece ser o *patamar mínimo para o estudo na engenharia, bem como para a prática profissional*, embora não consigam ter visões macro dos problemas e, a permanecer neste nível, é improvável que consigam ter carreiras de sucesso como engenheiros. As justificativas para tentar migrar os estudantes para um patamar mínimo entre Dois e Três são óbvias: abaixo deste nível, terão dificuldades para se graduarem, bem como para cursos de pós-graduação, pois não respondem com clareza a perguntas do tipo *“O que desejo?”*

Estudantes forçados a atuar acima de seu nível atual certamente experimentarão grande carga de estresse [173] - especialmente se não forem níveis adjacentes - e sua reação pode, parcialmente, explicar a resistência e hostilidade associadas, muitas vezes, à participação nas estratégias de aprendizagem ativas, tais como PBL e aprendizagem cooperativa. Há que se destacar que, se desenvolvem estratégias

para manejar estresses associados à migração para "*aprendizagem centrada no aluno*", estarão mais aptos a lidarem com os estresses profissionais e pessoais que encontrarão mais tarde em suas carreiras.

Como mover os estudantes na escala de Perry? Wankat, utilizando trabalhos de Fitch [154] e Culver [155, 156, 157] efetua sugestões, analisadas a seguir. Como cursos altamente estruturados reforçam níveis mais baixos da escala de Perry, sugerem-se *posturas docentes menos estruturadas, e mais flexíveis, à medida que o estudante vá alcançando semestres mais adiantados*. Outra diretriz é *diversificar as atividades de aprendizagem* evitando, por exemplo, adoção de livro texto único. Adicionalmente, recomenda-se o envolvendo dos estudantes em experiências de aprendizagem concretas e diversificadas, como *estudos de caso, participação em equipes de projeto, experiências industriais e equipes multidisciplinares*, reforçando a diversidade. Elencam-se ainda posturas que devem ser evitadas pelos professores, como adoção de um porte de "*onisciência*", bem como a utilização de "*pacotes prontos, inflexíveis*", para as aulas e atividades de aprendizagem.

Ebel [158] elenca outras possibilidades e atividades que podem ser utilizadas: *fornecer experiências lidando com diferentes pontos de vista, conflitos e paradoxos; reforçar, constantemente, pontos de vista alternativos e a improbabilidade de resposta única para problemas complexos; abordar temas abertos, complexos, para discussão com os alunos; solicitar que os estudantes expliquem seus julgamentos de valores de forma clara e explícita; fornecer, sempre, realimentação aos estudantes, com suporte cognitivo e emocional para seus esforços, e reforçar, ainda, o trabalho da aprendizagem ativa*.

7.6. Conclusões

Tratou-se, neste capítulo, de importantes visões e ferramentas associadas aos procedimentos e métodos educacionais utilizados no delineamento e montagem das estratégias adotadas nas atividades do PET- Elétrica, basicamente a Taxonomia de Bloom, o Alinhamento Construtivo de Biggs, a Metacognição e as Dimensões do Conhecimento de Perry.

Verificou-se, para a Taxonomia de Bloom, como revisada por Krathwohl, que para o domínio cognitivo os verbos foram definidos como Lembrar ("*Remember*"), Entender ("*Understand*"), Aplicar ("*Apply*"), Analisar ("*Analyse*"), Avaliar ("*Evaluate*") e Criar ("*Create*"), em ordem crescente de complexidade, aos quais se associam verbos específicos, que expressam os impactos educacionais esperados.

Abordou-se, a seguir, o *alinhamento construtivo* de Biggs, onde se espera que os conhecimentos que os estudantes devam adquirir, e como expressarão suas

aprendizagens, sejam colocados anteriormente à construção deste conhecimento. Estrutura-se, então, o processo de ensino de forma que os estudantes se engajem na busca dos impactos esperados em sua formação, que deverão ser avaliados numa postura clara e objetiva. Analisou-se procedimentos para reforçar a metacognição dos estudantes, pois indivíduos hábeis metacognitivamente melhoram a capacidade de aprendizagem e de aplicação dos conhecimentos para melhorar seu desempenho acadêmico, transformando-se em aprendizes eficientes.

Encerrou-se o capítulo com discussão do modelo de desenvolvimento cognitivo de Perry, que explicita os diversos níveis no desenvolvimento cognitivo dos estudantes quando se movem de uma visão dualista da realidade em direção a uma postura mais relativista, e como alcançam compromissos com esta nova visão relativista, e procedimentos que possibilitam este crescimento.

O capítulo 8, a seguir, apresenta os resultados para análise e discussão, quando serão colocadas as diretrizes metodológicas que suportam as atividades desenvolvidas pelo Programa de Educação Tutorial - PET, do curso de Engenharia Elétrica da UFJF, trabalhada e aperfeiçoada ao longo dos últimos anos, e alguns resultados.

8. Proposta de Trabalho: Resultados

8.1. Introdução

Este capítulo coloca as diretrizes metodológicas que suportam as atividades desenvolvidas pelo Programa de Educação Tutorial - PET, do curso de Engenharia Elétrica da UFJF, trabalhada e aperfeiçoada ao longo dos últimos anos, e alguns resultados para discussão. Os capítulos anteriores traçaram as bases conceituais que possibilitaram seu desenho, e as diversas alterações que nela se inseriram, em um processo de aprendizagem e construção coletiva.

Destacam-se, preliminarmente, atividades direcionadas ao desenvolvimento e/ou reforço das competências transversais (*"soft skills"*) dos estudantes, e que integram, de forma decisiva, o perfil profissional do engenheiro, como analisado nos Capítulos 02 e 03. A razão é simples e óbvia: embora constituam importantes componentes dos perfis profissionais, por qualquer critério que se utilize, não são trabalhados - salvo honrosas exceções - , na grade curricular formal e atividades acadêmicas desenvolvidas pelos alunos durante o curso. E, em nossa visão, não se pode conceber a *"excelência na educação em engenharia"*, objetivo primeiro do Programa PET, sem o atendimento às condições mínimas colocadas por todos os órgãos de acreditação e educação em engenharia, para o perfil profissional, em âmbito mundial, conforme analisado no Capítulo 03.

Não se negligencia, no PET, o reforço e construção dos conhecimentos técnicos específicos da engenharia elétrica (*"hard skills"*), para o que são planejadas, estruturadas e desenvolvidas atividades que permitem a criação de espaços propícios de aprendizagem e que, vale destacar, não seguem as estratégias pedagógicas trilhadas nas disciplinas curriculares convencionais, que utilizam aulas e atividades fundamentalmente expositivas e dedutivas. Emprega-se, em coerência com os conceitos e posturas discutidas, estratégias de aprendizagem indutivas, centradas nos alunos, buscando alcançar impactos de aprendizagem nos níveis superiores da Taxonomia de Bloom, dentro de uma visão de alinhamento construtivo, e reforçando a postura de compromisso com níveis de desenvolvimento cognitivo mais elevados do Modelo de Perry.

Os impactos esperados de aprendizagem, para as competências transversais, têm como base a proposta de Felder e equipe [13, 54, 55, 56, 57, 58], que elencaram sete impactos desejados para a educação em engenharia, e que satisfazem aos critérios da ABET e das *Diretrizes Curriculares Nacionais para as Engenharias* [39]. Estes impactos abrangem o aprendizado independente, interdependente e contínuo; solução de problemas, pensamento crítico e criatividade; habilidades

interpessoais, de grupo e de equipe; habilidades de comunicação; avaliação e auto-avaliação; integração do conhecimento disciplinar e gerenciamento de mudanças.

As diretrizes adotadas serão discutidas a seguir.

- Construção de *Zonas de Desenvolvimento Proximal* - ZDPs

Busca-se que as atividades desenvolvidas estejam, sempre, nas *Zonas de Desenvolvimento Proximal* - ZDPs dos alunos, na concepção vygostkyana¹⁷, para o que se adota, quando cabível, a formação de *equipes de trabalho*, em todos os projetos e atividades. O trabalho em equipe reforça as possibilidades de construção coletiva do conhecimento pela interação com colegas mais experientes, e com o tutor, que atua como elemento de aconselhamento, indução e supervisão do trabalho do grupo, e não como um "*transmissor de conhecimentos*", ou "*professor expositivo*", nas acepções clássicas dos termos. Ressalte-se o fato dos alunos integrantes do Programa estarem não só em estágios distintos do curso, mas também pertencerem à distintas habilitações da Engenharia Elétrica - Robótica e Automação, Potência, Energia, Telecomunicações ou Sistemas Eletrônicos - propiciando um ambiente multidisciplinar, rico e diversificado em conhecimentos técnicos, gerando interação dinâmica e enriquecedora para a aprendizagem.

Como verificar se as atividades estão realmente dentro das ZDPs dos estudantes envolvidos? Para o caso específico dos grupos tutoriais, como o PET-Elétrica, esta verificação não necessita formalismos estritos - como descritos no Capítulo 05 - haja vista as características diversificadas, distintas, entre os trabalhos e avaliações nas disciplinas curriculares e nos grupos tutoriais. Inexistindo a rigidez temporal das disciplinas formais, bem como a necessidade de se ater aos rígidos calendários semestrais da universidade, os integrantes dos projetos possuem maior liberdade e tempo para a construção do conhecimento, adicionados à maior disponibilidade de suporte por parte do tutor. Ressalte-se, ainda, a composição diversificada das equipes, com integrantes de períodos e habilitações distintas, possibilitando suporte e assistência, por parte dos integrantes de períodos mais avançados, com maiores conhecimentos técnicos, aos colegas dos períodos mais iniciais do curso.

Equipes de trabalho acarretam importante impacto na formação dos estudantes: possibilita que desenvolvam, e/ou reforcem, uma competência profissional estratégica, presente em todos os perfis recomendados para o engenheiro (Capítulo 03), que é a capacidade de atuar em equipes multidisciplinares, reforçando aspectos como capacidade de comunicação, gestão de conflitos e liderança. A constituição de *equipes de trabalho*, envolvidas com os diversos projetos e atividades, implica também na determinação de um *coordenador do*

¹⁷ Ver Capítulo 05

projeto, ou *responsável pela equipe*, com responsabilidade de coordenação e gestão geral dos trabalhos, elaboração de cronogramas, responsabilidades, meios e materiais com utilização de ferramentas específicas de gestão, como o FOSS *ProjectLibre* [159]. Assinale-se a delegação de responsabilidade, pelo tutor, à coordenação da equipe, sobre todas as decisões tomadas, e seus impactos sobre os resultados planejados, e esperados, para o processo.

Tecnicamente, as atividades abrangem, invariavelmente, conhecimentos e aplicações importantes, ainda não abordados, ou abordados de forma insuficiente, na grade curricular, criando um "desafio divertido" ("*hard fun*") para os alunos e, ao mesmo tempo, complementando sua formação. Exemplifica-se a situação com projetos já desenvolvidos, como o HIL ("*Hardware in the Loop*") para controle de processos industriais [191], supervisor de controle com protocolo OPC [189], um DRONE de observação, sistema de controle e gerenciamento do *Heliodon*¹⁸, monitoramento e fornecimento energético para o *Laboratório Casa Sustentável*¹⁹, o projeto *Vestíveis Inteligentes*, para citar alguns. Estas atividades incorporaram conhecimentos e técnicas ainda não abordadas na grade ou práticas curriculares, mas que se colocaram como desafios para as equipes de trabalho, com construção coletiva e suporte do tutor e/ou outros professores envolvidos.

Espera-se, desta forma, que os alunos desenvolvam não somente os conhecimentos técnicos associados às tarefas e objetivos do projeto, mas também as competências transversais integrantes do perfil profissional do engenheiro.

- Metacognição

A metacognição²⁰ constitui importante componente da educação em engenharia e, para sua construção/reforço, a literatura sugere *atividades de avaliação, autoavaliação, autoquestionamento, confronto de idéias e críticas*. Ela possui vínculos com a aprendizagem interdependente, associada ao modelo de desenvolvimento cognitivo de Perry²¹, abrangendo atividades que se complementam e são trabalhadas, de forma sistemática, na formação dos petianos.

Posturas empregadas nas atividades e projetos desenvolvidos no PET, de forma regular, são os procedimentos "*avaliação e autoavaliação*", realizados tanto de maneira mais formal, com formulários (Anexos 01 e 02) bem como de maneira mais informal, em discussão aberta com os envolvidos, nas reuniões semanais, ou em reuniões específicas, geralmente quando da apresentação, pelos responsáveis, do estágio de desenvolvimento dos projetos pelos quais são responsáveis.

¹⁸ Ver Seção 8.2.2

¹⁹ Ver Seção 8.2.1

²⁰ Ver Capítulo 07

²¹ Ver Seção 7.5

O *confronto de idéias e críticas* - outra sugestão para reforçar a metacognição - é utilizado, de forma mais explícita, em atividades desenvolvidas pelo PET-Elétrica, como o projeto *Calouro Web 2.0* ²², cujo público-alvo são os calouros da Engenharia Elétrica; outra atividade são os *debates temáticos*, envolvendo temas polêmicos, como "*Usina Hidrelétrica de Belo Monte*", "*Energia Nuclear*", "*Transposição do Rio São Francisco*", "*Recursos do Pré-Sal*", "*Tchernobyl: o maior desastre de engenharia da humanidade?*", "*Descriminalização das drogas*", e cuja dinâmica envolve sempre dois grupos de alunos, onde um expõe os pontos positivos do tema e outro os aspectos negativos, seguido de debate amplo.

Outro aspecto trabalhado é a própria educação em engenharia, com discussão dos perfis profissionais dos engenheiros e posturas utilizadas em sua formação. São não somente efetuados debates sobre referências importantes na formação dos engenheiros, como o "*Acordo de Washington*", o "*Engineer 2020*", o "*Inova Engenharia*", mas nos próprios formulários de projeto (Anexo 01), utilizados nas avaliações, as questões das competências transversais são também incluídas.

Vale destacar que os debates temáticos, quer nas discussões conduzidas pelos petianos, quer no projeto *Calouro Web 2.0* fortalecem também a *formação de valores*, pois abordam temas impactantes para a sociedade, com múltiplos desdobramentos, envolvendo aspectos de formação ética e cidadã, nos denominados "*Buracos Negros da Educação*", como acentuado por Morin [59, 60].

- Alinhamento Construtivo

Nas atividades e projetos realizados há uma preocupação em utilizar conceitos subjacentes ao alinhamento construtivo de Biggs [132], traçando, antecipadamente, os objetivos que deverão ser alcançados e os impactos de aprendizagem esperados, associando-os às tarefas que serão realizadas. Há que esclarecer que os conceitos e visões associadas ao alinhamento construtivo são adaptados à realidade do PET - Elétrica, pois a proposta de Biggs [132] se adequa melhor às classes e disciplinas formais, na estrutura curricular convencional.

Busca-se estabelecer, junto aos alunos, explicitamente, os impactos esperados na formação de seu perfil profissional, que são por eles colocados, e discutidos com os demais integrantes do grupo, buscando visão de consenso. Para isto, o planejamento dos projetos, sugeridos pelo tutor, pelos próprios alunos ou alguma outra demanda, utiliza formulários específicos (Anexo 01), que são utilizados para debate com os demais, e com o tutor, buscando visão de consenso.

Uma questão específica, neste tópico, é a associada aos procedimentos avaliativos,

²² Ver Seção 8.2.3

haja vista que não se colocam, formalmente, como uma necessidade para os participantes do PET, sendo o objetivo principal de sua realização, neste caso, o desenvolvimento dos alunos para os níveis mais elevados da Taxonomia de Bloom e do Modelo de Desenvolvimento Cognitivo de Perry.

Exemplos dos procedimentos de alinhamento construtivo são ilustrados nos itens 8.2.1, 8.2.2, 8.2.3 e 8.2.4 onde os impactos esperados na formação dos alunos e as atividades que serão realizadas são estabelecidas de forma clara.

- Taxonomia de Bloom

A Taxonomia de Bloom, com as alterações de Khratwoll, é outro importante instrumento de guia e auxílio na determinação e condução dos trabalhos no PET-Elétrica. Considerando-se os níveis da Taxonomia, e os verbos associados, bem como as discussões engendradas pelos formulários de projetos procura-se sempre criar situações para que os petianos trabalhem em seus níveis mais elevados - *Analisar, Avaliar, Criar*. Para as atividades e projetos, os impactos esperados na aprendizagem, associados aos conhecimentos técnicos e às competências transversais, são colocados de forma clara e para conhecimento de todos.

A questão da avaliação, e autoavaliação, têm destaque especial, haja vista sua posição elevada na escala de Bloom, bem como o fato que estes procedimentos serão constantes na vida profissional de qualquer engenheiro. Todas as atividades e projetos englobam procedimentos de *avaliação dos resultados, avaliação do desempenho da equipe* envolvida e *autoavaliação*, com formulários próprios (Anexos 01 e 02), que direcionam as discussões. Vale frisar que o uso de formulários não constitui uma postura burocrática, formal, meramente administrativa, mas uma ferramenta auxiliar para direcionar as discussões e debates sobre o tema, que são sempre abertos, com a participação de todo o grupo.

- Aprendizagem Ativa

Utilizam-se, forma extensiva e intensiva, metodologias de aprendizagem ativa, que variam de acordo com a atividade ou projeto específico, sendo uma das mais utilizadas uma versão da *Aprendizagem Baseada em Projetos - PjBL*, devidamente adaptada às especificidades do programa. A aplicabilidade destas estratégias depende das características do projeto ou atividade que será desenvolvida pelos alunos, pois determinados projetos possuem, predominantemente, características mais técnicas ("*hard skills*"), exemplificados pelos projetos *Heliodon* e *Casa Sustentável*, (ver Seções 8.2.1 e 8.2.2) embora reforcem também as competências transversais ("*soft skills*"), enquanto outros possuem maior foco no desenvolvimento das competências transversais, como o *Calouro Web 2.0* e o *Engenharia nas Escolas* (ver Seções 8.2.3 e 8.2.4).

A adaptabilidade das estratégias às especificidades do PET- Elétrica torna-se necessária, haja vista não existir aqui a obrigatoriedade das avaliações formais, os prazos não seguem, necessariamente, os cronogramas da universidade e os conteúdos trabalhados ultrapassam, de forma constante, os abordados na grade curricular. Destaca-se, ainda, que não existem, via de regra, no currículo formal, atividades que trabalhem as competências transversais dos alunos. Para atividades mais específicas, em situações especiais, opta-se por procedimentos outros de aprendizagem ativa, tais como a *Aprendizagem Colaborativa* e/ou *Cooperativa* como, por exemplo, na montagem e aprendizagem da impressora 3D *RepRap*, existente no PET - Elétrica.

Independentemente da estratégia utilizada, aspecto de destaque é que conceitos basilares à aprendizagem perpassam as decisões sobre as estratégias que serão utilizadas, e consistem, fundamentalmente, da concepção indutiva da aprendizagem, a construção coletiva do conhecimento, dentro da *Zona de Desenvolvimento Proximal - ZDP*, a utilização dos níveis superiores da Taxonomia de Bloom e do Modelo de Perry, já discutidos ao longo deste trabalho.

- Contextos diferenciados para aprendizagem

A sociedade vem colocando demandas para que as instituições de ensino superior incluam as competências sociais, e técnicas de gestão, entre os impactos educacionais da educação em engenharia [160, 161]. A opinião prevalente dos atuais *stake-holders* é que, em adição ao conhecimento e competências técnicas, as universidades reforcem, também, as competências sociais tais como liderança, comunicação criativa e técnicas de gerenciamento, incluindo tomada de decisão e gestão de conflitos, pois tais competências são essenciais para que os profissionais possam entender, e lidar, com problemas que integram contextos complexos onde indivíduos, e atores sociais, estejam também envolvidos [162].

Questões e dúvidas, normalmente, emergem para determinar procedimentos e metodologias para alcançar estes impactos na formação dos estudantes. Embora estratégias de aprendizagem ativa auxiliem na construção e reforço destas competências, é recomendável utilizar estratégias adicionais e desenvolver novos espaços de aprendizagem como espaço auxiliar às estratégias ativas.

Uma estratégia possível é a inclusão de distintos atores sociais, e ambientes de aprendizagem diferenciados, no processo de construção das competências transversais dos estudantes, tais como ambientes de trabalho com focos específicos, ambientes colaborativos de trabalho e ambientes de projeto "*hands-on*" [163]. Estes espaços complementares de aprendizagem, inseridos ou não no ambiente acadêmico, aumentam o potencial dos programas acadêmicos, ao permitir que os estudantes vivenciem importantes situações que afetam seus

valores estabelecidos, e mesmo as visões culturais, possibilitando que sintetizem, integrem, avaliem e apliquem os conhecimentos que possuem. A inclusão de distintos atores sociais no processo educacional torna a aprendizagem mais significativa e útil, possibilitando aos estudantes a percepção de uma realidade mais global, no qual estão inseridos, conforme destacado por Morin [59, 60].

Nesta diretriz, destacam-se projetos como o *Eficiência Energética nas Escolas* e o *Engenharia nas Escolas* (Ver Seção 8.2.4) realizados, pelos petianos, juntos às escolas de ensino fundamental e médio, alterando, assim, completamente, a ambiência de construção das competências do perfil profissional e confrontando-os com uma realidade diferenciada, onde podem contextualizar e reforçar suas competências e conhecimentos, com uma visão distinta do ambiente acadêmico. Cite-se, também, a colaboração com a Universidade de Uppsala, na Suécia, onde os petianos, durante os meses de janeiro e fevereiro, atuam nos projetos em desenvolvimento na citada universidade. Já ocorreram três edições deste projeto estando, no momento, sendo preparada uma nova edição para início de 2016.

- Multidisciplinaridade

Outro aspecto que também possibilita uma formação ampla e diversificada dos petianos, razão pela qual se procura, sempre que possível, desenvolver projetos e atividades em conjunto com outros cursos e/ou outras áreas do conhecimento. Esta interação incentiva a capacidade de trabalho em equipes multidisciplinares, amplia a visão dos envolvidos e confronta-os com novas situações de trabalho, solução de problemas e aprendizagem interdependente.

Cite-se, como exemplo, projetos como o *Laboratório Casa Sustentável*, desenvolvido em conjunto com professores e alunos dos cursos de Arquitetura e Engenharia Civil (Seção 8.2.1), o projeto *Heliodon*, em colaboração com os cursos de Arquitetura e Engenharia de Produção (Seção 8.2.2), o projeto *Vestíveis Inteligentes*, em conjunto com o Instituto de Artes e Design, o projeto *Olho Vivo*, em conjunto com o curso de Educação Física e o projeto *Engenharia nas Escolas*, envolvendo todos os cursos de Engenharia da Faculdade (Seção 8.2.4).

- Aprendizagem Interdependente

De grande importância, e altamente necessária à formação de perfil profissional adequado ao engenheiro atual. A formação desta competência objetiva desenvolver, nos futuros profissionais, a consciência que todo o conhecimento e as atitudes devem ser colocadas em seus contextos, que adquirir informações de uma variedade de fontes aumenta a probabilidade de sucesso e que uma das mais poderosas fontes de aprendizagem é o trabalho colaborativo, grupal, permitindo-os desenvolver suas próprias habilidades de raciocínio e reforçar também a capacidade de aprendizagem contínua.

Neste aspecto, os projetos são sempre desenvolvidos por equipes, e seus objetivos e/ou produtos finais envolvem sempre conteúdos e procedimentos que extrapolem os conteúdos curriculares formais, de forma a colocar desafios técnicos, e de competências, que permitam a evolução dos alunos dentro da Taxonomia de Bloom e do Modelo Cognitivo de Perry. A supervisão dos projetos, executada pelo tutor, possui características somente de direcionamento, deixando que os alunos busquem a solução dos problemas por conta própria, interagindo com a equipe e/ou outros colegas mais experientes. Reforça-se, desta forma, não só o aprendizado interdependente, mas também a utilização de procedimentos indutivos de aprendizagem e construção do conhecimento.

8.2. Resultados de Projetos e Avaliação Geral

Serão apresentados, avaliados e discutidos, para ilustrar as estratégias adotadas, quatro projetos com impactos diferenciados na formação dos alunos e em seu perfil profissional: os projetos "**Laboratório Casa Sustentável**" e "**Heliodon**", envolvendo as competências transversais ("*soft skills*"), os conhecimentos técnicos e sua aplicabilidade ("*hard skills*") e os projetos "**Calouro WEB 2.0**" e "**Engenharia nas Escolas**", como maior foco nas competências transversais ("*soft skills*"), atitudes e valores dos estudantes. Estes projetos serão, inicialmente, descritos e, na sequência, analisados considerando os impactos produzidos na formação dos estudantes, a partir de suas visões e autoavaliações. Discutir-se-á, a seguir, uma avaliação geral do Programa, envolvendo 66 egressos e petianos.

Cabem observações sobre os procedimentos de avaliação dos impactos educacionais gerados nos petianos participantes dos projetos selecionados. Há que se colocar, inicialmente, as conhecidas dificuldades para se avaliar, de forma correta, aprendizagem e impactos educacionais, tema este objeto de muita, e controversa literatura, por suas características abertas, complexas e multifacetadas [164, 165, 166, 167, 168, 169], situação da qual o autor é plenamente consciente. A avaliação dos impactos educacionais destes quatro projetos utilizou procedimentos convencionalmente empregados no PET, baseados nas autoavaliações e discussões presenciais, com o tutor e restante do grupo.

Para a avaliação geral do Programa, envolvendo egressos, a impossibilidade física e logística do emprego da discussão presencial obrigou à utilização de *formulários autoavaliativos, abertos*, gerando resultados que podem ser questionados, razão pela qual se discutirá ligeiramente o assunto.

Fragilidades das autoavaliações encontradas na literatura [170] destacam:

- A descrição dos itens, relevância do questionário e mesmo sua organização e estruturação podem influenciar os resultados;
- O voluntarismo e a disposição dos entrevistados podem polarizar os resultados;
- Questionários fechados podem induzir a conclusões finais que não expressam a visão real dos entrevistados;
- Os resultados refletem percepções que os indivíduos estão tentando relatar, o que pode envolver muitos fatores indiretos.

Apesar dos aspectos *frágeis*, a autoavaliação é vista como positiva, com resultados consistentes. Analisando resultados, situações e autores, Ross [171] considera a confiabilidade da autoavaliação consolidada, transversalmente às tarefas e itens, especialmente para estudantes com experiências prévias em autoavaliações. Observa que autoavaliações podem fornecer indicativos das realizações dos estudantes que correspondem, apenas parcialmente, às informações geradas pelas avaliações dos professores; este desencontro pode ter razões múltiplas, como polarização de interesses, falta de confiabilidade das avaliações dos professores e/ou inabilidade dos estudantes para aplicar critérios de avaliação.

A utilização, pelos estudantes, de informações não disponíveis aos professores, como esforço despendido e dificuldade para realização das tarefas, pode constituir fonte sistemática de resultados assimétricos [171]. Autoavaliações, por envolverem os estudantes no estabelecimento dos critérios avaliativos, propiciam melhor aprendizagem das tarefas sob sua responsabilidade e fornecem-lhes informações para melhoria do trabalho e para expressar seus desempenhos, o que não é visualizado por procedimentos convencionais como, por exemplo, os raciocínios necessários para se alcançar os objetivos desejados [171].

Considerando estes aspectos, a avaliação efetuada pelos egressos do PET utilizou formulário aberto, eletrônico, cujo *link* foi enviado aos participantes. A estrutura do formulário, embora abordasse os temas de interesse, incentivava o entrevistado a expor livremente suas opiniões, visões e percepções sobre o impacto das atividades do PET-Elétrica em sua formação, e sugestões para melhoria, se cabíveis, sem tolher ou direcionar respostas.

Destaca-se que não foram informadas a finalidade e os objetivos da avaliação, evitando respostas tendenciosas ou polarizadas, haja vista o forte envolvimento de todos com o Programa PET e com o tutor; repassou-se a informação que a finalidade da avaliação era "*efetuar reestruturação das atividades do PET- Elétrica, verificando quais atividades deveriam ser mantidas, alteradas ou retiradas de seu escopo, na visão deles, e que novas atividades poderiam ser introduzidas, se necessário.*" Sobre a questão do voluntarismo e possíveis tendências, há que se

colocar que o retorno à solicitação enviada foi unânime, com participação de todos os 66 egressos e petianos contatados, o que minimiza este possível risco.

8.2.1 Resultados do Projeto Laboratório Casa Sustentável – LCS

O projeto "*Laboratório Casa Sustentável - LCS*", elaborado pelo Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFJF, envolveu a construção de uma casa sustentável, com características educacionais, localizada no *Campus do Jardim Botânico de Juiz de Fora*, demonstrando aspectos associados a esta modalidade de edificação. Seu objetivo é conscientizar a sociedade sobre a necessidade da adoção de práticas de construções sustentáveis e ambientalmente confortáveis, para o que se projetou um espaço com seis cômodos, além da recepção, com ambientes típicos de uma casa: quartos, sala, escritório, cozinha e banheiro.

Por uma parceria entre o PET - Elétrica e o Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade – ECOS, da Faculdade de Arquitetura da UFJF, responsável pelo planejamento do LCS, criou-se uma oportunidade diferenciada para que petianos utilizassem a estratégia *PjBL* para o projeto, cujos impactos esperados foram os conhecimentos técnicos ("*hard skills*"), bem como as competências transversais, valores e atitudes ("*soft skills*") reforçando a formação do perfil profissional.



Figura 10 - Edificação em fase final de obras. Fonte: Acervo do ECOS

Os alunos do PET-Elétrica, integrando equipe multidisciplinar, assumiram responsabilidade sobre três subprojetos associados ao LCS:

- **Sistema de monitoramento, em tempo real, de parâmetros de conforto ambiental:** projeto, desenvolvimento, implementação, testes e avaliação de um sistema de rede de sensores que se comunicam com o servidor utilizando o protocolo 802.15.4. Os dados, provenientes dos sensores, são parâmetros associados à temperatura, umidade e luminosidade dos cômodos da casa, exibidos

em telões, com interface desenvolvida em Java.

- **Ambiente gráfico de satisfação dos visitantes do LCS:** projeto, desenvolvimento, implementação, testes e avaliação de um ambiente gráfico contendo questões acerca do conforto ambiental do LCS, com utilização de *tablets* disponibilizados pelos cômodos da edificação, inseridos em uma *intranet*, comunicando-se com um servidor que disponibiliza os resultados, acessíveis aos visitantes, para futuras pesquisas da área da Arquitetura. A interface foi desenvolvida em PHP, linguagem FOSS para desenvolvimento Web.

- **Alimentação com Energia Fotovoltaica:** projeto, desenvolvimento, implementação, testes e avaliação de sistema de alimentação fotovoltaica para cômodos do LCS. Para assegurar o fornecimento contínuo de energia, a planta inclui sistema de comutação automática que, em longos períodos de baixa radiação solar, permite conexão automática à rede elétrica convencional.

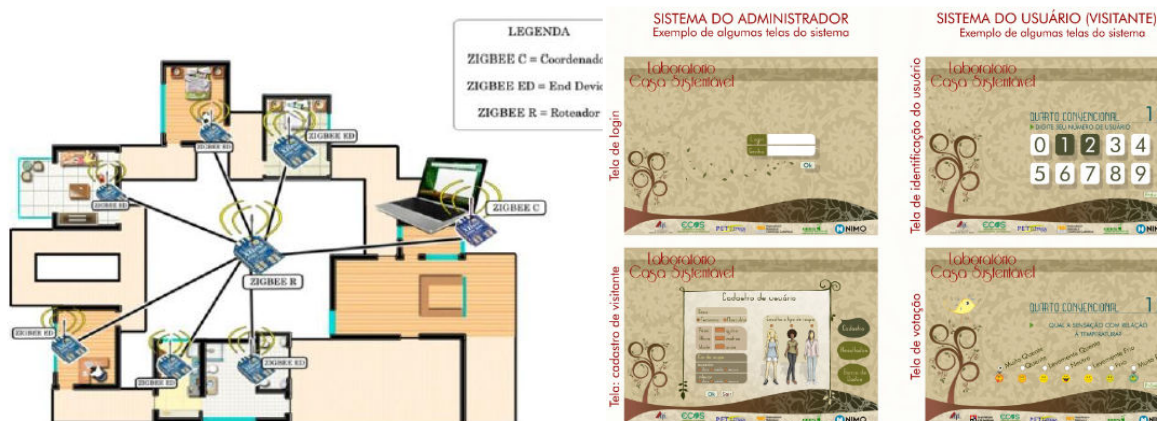


Figura 11 – (a) Sistema de transmissão sem fio (b) Ambiente de avaliação

Seguindo os conceitos e sistematizações propostas por Bloom, bem como as diretrizes do alinhamento construtivo de Biggs, os impactos educacionais para o **subprojeto da alimentação fotovoltaica** foram estabelecidos:

"Ao final do projeto seus integrantes serão capazes de

- **Compreender** (*Entender*) um sistema fotovoltaico, seus componentes e **diferenciar** (*Analisar*) entre os tipos conectados e desconectados à rede, com as normas aplicáveis; **conhecer** (*Entender*) e **diferenciar** (*Analisar*) os tipos de painéis e sua utilização; **identificar** (*Lembrar*) e **associar** (*Entender*) os equipamentos necessários a cada tipo de conexão - painéis, baterias, controladores de carga, inversores de frequência;

- **Sistematizar** (*Aplicar*) dados relativos às cargas e índices de radiação; **prever** (*Entender*) conexões à rede e os materiais necessários, em cada opção;

dimensionar (*Aplicar*) os circuitos e especificações técnicas dos equipamentos; **analisar** (*Analisar*) opções de implementação considerando os recursos disponíveis e **comparar** (*Analisar*) viabilidades econômicas;

- **Analisar** (*Analisar*) opções de circuitos e **determinar** (*Analisar*) os resultados para cada caso; **determinar** (*Analisar*) investimentos necessários e tempo de retorno; **selecionar** (*Analisar*) a melhor opção e a conexão a ser utilizada;

- **Operar** (*Aplicar*) como integrante efetivo de equipe de projeto multidisciplinar, com responsabilidades de **avaliar** (*Avaliar*) os pares e se **autoavaliar** (*Avaliar*);

- **Defender** (*Avaliar*) o sistema desenvolvido e **justificar** (*Avaliar*) escolhas efetuadas; **implementar** (*Aplicar*) o circuito escolhido; **avaliar** (*Avaliar*) os resultados efetivamente obtidos; **elaborar** (*Entender*) o Relatório Técnico Final em linguagem acessível a técnicos e leigos;

- **Criticar** (*Avaliar*) as escolhas e **avaliar** (*Avaliar*) mudanças no projeto".

Associou-se, aos verbos utilizados, para efeitos ilustrativos, os níveis correspondentes da Taxonomia de Bloom, evidenciando que somente o último nível, o mais complexo - **Criar** - não foi coberto nesta parte do projeto. Na análise de Felder [172], as atividades didáticas convencionais, expositivas, raramente vão além do Nível 3 (*Aplicar*) da Taxonomia de Bloom. Os Níveis 1 - 3 são comumente conhecidos como "*competências de nível inferior*" e os Níveis 4-6 como "*competências de nível superior*". Os cursos de graduação de engenharia alcançam, normalmente, competências até o Nível 3: pesquisas em programas de engenharia, nos EUA, mostraram que 80% dos problemas e tarefas trabalhadas pelos estudantes (2.345 casos de um total de 2.952) estavam nos níveis 1-3 da Taxonomia de Bloom [173].

Para o projeto de desenvolvimento **ambiente gráfico de satisfação dos visitantes** do LCS os impactos educacionais foram assim estabelecidos:

"Ao final do projeto seus integrantes serão capazes de

- **Reconhecer** (*Lembrar*) linguagens de programação e dispositivos utilizados como terminais de informações; **identificar** (*Lembrar*) necessidades de configuração de redes internas, dispositivos relacionados e uso de banco de dados;

- **Compreender** (*Entender*) conceitos de desenvolvimento Web, paradigma cliente-servidor e **explicar** (*Entender*) diferenças entre linguagens cliente e servidor; **entender** (*Entender*) conceitos de banco de dados e **caracterizar** (*Entender*) parâmetros básicos de especificação de equipamentos; **compreender** (*Entender*)

sintaxes e semânticas de linguagens de programação e **determinar** *(Analisar)* linguagens utilizáveis;

- **Determinar** *(Analisar)* sistemas de banco de dados, dispositivos terminais e seus parâmetros; **especificar** *(Aplicar)* equipamentos necessários ao projeto, **identificar** *(Analisar)* vantagens e desvantagens das propostas, **contrastá-las** *(Avaliar)* com os objetivos do projeto e **selecionar** *(Analisar)* a mais adequada;

- **Projetar** *(Criar)* sistemas Web a nível servidor e a nível cliente; **conceber** *(Criar)* acesso de sistemas a banco de dados;

- **Operar** *(Aplicar)* como integrante efetivo de equipe de projeto multidisciplinar, com responsabilidades de **avaliar** *(Avaliar)* os pares e se **autoavaliar** *(Avaliar)*;

- **Defender** *(Avaliar)* o sistema desenvolvido e **justificar** *(Avaliar)* a escolha efetuada; **implementar** *(Aplicar)* a solução escolhida; **avaliar** *(Avaliar)* os resultados efetivamente obtidos; **elaborar** *(Entender)* Relatório Técnico Final acessível a técnicos e leigos;

- **Criticar** *(Avaliar)* as escolhas e **avaliar** *(Avaliar)* mudanças no projeto."

De forma análoga, associou-se, aos verbos utilizados, os níveis correspondentes da Taxonomia de Bloom; percebe-se que, para este sub-projeto, os impactos esperados de aprendizagem contemplaram todos os níveis da taxonomia.

Seguindo os conceitos e sistematizações propostas na Taxonomia de Bloom, e as diretrizes do alinhamento construtivo de Biggs, os impactos educacionais esperados para **o subprojeto da rede** foram assim estabelecidos:

"Ao final do projeto seus integrantes serão capazes de

- **Compreender** *(Entender)* topologias de rede de sensores, intercambiando informações com dispositivo central e disponibilizando-as em interface gráfica;

- **Diferenciar** *(Entender)* linguagens de programação para interfaces e protocolos de comunicação; **investigar** *(Analisar)* tecnologias livres e/ou de baixo custo, expansíveis e flexíveis para alterações futuras; **investigar** *(Analisar)* sensores adequados e sua aplicabilidade;

- **Comparar** *(Avaliar)* linguagens selecionadas (PHP e Java) e protocolos wireless de baixo custo (zigbee, 802.15.4, wifi, bluetooth) para comunicação entre os sensores e o servidor; **analisar** *(Analisar)* conexões de cada linguagem de

programação com protocolos *wireless*; **verificar** (*Analisar*) a compatibilidade entre sensores e transceptores;

- **Projetar** (*Criar*) e **construir** (*Aplicar*) a rede de sensores e a interface gráfica; **avaliar** (*Avaliar*) a operacionalização e o desempenho do sistema;

- **Operar** (*Aplicar*) como integrante efetivo de equipe de projeto multidisciplinar, com responsabilidades de **avaliar** (*Avaliar*) os pares e se **autoavaliar** (*Avaliar*);

- **Defender** (*Avaliar*) o sistema desenvolvido e **justificar** (*Avaliar*) a escolha efetuada; **implementar** (*Aplicar*) a solução escolhida; **avaliar** (*Avaliar*) os resultados efetivamente obtidos; **elaborar** (*Entender*) Relatório Técnico Final em linguagem acessível a técnicos e leigos;

- **Criticar** (*Avaliar*) as escolhas e **avaliar** (*Avaliar*) mudanças no projeto".

Verifica-se, também para este subprojeto, que os impactos de aprendizagem contemplam todos os níveis da Taxonomia de Bloom, como no caso anterior.

Avaliou-se, ao final do projeto, sua funcionalidade como um espaço de aprendizagem para alcance dos seguintes objetivos: necessidade da aquisição independente de novos conhecimentos técnicos; visão crítica sobre o *modus operandi* da prática do engenheiro e a responsabilidade social associada; compreensão e prática do trabalho em equipe, com as dificuldades para sua execução efetiva e sua potencialidade para se alcançar os resultados desejados; deficiências na formação do perfil profissional e visão clara sobre a importância das competências transversais (aprendizagem independente, criatividade, trabalho em equipe, capacidade de comunicação, capacidade de avaliação, integrar conhecimentos e gerenciar mudanças) para a prática profissional do engenheiro.

Estes pontos foram discutidos com os envolvidos clarificando os procedimentos de autoavaliação e reflexão sobre o projeto e seus impactos esperados. Os resultados quantitativos, e principalmente alguns dos resultados qualitativos, com as impressões e visões dos alunos, bem mais ricos e completos que os dados quantitativos, são mostrados a seguir.

Na "*Aquisição de novos conhecimentos técnicos*", mais de 86% das respostas (Figura 12) assinalaram a necessidade, durante o projeto, de buscar novos conhecimentos, ainda não contemplados no curso, reforçando a capacidade de aprendizagem independente. Qualitativamente, colocaram que foi necessário "*... pesquisar tecnologias que suprissem os [...] objetivos, agregaram maior conhecimento tecnológico, definiram o que seria usado no projeto e conheceram a fundo a tecnologia com a qual decidiram trabalhar ...*"; que foi possível "*... contato com o que existe de mais moderno na área de automação residencial ...*" e que o projeto "*...*"

proporcionou grande aquisição de conhecimentos técnicos por ser bastante prático", sendo "... necessário buscar ferramentas para atingir os objetivos, com aprendizagem de novas técnicas e contato com novas tecnologias...".

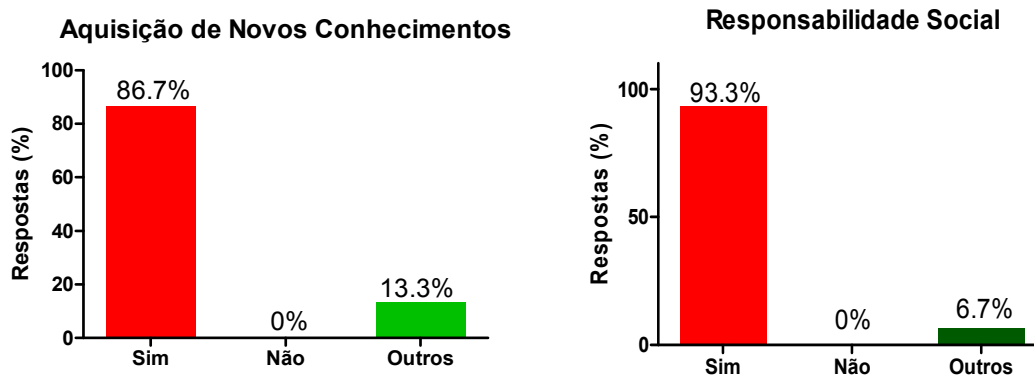


Figura 12 – Aquisição de novos conhecimentos (esquerda) e responsabilidade social do engenheiro (direita) - Projeto LCS

Na "*Visão sobre o trabalho do engenheiro e responsabilidade social*" o percentual positivo foi ainda superior, com mais de 93% das respostas (Figura 12) destacando que o projeto fortaleceu esta visão, colocando que "*... foi possível solucionar problemas ímpares, como o acesso dos cadeirantes ...*"; que o projeto "*... representa uma implementação concreta deste conceito [de sustentabilidade]....*" e a "*... necessidade de conscientizar os estudantes de engenharia sobre soluções alternativas que podem ser conseguidas com trabalho sério...*".

Constata-se, na "*Percepção sobre o trabalho em equipe*", valor também superior a 93% de respostas positivas (Figura 13), afirmando que vivenciaram aspectos positivos do trabalho em equipe e dificuldades para sua operacionalização. Qualitativamente, destacaram a oportunidade de trabalhar com "*... divisão de tarefas, a compreensão que o trabalho que não está em suas mãos pode não ser feito dentro do prazo [...] mas, em equipe, pode-se resolver o problema e esse é o ponto mais importante: superar as dificuldades...*"; colocaram que o "*... aprendizado se torna mútuo, mais atraente...*" e que "*... tanto no grupo da Elétrica quanto junto aos outros grupos, o trabalho em equipe foi necessário para solucionar os problemas...*", mas que "*... [é necessário] aprender a negociar e ouvir a opinião dos outros para [se] conseguir bons resultados...*", ressaltando que "*...trabalhar em equipe pode ser cansativo, pois tem que saber ouvir, mas o resultado compensa...*" e os pontos para bom trabalho em equipe: "*... comunicação, responsabilidade e dedicação...*".

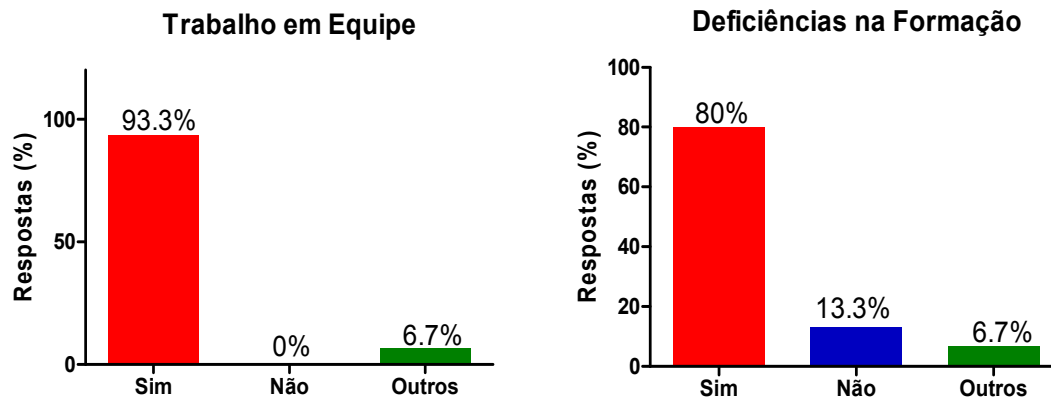


Figura 13 – Trabalho em equipe(esquerda) e deficiências na formação (direita) - Projeto LCS

Sobre "Deficiências na formação", 80% (Figura 13) tiveram compreensão desta situação e de como afeta sua formação, colocando que "... pontos importantes não são aprendidos em sala de aula [...], pois se tem pouco contato com a parte prática da profissão ...", que "...os cursos são muito teóricos, sem aplicação prática, e no projeto foi possível ver [esta] aplicação...", observando que "... no projeto foi possível trabalhar como engenheiro, coisa que não fazemos em sala de aula..." e que "... aqui foi possível por a mão de massa e fazer um trabalho de engenharia, que deveria ser feito também nas salas de aula ...".

A percepção sobre a importância das competências transversais para o trabalho profissional do engenheiro (aprendizagem independente, criatividade, trabalho em equipe, capacidade de comunicação, capacidade de avaliação, integrar conhecimentos e gerenciar mudanças) indica que as capacidades de avaliação (96%) e de comunicação (83%), o trabalho em equipe (80%) e a aprendizagem independente (72%) foram apontadas como as de maior peso (Figura 14). Coincidentemente, estes atributos foram os mais demandados na execução do trabalho, e os alunos puderam vivenciar situações reais de sua necessidade e aplicabilidade. Qualitativamente, colocaram que "...foi possível aprender a exercer o senso de liderança e de submissão, quando necessário; aprender a expressar suas idéias, opinar sobre o trabalho de outras pessoas e apresentar seu próprio trabalho, que trabalharam nossa capacidade de comunicação..."; que "... a todo instante era preciso avaliar o que estava sendo feito, e o trabalho dos outros, para não atrasar o projeto.."; que "... como engenheiro, tem que avaliar tudo o tempo todo..."; destacaram que as competências transversais "....são aspectos necessários em todos os profissionais com papel de liderança...." tendo que exercitá-las ".... principalmente pela grande equipe e divisão de tarefas...", sendo ainda "....necessário aprender a

lidar com diferentes visões e saber conciliá-las..."; "... ser flexível e compreensivo são características imprescindíveis para trabalhar em grupo..."

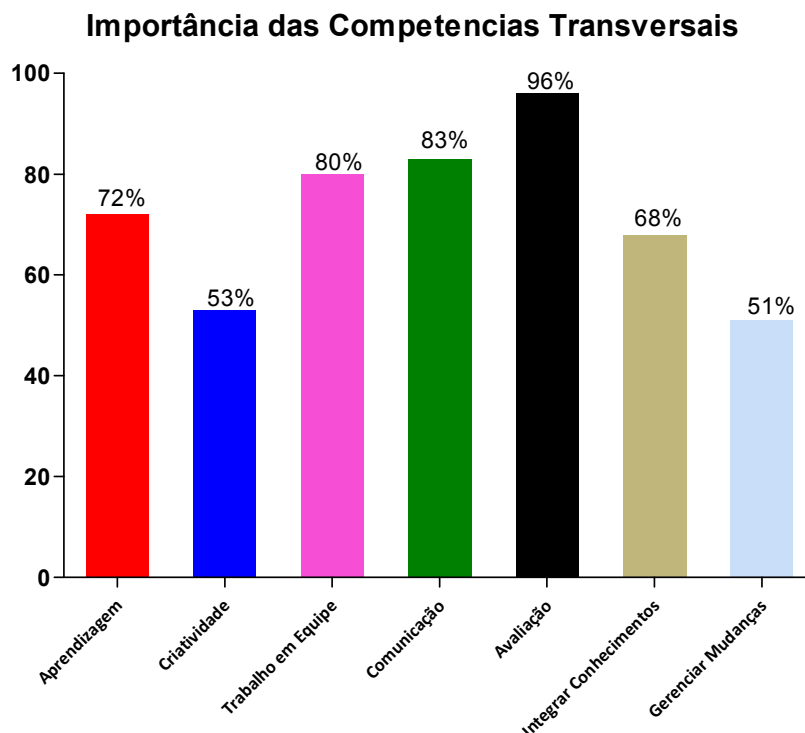


Figura 14 – Importância das competências transversais - Projeto LCS

Essas avaliações, efetuadas pelos alunos, evidenciam a possibilidade de se buscar alternativas para construção de um perfil profissional diferenciado, ainda que fora dos procedimentos curriculares convencionais. A visão adquirida pelos alunos sobre a importância de se trabalhar outros aspectos na formação, adicionalmente ao conteúdo técnico, enfatizando uma visão social ampla, deixa claro que eles já vivenciam esta realidade e se mostram dispostos a buscar uma formação diferenciada, mais adequada às demandas sociais da atualidade.

8.2.2. Resultados para o projeto "Heliodon"

O projeto Heliodon envolveu o desenvolvimento de um simulador de trajetória solar para estudos de conforto ambiental destinado ao Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade - ECOS, do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFJF, permitindo estudos de insolação de edificações. No projeto, alunos do PET-Elétrica, em conjunto com integrantes do curso de Arquitetura, desenvolveram um trabalho baseado na estratégia *PjBL* com impactos esperados nos conhecimentos técnicos ("*hard skills*"), mas que reforçaram também as competências transversais ("*soft skills*") do perfil profissional.

Os petianos responsabilizaram-se por projetar, implementar, operacionalizar, testar e avaliar um sistema de supervisão e controle, baseado no microcontrolador Arduino, e um ambiente gráfico interativo, em Java, ambas plataformas FOSS ("*Free and Open Source Software*"), integrado ao Heliodon. O ambiente possibilita interação amigável do usuário com o equipamento, que se posiciona automaticamente, ao inserir-se a data, o horário e as coordenadas globais da localidade desejada.



Figura 15 – (a) Visão do Heliodon desenvolvido (b) Ambiente operacional desenvolvido

O Heliodon automático é uma variante de modelos com controle manual, utilizados em laboratórios de conforto. O projeto constituiu um desafio para os alunos do PET-Elétrica, possibilitando aprimorar o conhecimento técnico pela necessidade de projetar, implementar, operacionalizar, testar e avaliar o sistema de controle, envolvendo também outros conhecimentos, não abordados no currículo formal como, por exemplo, demandas arquitetônicas que não envolviam conhecimento específico de engenharia, exercitando a interdisciplinaridade, necessária no atual mercado de trabalho globalizado.

A avaliação aquilatou os seguintes impactos educacionais na formação do perfil profissional dos petianos: aquisição de novos conhecimentos técnicos em engenharia, aprendizado interdependente, trabalho em equipe, solução de conflitos, pensamento crítico, capacidade de comunicação e avaliação, além de sua visão sobre a importância das competências transversais (liderança, comunicação, trabalho em equipe, solução de conflitos, gestão de projetos, conhecimento multidisciplinar) para o trabalho do engenheiro. A avaliação dos impactos educacionais envolveu discussão com os envolvidos, com questionários abertos, que ilustram a visão e percepção obtida pelos alunos.

Seguindo os conceitos e sistematizações propostas na Taxonomia de Bloom, e as diretrizes do alinhamento construtivo de Biggs, os impactos educacionais esperados foram assim estabelecidos, contemplando totalmente os níveis superiores da Taxonomia de Bloom:

"Ao final do projeto seus integrantes serão capazes de

- **Entender** (*Entender*) a dinâmica de um sistema solar e sua movimentação em relação às regiões da Terra; **compreender** (*Entender*) a dinâmica do simulador;
- **Entender** (*Entender*) o módulo Arduino, motores de passo, interfaceamento em Java e módulos de conversão de dados; **compreender** (*Entender*) os principais softwares utilizados para esta aplicação;
- **Interpretar** (*Entender*), **calcular** (*Aplicar*) e **determinar** (*Aplicar*) a sintonia de algoritmos PID para controle do Heliodon;
- **Analisar** (*Analisar*) opções de materiais, equipamentos e softwares e **decidir** (*Avaliar*) pelas mais adequadas;
- **Planejar** (*Criar*) um módulo físico que represente a dinâmica solar; **selecionar** (*Analisar*) motores de passo adequados; **calcular** (*Aplicar*) valores corretos para o posicionamento do Sol na planta; **conceber** (*Criar*) a operacionalização do sistema;
- **Operar** (*Aplicar*) como integrante efetivo de equipe de projeto multidisciplinar, com responsabilidades de **avaliar** (*Avaliar*) os pares e se **autoavaliar** (*Avaliar*);
- **Construir** (*Aplicar*) o módulo físico, **criar** (*Criar*) o ambiente de interface e **produzir** (*Aplicar*) Tutorial para sua utilização;
- **Criticar** (*Avaliar*) as escolhas e **avaliar** (*Avaliar*) mudanças no projeto."

A necessidade de buscar, de forma independente, novos conhecimentos, não abordados nas disciplinas curriculares, mostrou unanimidade nas respostas positivas (Figura 16): " ...sim, busquei diversas informações novas [.....] busquei pela internet [...] e também professores da faculdade que pudessem ajudar a resolver o problema..."; "...para alguns problemas foi possível pesquisar por mim mesma e encontrar a melhor solução. Para outras foi necessário o auxílio de professores experientes na área"; "...sim, foi buscado auxílio com professores da arquitetura e alunos mais experientes do PET"; " .. sim, tive que buscar conhecimento novo [...] por minha conta..."; "...precisei de informações novas. Geralmente, a primeira opção

eram os petianos mais experientes.[...] ... mas houve vezes sim em que procurei professores ...".

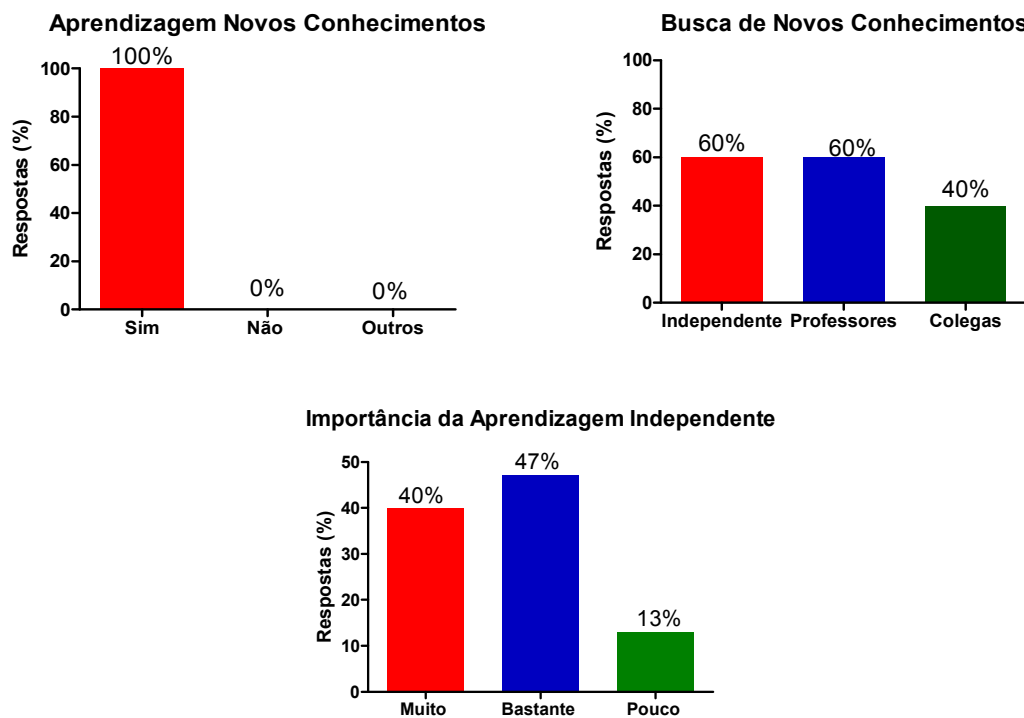


Figura 16 – Necessidade de novos conhecimentos (alto, esquerda); meios de busca de novos conhecimentos (alto, direita) e importância da aprendizagem independente (abaixo, centro) - Projeto Heliodon

Para a busca de conhecimentos, observa-se que as opções por *"conta própria"* e com *"professores da área"* são praticamente iguais (60%), enquanto a *"com colegas mais experientes"* alcançou 40%; visualizam que a capacidade de aprendizagem independente constitui atributo extremamente necessário ao perfil profissional (Figura 16), com 87% das respostas assinalando-a como *"Bastante Necessário"* e *"Muito Necessário"* (a escala variava de *"Não Necessário"* a *"Muito Necessário"*). Os resultados indicam que o projeto funcionou como espaço adequado de aprendizagem para a educação em engenharia, trabalhando não só a capacidade de aprendizagem interdependente, mas também despertando nos alunos a consciência sobre a importância deste atributo para a prática profissional.

A oportunidade real de integrar, no projeto, uma equipe multidisciplinar, alcançou 93% de respostas positivas (Figura 17). Visões sobre esta oportunidade: *"....boa experiência. O [...] mais importante no trabalho em equipe é a oportunidade (sic) de aproveitar o melhor de cada membro e desenvolver o projeto de uma boa forma..."; "...experiência altamente enriquecedora, principalmente pelos desafios do trabalho em equipe, como divergências de opiniões entre membros e dificuldades de satisfação*

de prazos do projeto..."; " adquirir conhecimento em diversas áreas. [...]... as discussões em equipe e como seria resolvida cada etapa do projeto foram as mais produtivas, cada um com uma idéia boa, e todos trabalhando pra chegar em uma solução que fosse a melhor...."; "...o mais interessante [do] trabalho em equipe é a possibilidade de discussão [...], aumentando o conhecimento, uma vez que diferentes pessoas podem fazer pesquisas em diferentes bibliografias e compartilhar o conhecimento obtido"; "...aprendi muito a trabalhar em equipe, me chamou muito atenção pois nas reuniões todos tinham praticamente o mesmo poder de opinião..."; "...as dificuldades individuais e ritmos de trabalho diferentes, me chamaram atenção..."; "... achei muito produtiva a troca de ideias que ocorriam (sic) durante as reuniões do projeto. Trabalhar em equipe traz mais riqueza ao trabalho.....".

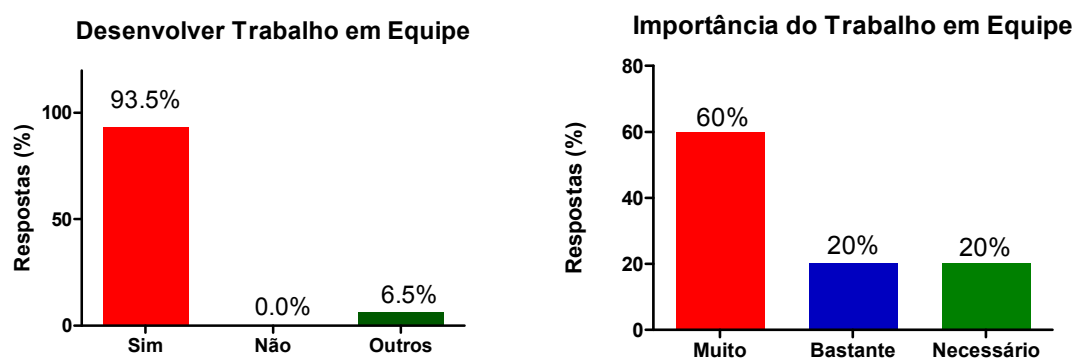


Figura 17 – Oportunidade de desenvolver trabalho em equipe (esquerda) e sua importância no perfil do engenheiro (direita) - Projeto Heliodon

A importância, para o perfil profissional, deste atributo, alcançou 80% de "Bastante Necessário" e "Muito Necessário"(Figura 17), com 60% para o "Muito necessário". Observa-se que o projeto funcionou como espaço adequado de aprendizagem, possibilitando não só desenvolver a capacidade de trabalhar em equipe e gerenciar relações, mas também conscientizando-os sobre a importância deste atributo para a prática profissional.

O projeto também propiciou situações onde tiveram que solucionar imprevistos e/ou utilizar pensamento crítico e criatividade, com percentual superior a 86% de respostas (Figura 18). Algumas colocações: "... sendo um projeto com um produto final foi necessário diversas adaptações ..."; "... [se] alguma tarefa poderia ser feita de maneira mais eficiente, dava as sugestões cabíveis. A solução era encontrada através da discussão em equipe, se todos concordassem, mudávamos os planos..."; "... mudanças relacionadas ao código, a montagem ou mesmo a estrutura geral do projeto foram sugeridas.."; "... foi sugerido pela equipe de bolsistas [...] a melhor forma de produção, escala e materiais mais adequados à resposta esperada pelas maquetes"; "... projeto sempre exige criatividade [...] como conectar a fonte de tensão

aos motores, já que a fonte seria fixa [...] e os motores estariam girando na mesa. A equipe [...] encontrou uma solução criativa e [...] o projeto teve de se adequar a essa nova condição, principalmente a programação da mesa"; " um código de programa fundamental para o projeto [estava.] em linguagem Assembler, a qual nenhum dos integrantes possuía conhecimento. Foi necessário [aprender]a linguagem em última hora...."; "...necessário elaborar maquetes desmontáveis, sendo necessário pensar em soluções de acordo com a edificação a ser reproduzida.....".

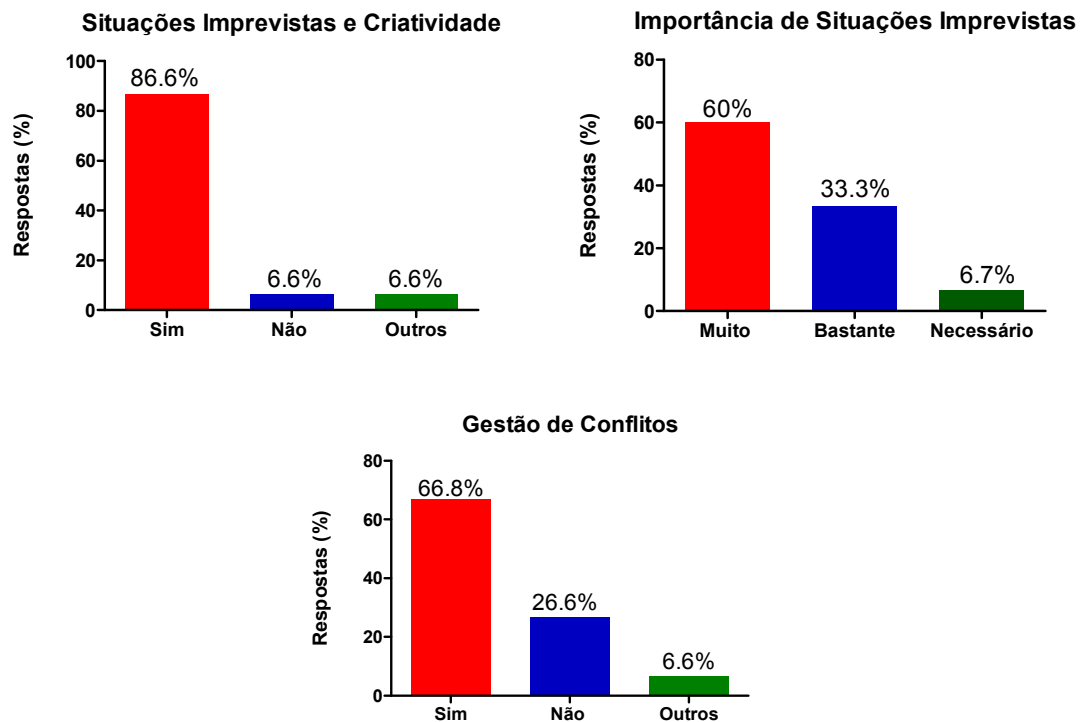


Figura 18 – Situações imprevistas e criatividade (alto, esquerda), sua importância no perfil do engenheiro (alto, direita) e gestão de conflitos (abaixo, centro) - Projeto Heliodon

A importância deste atributo para o exercício profissional foi assinalada por 93,3% das respostas como "Muito Necessário" e "Bastante Necessário" (Figura 18). Saber gerenciar conflitos nos relacionamentos interpessoais, durante as atividades, foi considerado um atributo necessário, para 66% dos entrevistados (Figura 18) e resolvida com diálogos e comunicação: "... sim, mas [...] com conversas e divisão de tarefas tudo foi resolvido"; "... ocorreram divergências de opiniões e problemas [...] solucionados com reuniões e discussões do grupo.."; "... integrantes que não estavam sendo muito participativos, sendo necessário conversar com os mesmos..."; "...convivência com pessoas de diferentes opiniões e comportamento sempre é um grande desafio, [...] mas as conversas sempre ajudaram a resolver essas situações".

Para a capacidade de comunicação as respostas positivas alcançaram 86,6% (Figura 19). Algumas impressões: " ... tive que conversar com profissionais de diferentes áreas, além de apresentar o trabalho em um congresso"; " .. envolveu equipe multidisciplinar [arquitetos e engenheiro de produção] ...e tive que levar em consideração o vocabulário e a maneira de expor o conteúdo [aos profissionais de outras áreas] "; " .. o relatório final aumentou muito a minha capacidade de escrita. aumentou-se também a capacidade de comunicação formal [pelas discussões cotidianas] e o seminário de iniciação científica ajudou na parte da oralidade"; "....Ajudou a melhorar a capacidade de comunicar e delegar tarefas"; ".... ajudou a melhorar significativamente minha capacidade de comunicação. Como a equipe era grande [e multidisciplinar] se comunicar de maneira clara e objetiva era de suma importância. [...] ajudou muito a melhorar nossa capacidade de comunicação e será aproveitado para a vida toda"; "... [Eu] não era pessoa muito comunicativa, mas tive que aprimorar essa habilidade já que necessitava trocar informações. [...] foi de grande validade, principalmente porque resolvi seguir no ramo de pesquisas, onde o fluxo de informações é essencial ...".

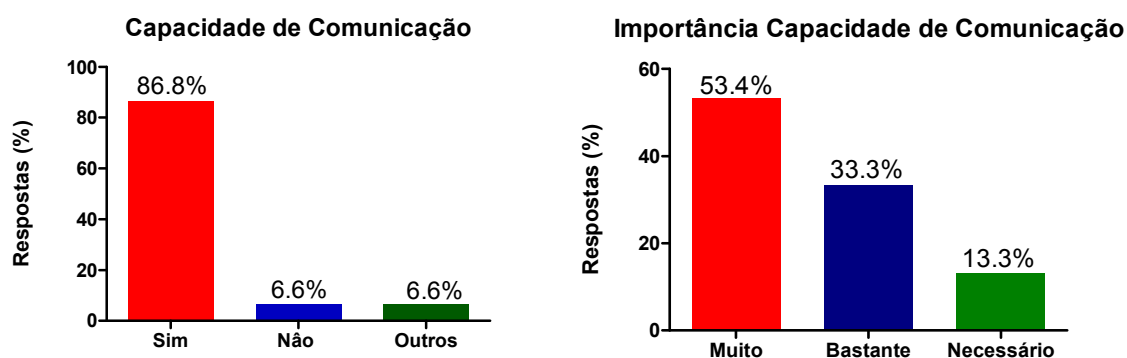


Figura 19 – Capacidade de comunicação (esquerda) e sua importância no perfil do engenheiro (direita) - Projeto Heliodon

86,6% dos participantes assinalaram este atributo como "*Muito Necessário*" e "*Bastante Necessário*" (Figura 19) destacando sua percepção sobre a construção de um perfil profissional adequado às demandas colocadas para os engenheiros.

A capacidade de avaliação, uma competência de alto nível na Taxonomia de Bloom, foi respondida positivamente por 74% dos entrevistados (Figura 20). Algumas posições: ".... avaliar o peso das medidas que foram tomadas, o desempenho dos membros da equipe, entre outros. [...] a avaliação é um processo muito presente na vida de um profissional de engenharia e este projeto trabalhou nosso senso crítico..."; "... a cada etapa do projeto, era necessária uma análise crítica do trabalho feito pelos colegas e do próprio, para saber se o projeto estava atingindo os objetivos traçados e se atingia o progresso planejado...."; "... a avaliação é extremamente necessária para

se perceber os resultados, mesmo que parciais, do projeto e de que forma ele está contribuindo para a sociedade....."; "..... que tenha sido a etapa mais instruidora do projeto [...] o levantamento e avaliação dos dados, e [...] como fazer uma pesquisa [...] o que contribuiu para posteriores trabalhos...."; "..... foi preciso utilizar métodos de avaliação do projeto por [...] comparações e observações, e [...] foram produzidos relatório descritivo e avaliativo do projeto. [...] contribuiu para minha formação [pois] ensinou como realizar procedimentos avaliativos, além de ter me auxiliado a criar um olhar crítico sobre nosso objeto de trabalho..".

De forma similar aos demais resultados, 87% dos entrevistados (Figura 20) destacaram a importância da avaliação no perfil profissional do engenheiro, assinalando o "*Muito Necessário*" e o "*Bastante Necessário*".

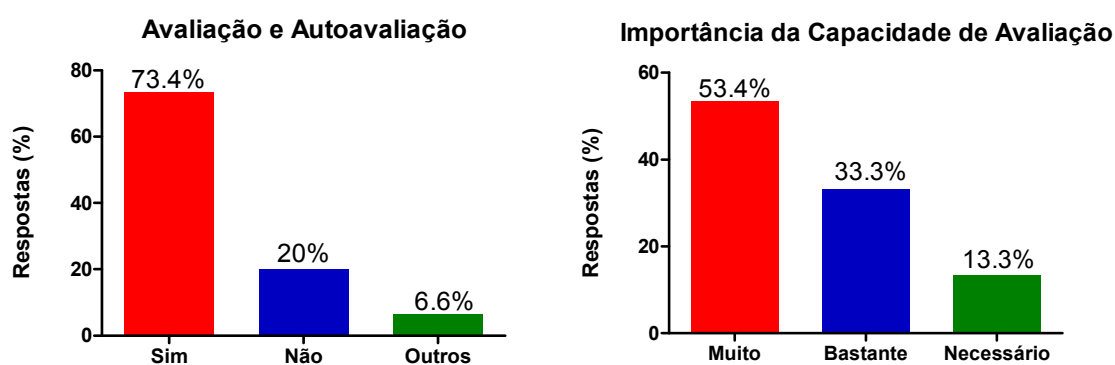


Figura 20 – Capacidade de avaliação e autoavaliação (esquerda) e sua importância no perfil do engenheiro (direita) - Projeto Heliodon

Foi ainda solicitado que os participantes opinassem sobre a importância da "capacidade de integrar conhecimentos" e de "gerenciar mudanças" no perfil do engenheiro e, para os dois casos, as respostas "*Muito Necessário*" e "*Bastante Necessário*" se igualaram, alcançando valores de 87% (Figura 21).

Uma reflexão preliminar sobre as avaliações efetuadas pelos alunos evidencia a possibilidade de se buscar alternativas para construção de um perfil profissional diferenciado, ainda que fora dos procedimentos curriculares convencionais. A visão adquirida pelos alunos da importância de se trabalhar outros aspectos na formação, adicionalmente ao conteúdo técnico, enfatizando uma visão social ampla, reforçando as competências transversais - quase totalmente negligenciadas no currículo convencional - deixa claro que já vivenciam esta realidade e se mostram dispostos a buscar uma formação diferenciada, mais adequada às demandas sociais da atualidade.

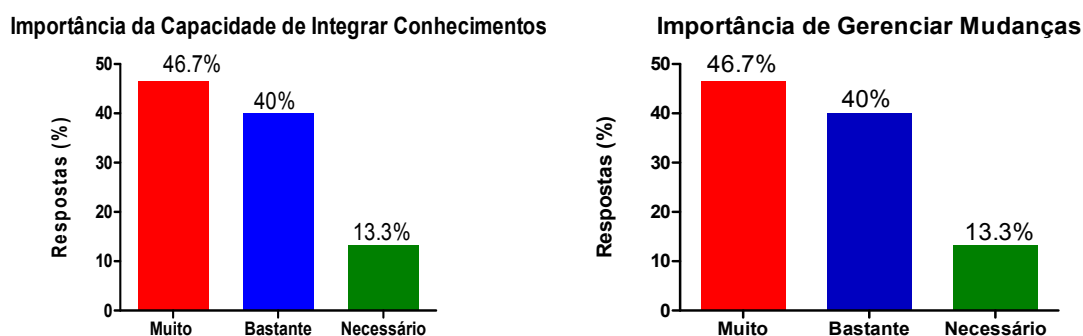


Figura 21 – Importância da capacidade de integrar conhecimentos (esquerda) e gerenciar mudanças no perfil do engenheiro (direita) - Projeto Heliodon

Será discutido, na seqüência, o projeto Calouro Web 2.0, cujo foco principal é o reforço das competências transversais dos participantes. São trabalhados, no caso, a construção e o reforço das competências em dois grupos de alunos: os petianos, responsáveis por todo o processo de planejamento, condução, acompanhamento e avaliação do projeto, e os calouros, que o executam.

8.2.3. Resultados para o projeto "Calouro Web 2.0"

O projeto "*Calouro Web 2.0*", direcionado aos calouros, foi concebido como alternativa de utilização das novas ferramentas e procedimentos da WEB 2.0 para a educação em engenharia e futura aplicação nas demandas profissionais dos engenheiros. Para os calouros, o projeto abre oportunidades de se inteirarem sobre questões atuais da futura área de sua atuação profissional; para os petianos, a oportunidade de realização de uma atividade de aprendizagem ativa, reforço das competências transversais e conhecimento das questões associadas à engenharia.

O projeto envolve os calouros do curso de Engenharia Elétrica, trabalhando em grupos, que debatem sobre temas atuais importantes, complexos e polêmicos, associados às áreas de formação por eles selecionada, utilizando como base operacional o blog "Energia Inteligente" (<http://energiainteligenteufjf.com/>), mantido pelo PET-Elétrica. Alguns dos temas debatidos: "*Gás de Xisto: herói ou vilão?*", "*Grandes Centrais Hidrelétricas x PCHs*", "*Drones: limitar seu uso?*", "*Rede 4G: investir ou esperar?*", "*Marco Civil da Internet: liberdade ou censura?*", "*Créditos de Carbono: facilitador da poluição ou solução?*", "*Automação x Desemprego*". O projeto ocorre em edições semestrais, para os novos calouros que chegam à universidade, com sua coordenação sendo efetuado em forma de rodízio, entre os petianos, com participação integral do grupo.



Figura 22 – Momentos do projeto Calouro Web 2.0

Uma lista completa dos temas e debates associados, para todas as edições, pode ser encontrada no link <<http://energiainteligenteufjf.com/calouro-web-2-0-2-2/>>. Embora o público-alvo do projeto sejam os calouros, que devem se posicionar, trabalhando em grupos, a favor ou contra os temas polêmicos selecionados - desenvolvendo, assim, suas competências transversais, atitudes e valores - os impactos educacionais desejados do projeto recaem mais diretamente sobre os participantes do PET - Elétrica, responsáveis por seu planejamento, execução e avaliação semestral, e serão aqui analisados, a partir da autoavaliação efetuada.

Para o projeto, os impactos educacionais estão estabelecidos:

"Ao final do projeto seus integrantes serão capazes de

- **Planejar** (*Criar*) cronogramas de atividades, compatíveis, e **negocia-los** (*Criar*) com os envolvidos; **comunicar** (*Aplicar*), de forma efetiva, aos interessados, por via oral e escrita, cronogramas e atividades de projetos;
- **Atuar** (*Aplicar*) como integrante efetivo de equipe de projeto multidisciplinar, com responsabilidades de **avaliar** (*Avaliar*) os pares e se **autoavaliar** (*Avaliar*);
- **Comparar** (*Analisar*) visões distintas sobre temas complexos e **criticá-los** (*Avaliar*) com perspectivas diferenciadas; **debater** (*Avaliar*) presencialmente e pela Web, temas polêmicos e conflitantes; **julgar** (*Avaliar*) visões e perspectivas distintas sobre temas complexos utilizando critérios quantitativos;
- **Criticar** (*Avaliar*) as escolhas realizadas e **modificar** (*Criar*) onde necessário."

Os impactos educacionais contemplam, principalmente, os níveis superiores da Taxonomia de Bloom (*Aplicar, Analisar, Avaliar e Criar*) e foram: aquisição independente de novos conhecimentos, solução de problemas inesperados, proatividade no trabalho em equipe, trabalho em equipe, solução de conflitos, capacidade de comunicação e avaliação. A avaliação envolveu discussão com os participantes, a partir de questionários abertos, permitindo que expressassem suas visões e aprendizagens dentro do projeto, de uma forma rica e transparente.

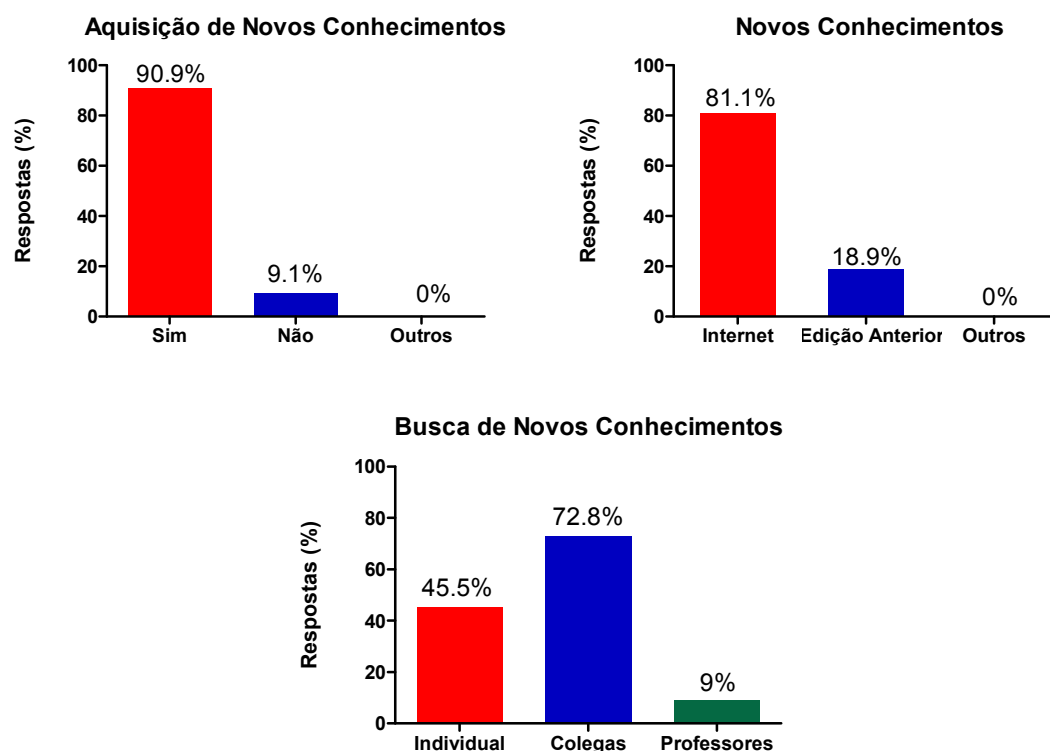


Figura 23 – Aquisição de novos conhecimentos (alto, esquerda), meios de aquisição de novos conhecimentos (alto, direita) e fontes de aquisição de novos conhecimentos (abaixo, centro) - Projeto Calouro Web 2.0

Verifica-se (Figura 23), que a "busca de novos conhecimentos e/ou informações novas" teve 90% de respostas positivas. Expondo suas visões, colocaram que ".... para que eu estivesse hábil a avaliar os alunos, precisei buscar mais informações além das que eu já tinha conhecimento..."; "tive que buscar conhecimentos novos em várias etapas do projeto, muitas das vezes resolvi o problema sozinho, buscando o conhecimento em pesquisas, e documentos de edições anteriores do projeto. Algumas vezes procurei por pessoas que já tiveram a experiência com o projeto em coordenações passadas..."; "... me incentivou a pesquisar mais profundamente no tema que fui responsável por avaliar, visto que para realizar uma avaliação você deve ter um bom conhecimento sobre o assunto... "; "precisei buscar conhecimento e fiz

isso através da internet e consultando outros bolsistas e voluntários mais experientes com o projeto"; " [tive] de buscar informações novas, uma vez que os assuntos propostos para a discussão dos calouros estão em constante mudança. Resolvi o problema 'por minha conta', fazendo pesquisas na internet e discutindo as novidades com os demais envolvidos no projeto..."; "Sim, surgiu a necessidade de pesquisar mais sobre o assunto em debate no projeto. Foi possível me informar 'por minha conta' na maioria das vezes, outras busquei ajuda de colegas que já participaram do projeto..."

Para a forma de aquisição destas novas informações (Figura 23) o maior percentual foi para "*Colegas mais experientes*", fato este natural, considerando-se que o trabalho é desenvolvido em equipe, além do contato constante, dentro do PET - Elétrica, com colegas mais experientes e que, possivelmente, já tiveram participação em edições anteriores do projeto. Para a "*solução de problemas inesperados, ou uso da criatividade em situações imprevistas*", houve equilíbrio de respostas positivas e negativas (Figura 24). Dada a natureza do projeto, bem como o fato de ter sido executado, nos oito últimos semestres, de forma consecutiva, fica claro a existência acumulada de experiências, procedimentos e materiais de suporte, que são repassados, naturalmente, às equipes consecutivas, evitando maiores sobressaltos e situações inesperadas.

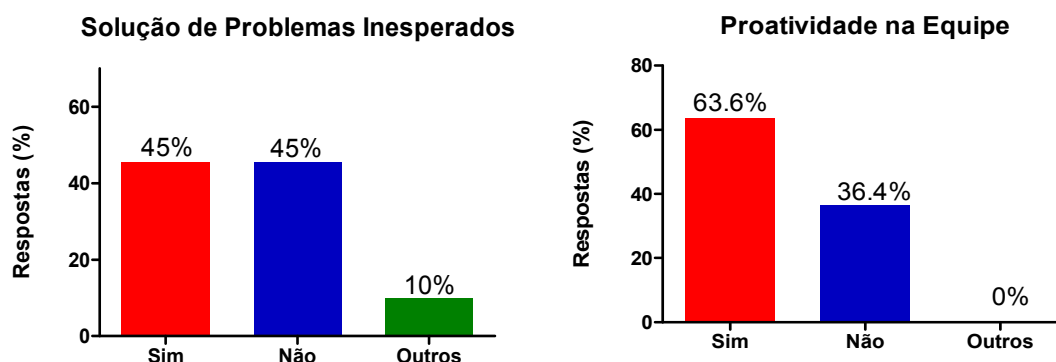


Figura 24 – Solução de problemas inesperados (esquerda) e proatividade no trabalho em equipe (direita) - Projeto Calouro Web 2.0

Alguns problemas: "... presenciei situações imprevistas e que tive que usar a criatividade e pensar de forma rápida..."; "... sim, nos momentos das apresentações nas salas de calouros, nos deparamos com perguntas e situações imprevistas..."; "...sim. Na hora de avaliar os alunos, uma das etapas mais difíceis, já havia preparado os critérios por mim mesma. Mas o coordenador do projeto sugeriu mudanças e tive que me adaptar, usando a criatividade para selecionar os melhores trabalhos"; " ...sim. Não contava que alguns calouros pudessem levar o trabalho na brincadeira, fazendo um vídeo cômico...."

No item *"postura ativa na equipe de trabalho"*, parcela majoritária, 63%, (Figura 24) respondeu positivamente, destacando-se algumas visões: *"... a primeira [sugestão] foi na maneira em como os temas eram divididos [...] a segunda foi [utilizar] o facebook para que os calouros acompanhassem o andamento das atividades e [...] pudessem tirar duvidas [...] e a terceira foi na maneira de como avaliar..."; " ... sugeri alterações nas formas de avaliação"; " ... sim, sugeri diferentes formas de avaliação do conteúdo criado pelos calouros..."; " ... sugeri que fizéssemos uma avaliação dos comentários semelhante a (sic) do vídeo, contendo tópicos como 'domínio do assunto' e 'discussão do tema'. A meu ver, poderia ser mais justo..."*.

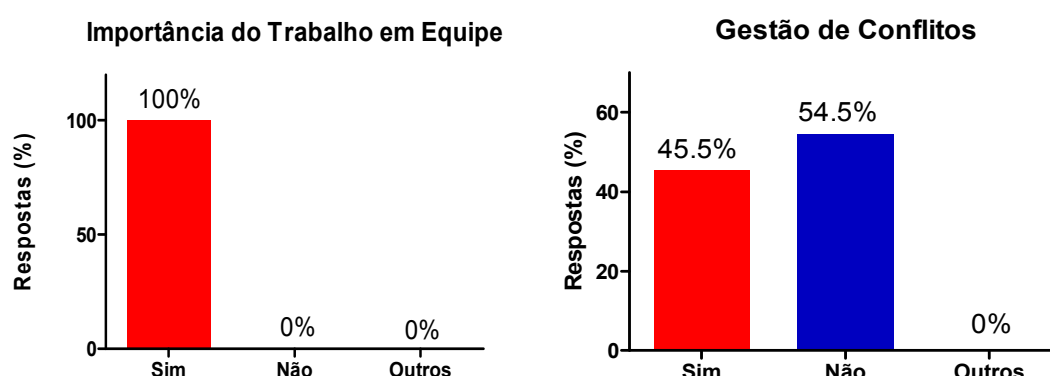


Figura 25 – Trabalho em equipe (esquerda) e gestão de conflitos (direita) - Projeto Calouro Web 2.0

Houve unanimidade no tocante à experiência positiva de participação em equipes de projeto (Figura 25), e algumas transcrições ilustram as percepções: *"....boa experiência, [...] foi preciso dividir opiniões com outros membros, tentar avaliar de forma justa e chegar a um consenso..."; ".... coordenar pela primeira [vez] um projeto foi um desafio pra mim e grande crescimento acadêmico..."; "muito bom. O fato de cada pessoa ter uma opinião diferente, principalmente na questão de avaliar os alunos, fez com que tivéssemos que analisar todas as opções e chegar a melhor solução.."; ".... desenvolver minha capacidade de apresentação em público, contribuiu muito para meu entendimento do que vem a ser trabalho em equipe e como realmente funciona na prática..."; "aprender a dividir tarefas de forma correta..."; " possibilitou boa discussão sobre qual a melhor forma de avaliação"; "....trabalhar com pessoas diferentes [...] superar a divergência de opiniões e chegar à conclusão da tarefa que foi proposta, apesar dos contratempos... "; " ... a dificuldade de avaliar é sempre aspecto relevante [...] e o momento das apresentações foi muito engrandecedor..."; " experiência valiosa.[...] muito importante sabermos aproveitar*

uma equipe [...] tornou o Calouro Web 2.0 mais completo e mais fácil chegar ao objetivo. Foi o que mais chamou minha atenção... "

A necessidade de *"gerir conflitos durante a realização do projeto"* mostra equilíbrio entre respostas positivas e negativas (Figura 25) com quantitativo ligeiramente superior para *"não aparecimento de conflitos"* (54,5% x 45,5%). Dois aspectos se destacam: inicialmente, sendo projeto já consolidado, com edições semestrais desde 2010, e cujas experiências, procedimentos e materiais de suporte são repassados às equipes subseqüentes, é de se esperar que os conflitos sejam minimizados, como realmente indicado nas respostas. Outro aspecto é que as divergências, quando surgiram, estão sempre associadas aos procedimentos avaliativos: *".... o conflito ocorrido não foi nem no pessoal, mais sim no coletivo, quanto aos critérios de avaliação..."; ".... problema com as avaliações, onde cada membro do projeto tinha em mente um rigor diferente com relação às notas..."; ".... problemas apenas com relação aos critérios de avaliação, mas foram resolvidos procurando uma posição média, que diminuiu as divergências..."; ".... as maiores divergências surgiram na hora da avaliação, mas chegamos a um consenso..."*.

Situações como esta corroboram, inquestionavelmente, a complexidade das dimensões dos processos cognitivos de ordem superior da Taxonomia de Bloom, entre os quais se insere a avaliação, e as dificuldades associadas para sua correta utilização. Ressaltem-se, ainda, as perspectivas metacognitivas das respostas sobre avaliação, que pode ser considerado indicativo que o nível mais elevado da dimensão do conhecimento na citada taxonomia está também sendo trabalhado.

Aspecto que se destaca é o reforço na *"capacidade de comunicação"*, com unanimidade de respostas, mostrando que o projeto é um espaço de aprendizagem adequado ao reforço desta competência (Figura 26). Algumas visões e percepções: *".... houve uma boa contribuição para a minha capacidade de comunicação..."; ".... cresceu bastante minha capacidade de comunicação [...] por ter que convocar várias reuniões e discutir com os colegas [...] percebi que ainda necessito melhorar esta capacidade oral, a capacidade escrita também melhorou devido à reformulação das apresentações, das [...] atas e emails para vários públicos diferentes..."; " Sim, principalmente oral com as apresentações nas salas dos calouros, mas também nas discussões internas, defendendo meus pontos..."; ".... incentiva muito o desenvolvimento da capacidade de comunicação oral [....] é o aspecto, juntamente com o trabalho em grupo, mais importante que desenvolvemos neste projeto. Saber expor o projeto, de forma clara e objetiva, para os calouros ajudou a desenvolver a capacidade de falar para um público desconhecido..."*.

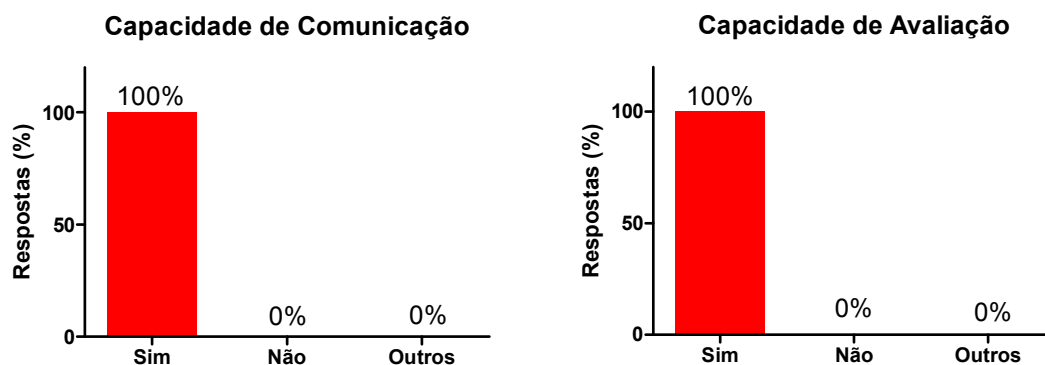


Figura 26 – Capacidade de comunicação (esquerda) e capacidade de avaliação (direita) - Projeto Calouro Web 2.0

Prosseguindo, colocaram que " não só ajudou, foi minha primeira experiência de apresentação para um público que não fosse de amigos de escola ou conhecidos, [....] foi fundamental para o desenvolvimento da minha capacidade de comunicação e também descobri que esse contato com o público é algo que me traz bastante satisfação pessoal...."; "....certamente, foi a parte mais enriquecedora do projeto. As apresentações orais, assim como as reuniões, trouxeram grande evolução em minhas habilidades de comunicação e capacidades de trabalho em grupo. A parte de comentários escritos auxiliou-me em muito na qualidade de interpretação e elaboração de informações escritas...."; "....Ótima. Trabalhamos tanto a capacidade oral, quanto a escrita de comunicação [....]. Tivemos o cuidado de falar ao público da forma mas clara e objetiva possível, [e] entramos em contato com os calouros através de ferramentas da web, trabalhando a capacidade de comunicação escrita. Tudo isso é muito importante para qualquer profissional que preza pela multidisciplinaridade, tão exigida no mercado de trabalho atual e tão pouco trabalhada dentro das salas de aula.....". "... Sim. Foi o primeiro que participei na Faculdade e senti uma pressão maior. É preciso dominar o assunto para apresentá-lo de forma clara e atingirmos o objetivo [....] e saber discutir um assunto para que não gere conflitos graves ".

Situação similar ocorreu com os "procedimentos avaliativos", com 100% de respostas positivas (Figura 26), sendo apresentadas algumas transcrições: " ... julgar e avaliar trabalhos não é uma tarefa fácil, visto que é o trabalho de um grupo de calouros. Para isso, tivemos que estabelecer critérios que contribuíssem com a avaliação..."; " foi surpreendente, e contribuiu muito, e não apenas para minha formação acadêmica, mas também para minha formação profissional e pessoal...."; ".... é importante para a formação de opinião a respeito da avaliação alheia, e também da criação de critérios pré-definidos...."; "..... necessitei estabelecer critérios que julgasse da forma mais justa. E isto é muito importante para a formação dos futuros engenheiros...."; " considero essa parte do projeto a mais difícil, por envolver diversos tipos de critérios [....] ... a utilização de procedimentos de avaliação

foi positiva por me fazer pensar um paralelo entre avaliar e ser avaliado e aprender a lidar com ambas as coisas....".

Ressaltaram ainda que "... a criação de critérios para avaliação do projeto foi importante para minha formação, pois é importante designar as características importantes de uma avaliação..."; "... a capacidade de avaliação de projetos é muito importante para a formação profissional de nossa área... "; " .. essa foi uma das etapas mais difíceis e a que mais gerou discordância entre os envolvidos no projeto. A contribuição dessa etapa é grande na vida de um futuro engenheiro, que está sempre avaliando em sua profissão....". "... Saber avaliar é necessário para um profissional da nossa área e esse projeto nos permite achar bons critérios de avaliação e conseguir utilizá-los...."; "... avaliar é difícil e precisamos cuidar para não sermos injustos ou bonzinhos demais. Uma nota isolada é diferente [...] comparada a outros grupos....".

Aparece, novamente, a questão da avaliação, competência de ordem superior dos processos cognitivos da Taxonomia de Bloom, e as dificuldades que apresenta para sua correta utilização. Mas chama também a atenção a consciência dos alunos, que reconhecem as dificuldades associadas a este processo e a preocupação em realizá-lo da forma justa e imparcial, mostrando uma postura ética desejada.

8.2.4. Resultados do projeto "Engenharia nas Escolas"

A forte expansão ocorrida nas universidades públicas do país, através do *Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais - REUNI* [174] buscou ampliar o acesso e a permanência na educação superior, dobrando o número de alunos de graduação, em dez anos, desde 2008, e permitir o ingresso de 680 mil novos alunos. Nos planos de reestruturação apresentados pelas universidades federais ao *Ministério da Educação - MEC*, foram previstas expansão de vagas, ampliação ou abertura de cursos noturnos, aumento do número de alunos por professor, redução do custo por aluno, flexibilização de currículos e o combate à evasão. Neste cenário, o curso de Engenharia Elétrica da UFJF ampliou o número de vagas disponíveis, passando de 90 anuais para 270 anuais, distribuídas em novas Habilitações: Energia, Robótica e Automação Industrial, Sistemas de Potência, Sistemas Eletrônicos e Telecomunicações.

Houve, por parte de alunos e professores do ensino médio, forte procura por informações relativas a esses novos cursos, bem como pelos próprios docentes e discentes da UFJF. Para o estudante secundarista interessado na área, além da opção por um Curso de Engenharia - no caso a Engenharia Elétrica - ele deve, adicionalmente, selecionar uma das cinco habilitações, já no momento de sua inscrição para o vestibular. Fica evidente a urgência de minorar as dúvidas existentes para que, após seu ingresso na universidade, e o contato direto com a habilitação selecionada, não ocorra um sentimento de frustração, ao descobrir que

as informações por ele previamente obtidas diferem da realidade acadêmica; esta situação, quando ocorre, conduz a fenômeno comum nos cursos de engenharia: alunos com perfis inadequados, baixo rendimento acadêmico, que migram de curso ou até mesmo abandonam a graduação.

O projeto "*Engenharia nas Escolas*" nasceu nesta ambiência, a partir de demandas das escolas de nível médio de Juiz de Fora e região, buscando aproximação entre a Faculdade de Engenharia/UFJF e os estudantes secundaristas, colocando-os em contato com os cursos de Engenharia oferecidos pela Faculdade. O projeto constituiu excelente oportunidade para que os integrantes do PET-Elétrica, inicialmente, e os demais PETs e Grupos de Estudos Tutoriais - GETs da Faculdade de Engenharia, posteriormente, pudessem exercitar, trabalhar e reforçar suas competências transversais ("*soft skills*"), em um contexto de aprendizagem diferenciado, distinto das salas de aula da universidade.



Figura 27 – Momentos do projeto Engenharia nas Escolas

Em sua primeira versão, o projeto foi realizado integralmente pelo PET - Elétrica; na segunda, a partir de convite do PET- Elétrica, houve a participação de grupos da Engenharia Civil, Engenharia Sanitária e Ambiental, Engenharia Computacional e Engenharia de Produção. Ambas as versões envolveram uma primeira etapa, para recolhimento de informações e preparação de apresentações, e uma segunda, com visitas às escolas, públicas e privadas, da região de Juiz de Fora - MG, com realização de palestras e debates com os estudantes secundaristas. A avaliação mensurou os impactos na formação dos estudantes envolvidos: aprendizado interdependente, trabalho em equipe, criatividade, proatividade, pensamento crítico, capacidade de comunicação e avaliação, além de sua visão sobre a importância destas competências transversais para o trabalho do engenheiro.

Os impactos educacionais para o projeto foram assim estabelecidos e, semelhante ao projeto Calouro Web 2.0, contemplam, majoritariamente, níveis superiores da Taxonomia de Bloom (Aplicar, Avaliar e Criar).

"Ao final do projeto seus integrantes serão capazes de

- **Planejar** (*Criar*) cronograma de atividades, compatível, e **negocia-lo** (*Criar*) com os envolvidos;
- **Descrever** (*Entender*) características, competências e empregabilidade das modalidades da engenharia; **comunicar** (*Aplicar*), de forma efetiva, aos interessados, por via oral e escrita, características, competências e empregabilidade das modalidades da engenharia, em diferentes contextos; **debater** (*Avaliar*) presencialmente sobre as engenharias, em diferentes contextos;
- **Atuar** (*Aplicar*) como integrante efetivo de equipe de projeto multidisciplinar, com responsabilidades de **avaliar** (*Avaliar*) os pares e se **autoavaliar** (*Avaliar*);
- **Criticar** (*Avaliar*) as escolhas realizadas e **modificar** (*Criar*) onde necessário.

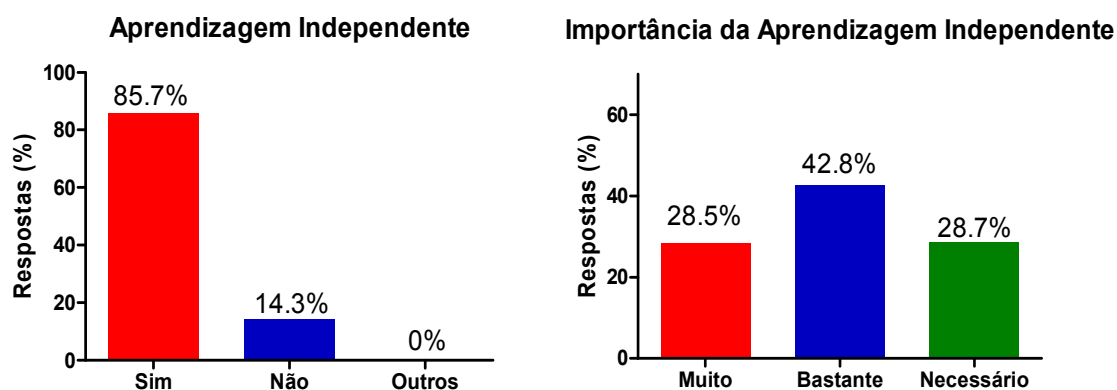


Figura 28 – Aprendizado independente (esquerda) e sua importância para o perfil do engenheiro (direita) - Projeto Engenharia nas Escolas

A "necessidade de aprendizagem interdependente" foi vivenciada por mais de 85% dos participantes (Figura 28), respondendo à questões de âmbito mais geral: "...tive que [...]me informar sobre algumas tecnologias relacionadas à área, tais como Satélites e GPS...."; "... precisei de auxílio para conduzir a apresentação da palestra sobre sistemas de potência [e] procurei um petiano mais experiente..."; " foi necessário me informar a cerca [sic] do conteúdo que seria ministrado aos alunos e busquei informações através da internet e de pessoas mais experientes no assunto....";

"... tarefas assim são essenciais para desenvolvermos mais nosso senso crítico, através de pesquisas dos mais variados assuntos relacionados ao tema principal...".

Sobre a *"importância da aprendizagem independente* para o exercício profissional, 70% (Figura 28) assinalaram-na como *"Muito Necessária"* e *"Bastante Necessária"*, com maior destaque para a opção *"Bastante Necessária"*, que alcançou 43%.

A solução de *"problemas inesperados e criatividade para solucionar situações imprevistas"* teve respostas positivas superior a 85% (Figura 29), ilustradas por algumas transcrições: *"...improvisar em algo que era pra ser falado na apresentação...."; ".....cobrir alguma pessoa que não pode ir em cima da hora, lidar com a apresentação no prezi que na hora não funcionou..."; "..... responder perguntas inesperadas durante a apresentação..."; " perguntas mais complexas de alunos durante as palestras..."; " tive que mencionar [sic] meu vocabulário para fazer pessoas leigas em engenharia entenderem a mensagem a ser passada..."; "...problemas com slides, e apresentar uma parte não prevista...."; ".... vários imprevistos, dentre eles a falta de wifi para conduzir a apresentação no prezi..."; ".... na condução do debate, especialmente para manter o foco dos mesmos..."; " ...ao tirar dúvidas dos alunos sempre há uma pergunta nova, que você não havia pensado..."*.

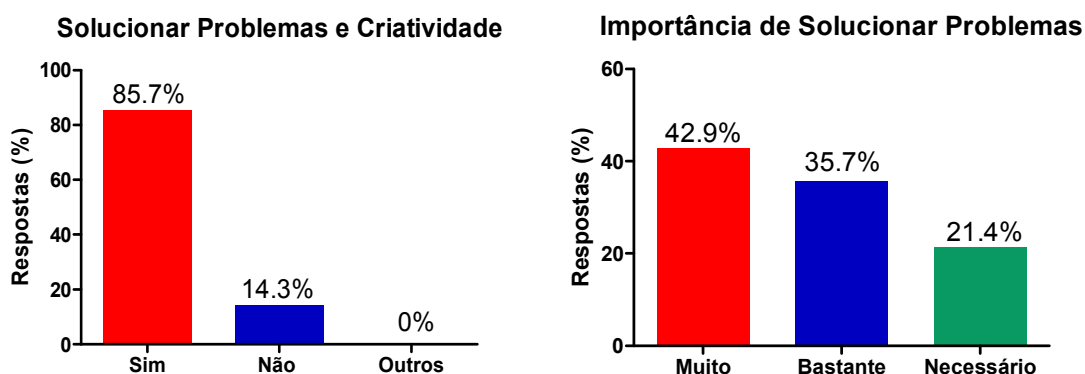


Figura 29 – Solucionar problemas e criatividade (esquerda) e sua importância para o perfil do engenheiro (direita) - Projeto Engenharia nas Escolas

Avaliando a importância desta competência para o exercício profissional, 80% (Figura 29) responderam positivamente, assinalando as opções *"Muito Necessário"* e *"Bastante Necessário"*, com maior destaque para o *"Muito Necessário"*.

Para a *"proatividade na condução do projeto"* houve quase unanimidade das respostas positivas, que superaram 92% (Figura 30), com algumas ilustradas a seguir: *"... sugeri alterações nos slides para facilitar sua compreensão e auxiliar a pessoa que esta apresentando.."; "... diversas vezes falamos sobre a duração das apresentações (muito longa [sic] quase duas horas de palestra)...."; "...sugeri [...] uma*

pesquisa prévia com o que os estudantes desejam saber sobre o curso e a rotina acadêmica....."; "... recomendei criar uma escala com antecedência para evitar que algum dos apresentadores não possam comparecer..."; "... sugeri mudanças na apresentação referente a habilitação energia..".

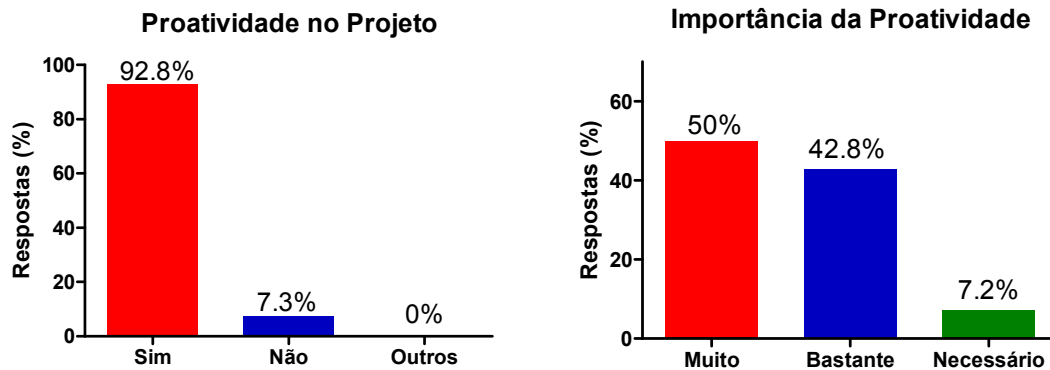


Figura 30 – Proatividade no projeto (esquerda) e sua importância para o perfil do engenheiro (direita) - Projeto Engenharia nas Escolas

A respeito da importância deste atributo para o trabalho do engenheiro, 93% das respostas assinalaram o "Muito Necessário" e "Bastante Necessário" (Figura 30), com percentual de 50% para o primeiro.

Observa-se unanimidade das respostas sobre a "experiência do trabalho em equipe" (Figura 31) destacando-se: "... experiência muito boa e altamente construtiva. [...] ...destaco a união e o comprometimento..."; "... muito interessante [...] lidar com as diferenças entre as pessoas e entre cursos é uma das coisas que me chama a atenção..."; "... a união do grupo e o envolvimento de todos com o projeto foram os aspectos que mais chamaram minha atenção..."; "... equipe organizada e responsável, atenta aos horários. [...] projeto bem eficaz...."; "...excelente. A divisão de tarefas, o consenso sobre o conteúdo apresentado...."; "... experiência foi ótima..."; "...a experiência do trabalho em equipe sempre enriquece. Um aspecto que deve ser mencionado é a junção de diferentes opiniões e visões conduzindo um mesmo projeto. É necessário aceitar a opinião da maioria e saber apresentar a sua, e entender caso ela seja recusada..."; "...o grupo se ajudou bastante para resolver problemas inesperados..."; "...muito boa! [...] me chamou atenção é diversidade de pensamentos...."; "... [o] trabalho em equipe [...] tornou o projeto mais enriquecedor...".

Sobre a importância do trabalho em equipe, cerca de 80% optaram pelo "Muito Necessário" e "Bastante Necessário" (Figura 31) mostrando tomada de consciência em relação a esta importante competência transversal do perfil profissional.

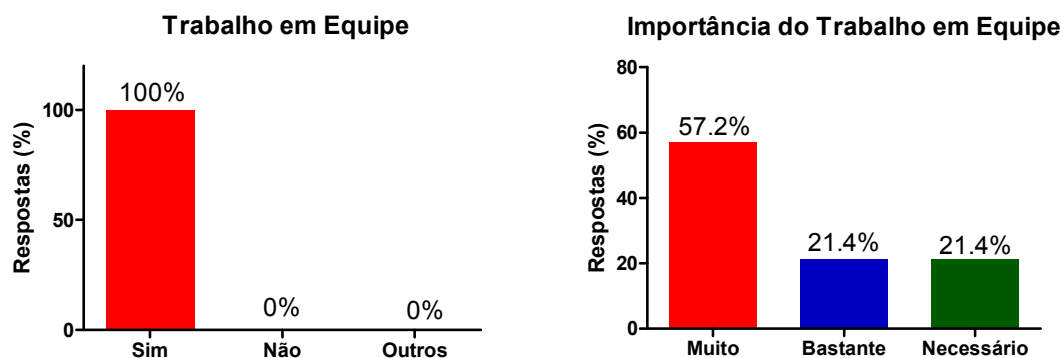


Figura 31 – Trabalho em equipe (esquerda) e sua importância para o perfil do engenheiro (direita) - Projeto Engenharia nas Escolas

A melhoria na "*capacidade de comunicação*", tanto escrita quanto oral, alcançou 100% de respostas positivas (Figura 32). Visões dos participantes: "... [foi a] capacidade que mais aprimorei..."; "... melhorou minha comunicação tanto oral com escrita. [...] foi algo extremamente positivo, visto [sic] que na vida profissional esta habilidade será extremamente útil..."; "... Mais oral que escrita [que] envolve a discussão interna entre os participantes, o contato com as escolas e, claro, as apresentações para os alunos. Muito bom projeto para isso!..."; "... consegui melhorar minha capacidade de comunicação, ficando mais calmo na hora de falar em frente ao público..."; "... ajudou no desenvolvimento da comunicação oral com o público..."; "... ajudou muito a melhorar minha capacidade de comunicação oral para apresentar as palestras como dialogar com os outros estudantes...";

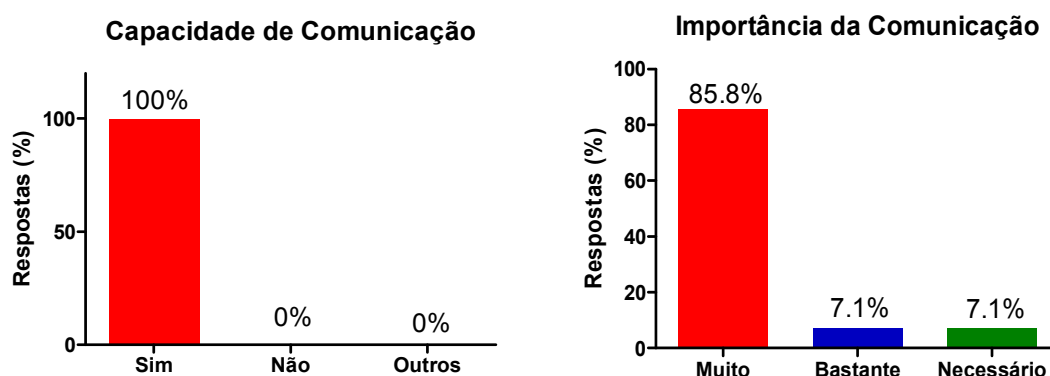


Figura 32 – Capacidade de comunicação (esquerda) e sua importância para o perfil do engenheiro (direita) - Projeto Engenharia nas Escolas

Algumas visões adicionais: "... é um dos projetos que mais me incentivaram a desenvolver a capacidade de comunicação em público..."; "... faz com que trabalhemos uma habilidade que não é muito incentivada em matérias comuns do curso de engenharia e é muito importante para o mercado de trabalho..."; "... capacidade de

comunicação que de forma surpreendente [foi] melhorada após o projeto..."; "... comunicação tanto oral quanto escrita foram bastante utilizadas durante todo o projeto, além da criatividade para lidar com o público...."; "... [reforçou] a capacidade de comunicação, [enfrentando] um certo receio de falar em público e desenvolvendo a maneira de se expressar que fosse mais efetiva para quem escutava...."

Registrou-se também consciência sobre a importância da comunicação para o perfil profissional, com quase unanimidade, quando se consideram as respostas "*Muito Necessário*" e "*Bastante Necessário*" (Figura 32) sobre esta competência.

Sobre a *avaliação e autoavaliação* observa-se fato já detectado em outras situações: existem indícios que os alunos, de forma geral, associam a avaliação à utilização de formulários, questionários ou verificação de conhecimentos - como nas disciplinas curriculares - e não à postura de efetuar julgamentos baseados em critérios e padrões. Sendo a avaliação um dos mais elevados níveis da Taxonomia de Bloom, não soa estranho que esta situação possa ocorrer, especialmente se não existe consciência clara e explícita destes conceitos.

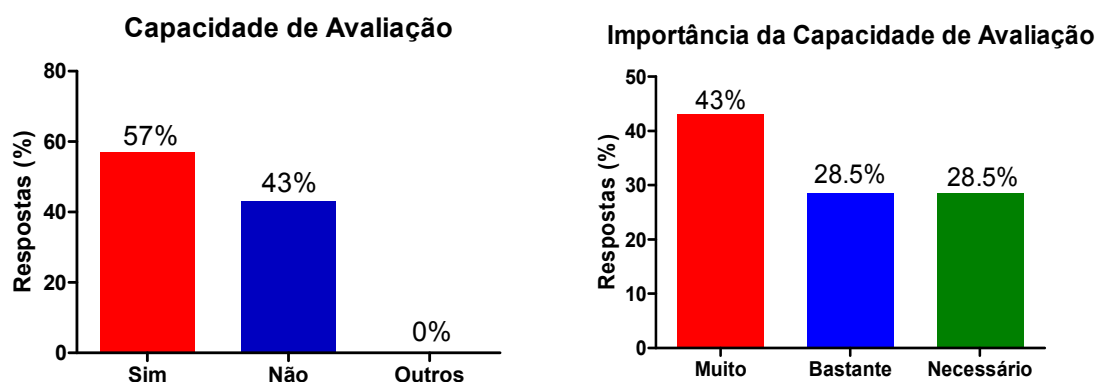


Figura 33 – Capacidade de avaliação (esquerda) e sua importância para o perfil do engenheiro (direita) - Projeto Engenharia nas Escolas

As respostas, para esta situação, (Figura 33) mostram valor superior para os que declararam utilizar avaliação no projeto *versus* os que declaram não ter efetuado avaliações (57% x 43%). Apesar desta situação, observa-se que existe consciência da importância da avaliação para o trabalho do engenheiro, pois 70% consideram que procedimentos de avaliação/autoavaliação são muito/bastante necessários na vida profissional. Algumas transcrições: "*.... autoavaliação é muito necessária dentro do projeto, aprimorei bastante esse quesito em minha formação....*"; "*.... avaliação é [...] muito difícil para qualquer pessoa, ainda mais sendo autoavaliação. Sempre crescemos com isso....*".

8.3. Avaliação das Atividades desenvolvidas no PET - Elétrica

O aspecto mais destacado do presente trabalho - e colocado como ponto de discussão e reflexão - refere-se aos impactos educacionais na formação dos alunos, integrantes do Programa de Educação Tutorial - PET da Engenharia Elétrica, considerando-se o conjunto de atividades que desenvolvem, enquanto petianos. Analisou-se, nas seções anteriores, projetos específicos, selecionados dentre os diversos desenvolvidos no PET, com emprego de aprendizagem ativa, como a aprendizagem colaborativa, aprendizagem cooperativa e PjBL e utilizando a visão do alinhamento construtivo de Biggs. Seus impactos de aprendizagem foram conhecimentos técnicos necessários aos engenheiros (*"hard skills"*), mas também as competências transversais, valores e atitudes (*"soft skills"*) integrantes do perfil profissional do engenheiro, mas geralmente, e sistematicamente, negligenciadas nos currículos convencionais, visões pedagógicas e posturas metodológicas associadas às aulas expositivas.

Considerando-se a disponibilidade temporal para realização do trabalho, possibilidade de contato com egressos, procedimentos avaliativos possíveis e atividades e estratégias pedagógicas utilizadas quando da pertinência do universo amostral ao Programa, foram estabelecidas algumas diretrizes:

1) Dentre as competências transversais sugeridas por Felder e equipe [13, 54, 55, 56, 57, 58], desejáveis para o perfil profissional de egressos, selecionou-se cinco que, na visão do autor, são de melhor percepção pelos entrevistados e mais habituais no desempenho das atividades profissionais: aprendizado independente, interdependente e contínuo; solução de problemas, pensamento crítico e criatividade; habilidades interpessoais, de grupo e de equipe; habilidades de comunicação e avaliação e autoavaliação. Competências como *"integração do conhecimento disciplinar"* e *"adaptar-se às mudanças"*, ainda na visão do autor, apresentariam maior complexidade para percepção e avaliação, em questionários, para os entrevistados, sem discussão presencial, razão de sua não inclusão;

2) Foram entrevistados 66 integrantes do PET Engenharia Elétrica, sendo 54 egressos e 12 petianos que, quando da avaliação, ainda integravam o programa. A amostra contempla egressos que se graduaram desde 2007, estando, portanto, há mais de 08 anos no mercado profissional, atuando como engenheiros, onde puderam aquilatar, e verificar, de que forma as atividades desenvolvidas no PET - Elétrica, durante a graduação, impactaram sua formação, seus perfis profissionais e auxiliam no desenvolvimento de suas atividades como engenheiros. A seleção deste período levou em consideração que, somente na última década, as posturas pedagógicas adotadas no PET se consolidaram de acordo com as bases conceituais, visões e estratégias discutidas ao longo deste trabalho;

3) Questionou-se aos entrevistados *se as atividades desenvolvidas, enquanto petianos, propiciaram oportunidades de trabalhar as competências selecionadas, como visualizam sua importância para o trabalho do engenheiro e sua percepção sobre o impacto destas atividades, sugerindo que se expressassem da forma mais livre e honesta possível*. Os resultados apresentados, assim, contemplam uma parte quantitativa, mas, principalmente, *impressões qualitativas*, mais ricas, complexas e importantes que as quantitativas, razão pela qual serão parcialmente transcritas. Entre a aridez dos números e a riqueza das percepções, optou-se pela última, mesmo com consciência de sua carência didática.

Os resultados obtidos serão expostos a seguir, com a devida discussão.

a) Aprendizado independente, interdependente e contínuo

Questionou-se se durante as atividades desenvolvidas no PET houve necessidade de buscar novos conhecimentos, ainda não abordados nas disciplinas curriculares, mas necessários à execução das atividades planejadas, verificando-se, adicionalmente, como construíram estes novos conhecimentos. Aquilatou-se, então, se as atividades desenvolvidas estão induzindo um desenvolvimento ao longo do modelo cognitivo de Perry [148], haja vista que a aprendizagem interdependente caracteriza estágio mais elevado do desenvolvimento cognitivo, normalmente acima da média dos estudantes de engenharia²³.

Observa-se 97% de respostas positivas (Figura 34), associadas à *necessidade de buscar e apreender novos conhecimentos*, necessários à execução das atividades propostas no PET- Elétrica; a maioria construiu estes novos conhecimentos de forma colaborativa com os demais integrantes da equipe e/ou do programa, ou de forma individual, cada qual com 70% de indicações (Figura 34); somente parcela minoritária buscou suporte junto aos professores, aí incluído o Tutor, com 36%.

Alguns depoimentos: *"... estudando por conta própria [ou] pedindo auxílio a petianos mais experientes e professores [...]... no projeto do carregador solar portátil pra celular [...] todo o grupo teve que estudar sobre baterias para escolher a mais adequada..."* ; *"... necessidade de buscar conhecimento [...] quando tive que lidar com Java no projeto das Fontes Chaveadas..."* ; *".. o PET promove atividades diferenciadas e cada uma delas exige um conhecimento diferente. [...] busquei conhecimento por conta própria, [...] com professores ou petianos mais experientes.."*; *"...sempre precisava de novas informações para os projetos, os alunos mais antigos eram as pessoas que mais me ajudavam [...]...só recorria a ajuda de professores*

²³ Ver Seção 7.5

quando precisava de recurso não disponível..."; "...constantemente! Sempre que um conhecimento novo era necessário para um projeto, busquei ajuda com alunos veteranos do próprio PET, ou resolvia o problema 'por conta própria..'; "... tive que procurar em outras fontes, Internet, apostilas, outros laboratórios, recursos para aprender a programar em Ladder para a planta de processos do laboratório de controle... ";"tive necessidade de buscar novas informações/conhecimentos. Nunca procurei um professor, mas sempre um petiano mais antigo".

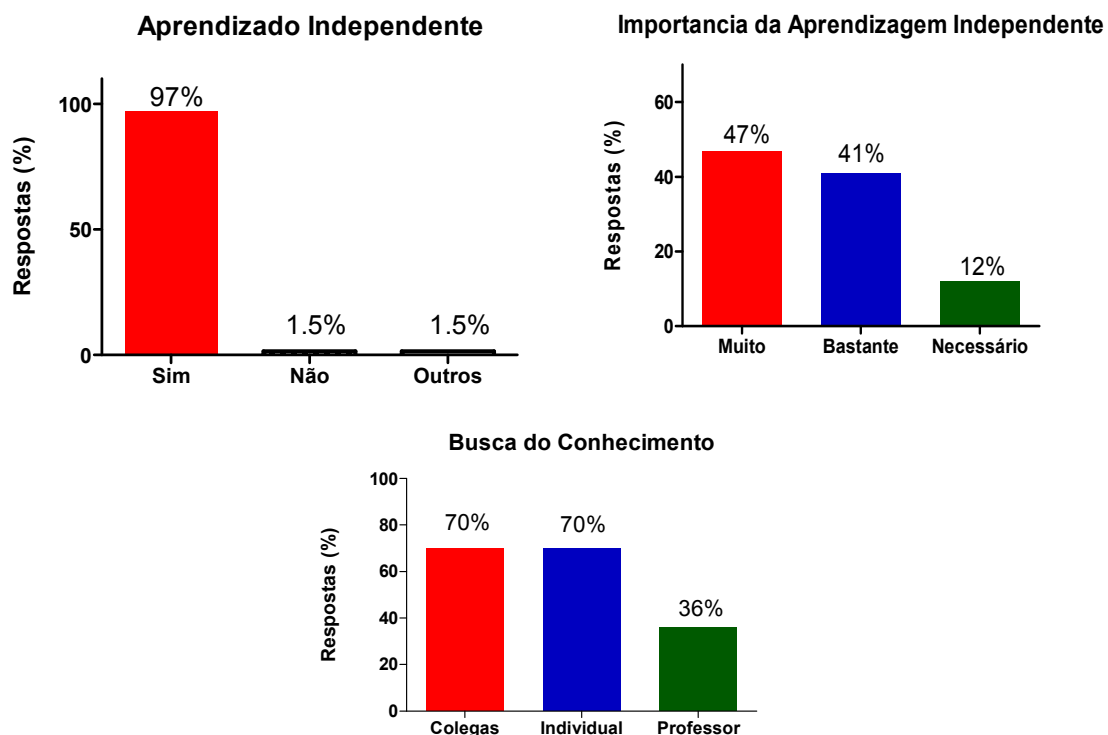


Figura 34 – Aprendizagem Independente (esquerda), sua importância (direita) e meios de aprendizagem utilizados (abaixo) - Atividades do PET

Sobre a importância para a vida profissional, verifica-se que 88% das respostas destacaram o "*Muito Necessário*" e "*Bastante Necessário*", (Figura 34), podendo-se deduzir, com certa segurança, que muitos egressos estão vivenciando, ou já vivenciaram, esta situação em seus afazeres profissionais. Observa-se, também, a importância do grupo como espaço de aprendizagem, troca de informações e construção de conhecimentos, com suporte de alunos mais experientes do grupo.

b) Solução de Problemas, Pensamento Crítico e Criatividade

A utilização do *pensamento crítico e da criatividade* para resolver problemas inesperados, quer técnicos, quer de gerenciamento, foi também investigada, verificando-se percentual superior a 80% de ocorrência de *situações problema*,

desde questões prosaicas até dificuldades técnicas associadas aos projetos, vivenciadas durante o desenrolar das atividades, como integrantes do PET-Elétrica (Figura 35). Estas situações englobam, por um lado, questões técnicas: "... [...] dificuldade de pensar uma alternativa simples e barata para os cabos que conectariam os motores, que girariam com o tampo da mesa, à fonte de alimentação, que ficaria fixa. Usamos a criatividade e encontramos uma solução...."; "... tivemos muito pouco tempo para preparar nosso time do 'futebol de robôs'. ...[...] nossos robôs não funcionavam bem e tivemos que improvisar na parte mecânica e no código para deixá-los minimamente funcionais para a competição..."; "... a impressora 3D interrompeu a impressão [...] e tive que reprogramar algumas etapas, além de contornar o problema do descolamento da peça à mesa, mas consegui reiniciar a impressão, sabendo que só teria uma única chance..."; "...no desenvolvimento de um supervisor em JAVA [...] foi necessário encontrar uma solução para a comunicação entre o computador e uma placa de desenvolvimento para controle do processo..."; "...às vésperas do deadline para submissão de um artigo [...] sobre um projeto [...] de controle MIMO, por duas vezes um equipamento de custo razoável queimou. Construí então um equipamento para sua reposição [tendo que] idealizar vários subsistemas e adaptá-los. [...] obtive um equipamento mais estável e confiável que o modelo comercial e de baixíssimo custo..."

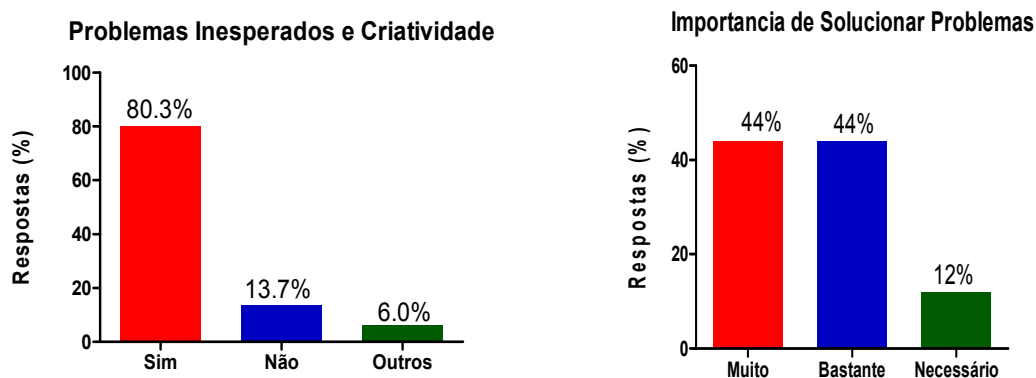


Figura 35 – Criatividade na solução de problemas (esquerda) e sua importância no perfil profissional (direita) - Atividades do PET

Mas outras situações, de caráter gerencial, e mesmo operacional, desafiavam a criatividade dos entrevistados: "... no debate do calouro web tive que desenrolar o debate sozinho, pois o projetor não funcionava"; "... quando alguns problemas técnicos aconteciam [e] tive que falar de algo sobre o qual não tinha estudado tão profundamente, apenas tinha um conhecimento prévio...."; "... resolver problemas relativos a gestão dos projetos: uma pessoa 'mata' o horário e com isso ter que colocar outro no lugar em cima da hora; e no Mindstorm que organizei, o problema relativo a luminosidade do local e a adaptação de alguns robôs para a competição. Ambos não foram previstos mas resolvidos usando a criatividade de todo o grupo.....";

"..... ao me deparar que (sic) as salas reservadas para o debate do calouro web estavam sendo usadas por outros professores..."; "..... nossos projetos eram criados por nós mesmos e tínhamos recursos financeiros limitados, por diversas vezes foi necessário usar a criatividade e contornar imprevistos. As vezes tínhamos componentes limitados e não dispúnhamos dos equipamentos adequados, desta forma tínhamos que criar uma solução com o recurso disponível....".

88% dos entrevistados destacaram a importância deste atributo para o perfil profissional engenheiro (Figura 35), assinalando as opções *"Muito Necessário"* e *"Bastante Necessário"*.

c) Habilidades interpessoais, de grupo e de equipe

Na criação de oportunidades para o desenvolvimento/reforço das *habilidades interpessoais, capacidade de trabalho em equipe e discussão de idéias em grupo*, as respostas positivas superaram 86%, com os entrevistados afirmando que desenvolveram e reforçaram esta capacidade durante suas atividades no PET-Elétrica, contribuindo positivamente para sua formação (Figura 36).

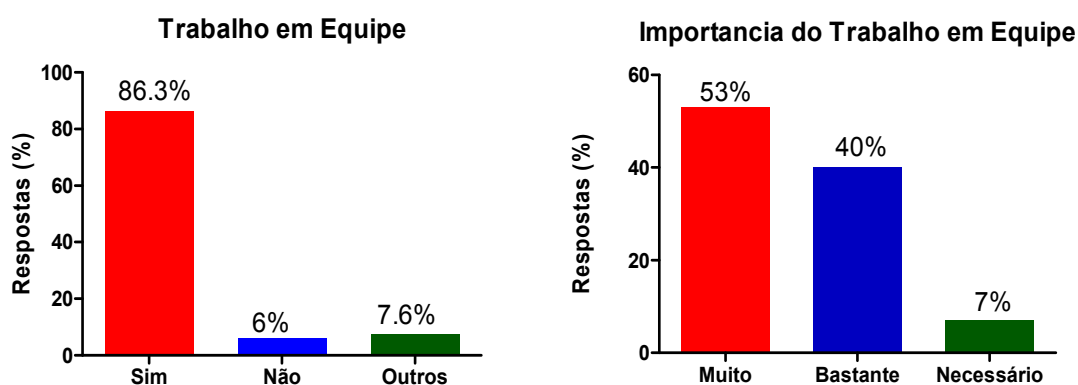


Figura 36 – Trabalho em equipe (esquerda) e sua importância no perfil profissional (direita) - Atividades do PET

Ressaltam-se, como nos demais itens, respostas que ilustram a percepção dos entrevistados sobre a participação efetiva em equipes de projeto, e como impactou sua formação. Pelo teor das respostas tomou-se a liberdade de transcrevê-las em quantitativo maior, haja vista seu teor incisivo e importância para o trabalho:

"... participar de uma equipe, ou seja, saber lidar com opiniões e comportamentos diferentes, não é uma tarefa simples. Antes de entrar no PET, nunca tinha tido tal experiência, e acho que talvez seja o aprendizado mais importante [...] durante minha participação...."; "....avalio positivamente a experiência de trabalho em equipe.[...]. Nos projetos que desenvolvi no PET [...] o trabalho em equipe foi muito

bem executado. A experiência foi especialmente especial, ensinando a ouvir melhor a opinião alheia, ensinando muitas vezes a liderar...."; "... foi enriquecedora ao permitir-me amadurecer as qualidades necessárias para trabalhar em equipe [...] manter o ambiente harmônico e construtivo mesmo quando indivíduos apresentam posições distintas acerca de certo tópico. Muitas vezes, mesmo não concordando com a decisão tomada, tive que acatar e me adaptar para manter o andamento....".

Os depoimentos prosseguem, no mesmo teor, valorizando a aprendizagem do trabalho em equipe e como solucionar problemas e conflitos:

"... aprendizado sem precedentes. [...] ... conversar, trocar idéias mantendo a cabeça sempre aberta a diferentes opiniões. Entender que se trata de um grupo, portanto, quando um falha todos falham. Assim, ser responsável e comprometido com o projeto são aspectos que devem estar presentes. O trabalho em equipe é difícil, mas com a amizade entre os integrantes e o ambiente de constante aprendizado tornam essa uma experiência rica e única, em que, certamente levarei adiante em minha vida....."; "... coordenar pela primeira [vez] um projeto na universidade foi de (sic) grande desafio pra mim e grande crescimento acadêmico, pois aqui o trabalho em grupo não era mais com estagiários ou operários, era com universitários, calouros, professores e tutores, notei que a maneira em que tomava certas decisões tinha que ser repensadas [sic], agora tinha que ser de uma forma onde todas as pessoas estivessem de acordo com a sugestão, a capacidade de como escutava as pessoas tinha que ser melhorada e feita de maneira mais calma, devendo até aceitar às vezes opiniões que não julgava corretas mais que no conjunto seriam mais corretas....."; "... ótima experiência. Chama atenção a forma diferente de cada um trabalhar e como cada um agrega de forma diferente no trabalho. [...] o trabalho em equipe desenvolve o senso crítico e de avaliação, por trabalhar com opiniões diferentes e ter que julgar a melhor delas; a habilidade de se comunicar em público e a argumentação, por ter que expressar sua opinião e convencer os demais de sua validade....".

Outras impressões: *"... foi ótima. Apreendi muito em relação à cooperação do trabalho em equipe, aceitar e fazer críticas, prazos, objetivos, apresentação de resultados, etc...."; "... as experiências foram incríveis. O Engenheiro é um profissional muito técnico e ele precisa saber lidar com pessoas também. São as pessoas que movem as organizações e as empresas. Trabalhar com pessoas, em equipe, resolver problemas, fazer 'brainstorm', respeitar a opinião do próximo e compartilhar conhecimentos são alguns dos aspectos que mais chamaram a minha atenção nos trabalhos em equipe....."; "...a experiência adquirida nesses projetos é algo que não se aprende em sala de aula. A capacidade de argumentar, defender um ponto de vista e liderar uma equipe foram trabalhadas ao extremo....".*

Outras visões: *"...experiência necessária e bastante educativa, pois até então eu era um sujeito muito individualista, [fazia] as coisas do meu jeito, escutava pouco [e] não confiava na capacidade dos outros. O PET me ajudou a alterar esse meu modo errôneo de trabalhar [...] a desenvolver a habilidade de escutar os demais, a aceitar as sugestões, a confiar nas habilidades dos meus colegas de trabalho, a perceber que cooperação e auxílio são importantes [e] a importância de respeitar os prazos para o cumprimento das [...] etapas de um projeto [que] pode sofrer danos irreparáveis se uma das partes não executa sua tarefa a tempo...."; "... a experiência de trabalhar em equipe foi uma das características que tornaram a experiência do PET única, o que chama a atenção é o aumento de rendimento do grupo como um todo quando se trabalha dessa forma..."*.

Verificaram-se questões associadas à *"liderança da equipe e gestão de conflitos"* que, naturalmente, surgem nos projetos e atividades, notando-se que 72% dos participantes (Figura 37) afirmaram, positivamente, que vivenciaram oportunidades onde puderam exercitar estas competências, e que procedimentos utilizaram, enquanto mais de 86% (Figura 37) afirmaram ter vivenciado *situações de proatividade e participação* nos trabalhos. Algumas visões:

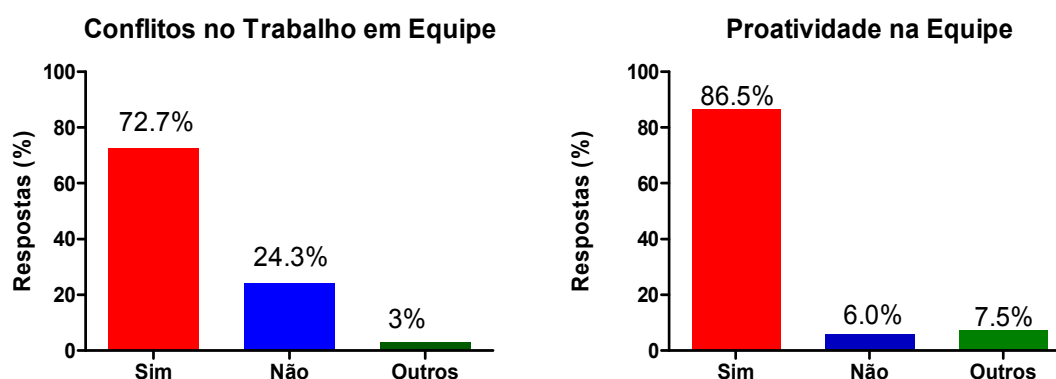


Figura 37 – Conflitos no trabalho em equipe (esquerda) e proatividade no trabalho em equipe (direita)- Atividades do PET

"... problemas foram solucionados através de conversas entre a equipe...."; "...ocorreram [...] problemas, a maioria por falta de comunicação, mas foram todos resolvidos após conversas..."; "... alguns conflitos devido a opiniões diferentes mas sempre foi resolvido da melhor maneira possível para o projeto...."; "...houveram divergências de idéias porem chegamos a um acordo com reuniões e discussões..."; "...sempre ocorrem conflito de opiniões, mas soube gerencia-los sem criar nenhum tipo de atrito pessoal entre os integrantes do grupo...."; "... sempre aconteciam discussões no desenrolar do trabalhos. Mas eu, como egressa, guardo como exemplo a forma como costumávamos nos relacionar na minha época [...] discussões eram

inevitáveis, mas quando as reuniões acabavam, estávamos todos sem rancores. Nunca estive em um grupo que lidava de maneira tão profissional e madura com as adversidades do convívio no trabalho...."; "... conflitos surgiam de acordo com os objetivos da equipe. Opiniões divergentes, sempre solucionadas com conversa...."; "... sim. Por se tratar de um grupo com pessoas que tem visões diferentes, surgem conflitos. Mas todos eles são resolvidos discutindo e mostrando cada ponto de vista...."; "... conflitos ou problemas [...] eram presentes, mas não no caráter pessoal [...] resolvido sempre com a presença e discussão por parte dos membros e em último caso, o tutor era o responsável por ponderar os pontos de vista e decidir o que parecia ser a melhor opção....".

Destacam-se, finalmente, outras visões: "...em todo trabalho em equipe, por melhor que seja a coordenação, cooperação e trabalho em prol do objetivo em comum, sempre poderá aparecer [...] conflito, especialmente [...] como gerenciar a equipe ou como avaliar o desempenho dos envolvidos. [...] a solução foi ouvir a opinião dos demais, avaliar o que seria melhor para não gerar mais conflitos, e adequar o projeto e método de avaliação a essas novas decisões...."; "... relativos ao modo de pensar e como cada um achava que devia ser realizado determinada atividade. Para solucionar tais impasses, diálogos eram feitos [...] entrando em consenso para tentar atender a todas as idéias e as que eram mais criativas para que as atividades funcionassem...."; "... solucionados com diálogo buscando possíveis concessões das partes conflitantes [para] não prejudicar o andamento dos trabalhos...."; "... comuns os conflitos interpessoais durante trabalhos em equipe no PET. [...] entrávamos em consenso [sobre] a melhor decisão ou escolha em prol da equipe [...] um ou mais integrante entrava em desacordo depois da decisão, porém respeitavam a equipe....".

Dada a importância do trabalho em equipe para a engenharia, uma profissão naturalmente cooperativa, entende-se a razão pela qual 93% (Figura 36) destacaram este atributo como "Muito Necessário" e "Bastante Necessário", expressando, possivelmente, situações que estão vivenciando em sua prática profissional como engenheiros.

d) Habilidades de comunicação

O reforço da *capacidade de comunicação* foi outro aspecto avaliado, observando-se quase unanimidade dos entrevistados, com 94% (Figura 38) indicando que reforçaram esta capacidade no desenvolvimento das atividades enquanto petianos. São resultados coerentes, pois a capacidade de comunicação é trabalhada de forma intensiva, e extensiva, no PET - Elétrica. Estas oportunidades englobam palestras semanais, durante as reuniões do grupo, discussões e avaliações dos projetos em andamento, cursos ministrados para os demais alunos, apresentações para os calouros e alunos do ensino médio, nos diversos projetos (Engenharia nas Escolas,

Calouro Web 2.0, Desafio LinuBot, Eficiência Energética nas Escolas) bem como participação, com apresentação de trabalhos, em congressos científicos. Ressalte-se que, nas reuniões semanais, a língua utilizada é o inglês, tanto para as apresentações como para as discussões. Algumas impressões dos alunos:

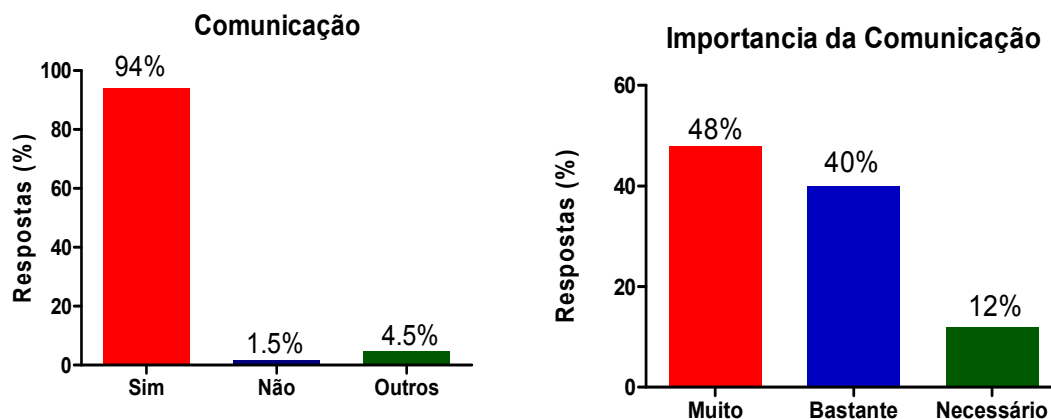


Figura 38 – Capacidade de comunicação (esquerda) e sua importância no perfil profissional (direita)- Atividades do PET

"... um dos pontos que mais desenvolvi [...] no PET, minha capacidade de comunicação em relação ao público melhorou muito..."; "...tive que melhorar minha capacidade de comunicação em publico. Alem disso, as reuniões semanais me ajudam a desenvolver a capacidade de expor minha opinião e discutir problemas em equipe..."; "... foi um dos aspectos que mais desenvolvi na minha estada no PET. Projetos [...] como o Calouro Web me estimularam a desenvolve-la, assim como as reuniões em inglês...."; "... [...] a estada no Pet me deu a oportunidade de melhorar várias características, as quais na graduação teria poucas oportunidades de treinar..."; "... minha capacidade de comunicação oral e escrita foram muito desenvolvidas. Os cursos, apresentações, palestras e artigos ajudaram a desenvolver minha capacidade de organizar os pensamentos e idéias de forma clara e objetiva..."; "... é um dos pontos fortes de ter participado do PET, a comunicação oral é amplamente trabalhada em quase todos os projetos, principalmente naqueles onde são realizadas apresentações em público..."

Outras impressões: *"...aspecto que mais cresci. Conhecimento técnico é aprendido muitas vezes em sala, e o PET contribui demais para complementar. Mas a habilidade para se expressar bem e de maneira correta, sabendo para quem você está falando e usando o tempo a seu favor [...] no PET essa habilidade é desenvolvida e a melhora se torna nítida ..."; "...ajudou bastante. Eu era muito tímido neste aspecto, com a convivência no PET meu relacionamento com as pessoas melhorou bastante...";"... o PET me ajudou a melhorar a minha comunicação. Com relação ao meu inglês, então*

nem se fala! Precisei, e muito, usar da minha capacidade de comunicação. [...]... extremamente relevante para a minha formação....";"

Estas visões ilustram, claramente, porque 88% dos entrevistados (Figura 38) consideram a capacidade de comunicação como *"Muito Necessário"* e *"Bastante Necessário"* no desenvolvimento das atividades profissionais do engenheiro.

e) Avaliação e auto-avaliação

Outra competência, que ocupa posição de alto nível da Taxonomia de Bloom, é a *capacidade de avaliação e auto-avaliação*, atributo também trabalhado pelos petianos nas atividades e projetos. Embora o quantitativo de respostas positivas - ou seja, que tiveram oportunidades de utilizar e praticar procedimentos de avaliação e auto-avaliação no PET- Elétrica - seja igual a 70% (Figura 39), chama a atenção um quantitativo maior de respostas negativas e com outros conteúdos, cada qual com 15%, respectivamente, e que será discutido nas conclusões.

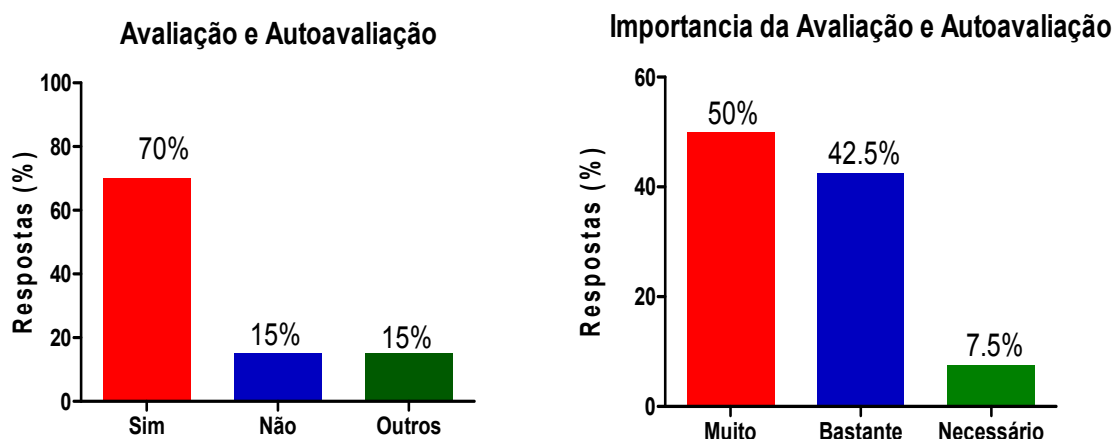


Figura 39 – Capacidade de avaliação e autoavaliação (esquerda) e sua importância no perfil profissional (direita)- Atividades do PET

Algumas colocações: *"... procedimentos de avaliação contribuíram na minha formação, pois me ajudaram a desenvolver pensamento crítico...."; "... precisei utilizar e [...] contribuiu para minha formação, pois até então nunca estive no lugar do avaliador, e essa visão enriqueceu meu entendimento do processo como um todo..."; "... ao final de projetos que coordenei realizei avaliação com os membros [...] sendo possível levantar as principais falhas e avaliar meu desenvolvimento pessoal e profissional. Os critérios de avaliação tornaram-se mais completos e globais após a estada no PET...." ; "...avaliar pessoas de modo a'selecioná-las' é algo muito difícil. Aprendi bastante com isso".*

Outros depoimentos: *"... foi muito importante pois saber avaliar é habilidade fundamental para quem pretende liderar equipes de trabalho..."; "... no PET descobri como é difícil avaliar as pessoas e o trabalho feito por elas. Entretanto, foi necessário que fizéssemos varias avaliações, o que me fez sentir mais segura sobre esse processo..."; "... sou muito grato pelas oportunidades, pois aguçam muito o espírito crítico. A avaliação é a parte mais difícil do processo e inspiram (sic) muita reflexão, [...] e a gente nunca acerta todas. Mas passar por este processo gera muito amadurecimento..."; "... inúmeras vezes precisamos avaliar projetos dentro do PET [...] contribuem para o aprimoramento pessoal e do projeto [...]. O mercado de trabalho, a todo momento avalia sua performa-se [sic] [...] essas avaliações contribuem para o enriquecimento do aluno como futuro participante deste mercado...."*

Sobre a importância da capacidade de comunicação para a prática da engenharia, 92% (Figura 39) consideram-na a como *"Muito Necessário"* e *"Bastante Necessário"* como integrante do perfil profissional do engenheiro.

8.4. Conclusões

Foram apresentados, neste capítulo, quatro projetos que ilustram o trabalho desenvolvido no PET, com impactos diferenciados na formação dos alunos e em seu perfil profissional: o **"Laboratório Casa Sustentável"** e o **"Heliodon"**, cujos impactos esperados envolveram tanto as competências transversais (*"soft skills"*), bem como conhecimentos técnicos e sua aplicabilidade (*"hard skills"*) e os projetos **"Calouro WEB 2.0"** e **"Engenharia nas Escolas"**, cujos impactos centram-se mais nas competências transversais (*"soft skills"*), atitudes e valores dos estudantes.

Apresentou-se, também, avaliações efetuadas por 66 integrantes do PET- Elétrica, sendo 54 egressos e 12 petianos, contemplando egressos que estão há mais de 08 anos no mercado profissional, atuando como engenheiros, e que puderam aquilatar de que forma as atividades desenvolvidas no PET - Elétrica, durante a graduação, impactaram sua formação, seus perfis profissionais e auxiliaram no desenvolvimento de suas atividades como engenheiros. Foram avaliadas cinco competências: aprendizado independente, interdependente e contínuo; solução de problemas, pensamento crítico e criatividade; habilidades interpessoais, de grupo e de equipe; habilidades de comunicação e avaliação e autoavaliação.

Uma discussão geral dos resultados será apresentada no Capítulo 9, a seguir.

9. Conclusões Finais

9.1. Introdução

Iniciou-se este trabalho com uma visão histórica da engenharia, abordando fatores que impactaram o *"fazer"* do engenheiro e os novos paradigmas que advieram para sua formação. Verificou-se, então, a relação entre as engenharias e a Segunda Revolução Industrial e, mais recentemente, a influência da *"Tripla Convergência"*, que, estruturando as bases de uma nova plataforma global, impactou as estruturas organizacionais produtivas alterando, conseqüentemente, os componentes que integram os perfis profissionais dos engenheiros.

Abordou-se, na sequência, os movimentos institucionais mundiais para renovação da educação em engenharia, com destaque para as *"Engineering Education Coalitions"*, os *"Engineering Criteria 2000 - EC2000"*, os *"Washington Accord"*, *"Sydney Accord"* e o *"Dublin Accord"*, relativos às engenharias, além do *Tratado de Bolonha*, de caráter mais amplo, e as diretrizes da *ASIBEI* para a Iberoamérica. Destacou-se, para o caso brasileiro, os programas *PRODENGE* e *REENGE*, o *INOVA Engenharia* e as *Diretrizes Curriculares para a Engenharia - DCN 2002*.

Discutiu-se, então, o perfil profissional do engenheiro, formado pelos *conhecimentos técnicos*, pelas *competências* que gerenciam e aplicam estes conhecimentos e as *atitudes* e *valores*, que ditam os objetivos para os quais as competências e conhecimentos estarão direcionados. Analisou-se, a seguir, dentro dos paradigmas da relação ensino-aprendizagem, as concepções *objetivista*, *subjetivista*, *cognitivista* e *sócio-histórica* que orientam o ensinar e o aprender, com detalhes para a perspectiva sócio-histórica, de Vygotsky, e o conceito da *Zona de Desenvolvimento Proximal - ZDP*, importantes para o presente trabalho.

As principais estratégias de aprendizagem ativa, como a *aprendizagem colaborativa*, a *aprendizagem cooperativa*, a *aprendizagem baseada em problemas - PBL* e a *aprendizagem baseada em projetos - PjBL*, foram então analisadas, discutindo-se, em maiores detalhes, bases conceituais e operacionais das estratégias *PBL* e *PjBL* e sua adequação às engenharias. O subsídio à estruturação das atividades, reflexões e avaliações dentro do PET - Elétrica, basicamente a *"Taxonomia de Bloom"*, o *"Alinhamento Construtivo de Biggs"*, a *"Metacognição"* e as *"Dimensões do Conhecimento de Perry"* foram então introduzidas.

Apresentou-se, em prosseguimento, os resultados de avaliações, efetuadas pelos petianos, sobre os possíveis impactos em sua formação, e em seu perfil profissional, por seu envolvimento nas atividades e projetos desenvolvidos

durante sua estada no PET- Elétrica. Como analisado, destacou-se a preocupação do tutor, adicionalmente à complementação dos conhecimentos técnicos ("*hard skills*"), com o reforço das competências transversais ("*soft skills*") dos estudantes.

No traçado de posturas e estratégias operacionais para orientar as ações desenvolvidas, o conceito vygostkyano das ZDPs, ao qual se buscou aderência, se destaca, direcionando as ações para trabalhos coletivos, sob supervisão do tutor, com temas e proposições que representam desafios intelectuais, motivadores e desafiadores, para os estudantes. A multidisciplinaridade é sempre reforçada e utilizada, quando as oportunidades permitem, ampliando a visão dos envolvidos e confrontando-os com novas situações de trabalho, solução de problemas e aprendizado interdependente.

Acorde com as diretrizes da literatura sobre educação em engenharia prioriza-se atividades e posturas que reforçam, nas dimensões do conhecimento, seus aspectos metacognitivos e, nas dimensões dos processos cognitivos, níveis superiores da *Taxonomia Revisada de Bloom*. Busca-se alcançar os impactos educacionais utilizando, extensiva e intensivamente, procedimentos de avaliação, autoavaliação, autoquestionamento, confronto de idéias e críticas. Adicionalmente, os impactos educacionais associados às atividades, estabelecidos de forma clara para os envolvidos incluem, sempre que possível, verbos associados às dimensões superiores da *Taxonomia de Bloom*, ou seja, "*Analisar*", "*Avaliar*" e "*Criar*".

Coerente com as bases conceituais apresentadas não se negligencia conexões entre os *impactos esperados da aprendizagem* - IEAs, as *atividades de ensino-aprendizagem* - AEAs e as *tarefas avaliativas* - TAs adotando-se as diretrizes do *Alinhamento Construtivo de Biggs*, estabelecendo sempre, clara e explicitamente, para os envolvidos, os impactos esperados em seu perfil profissional. As posturas pedagógicas utilizadas são sempre indutivas, centradas no aluno, com destaque para a aprendizagem colaborativa, cooperativa e, principalmente, aprendizagem baseada em projetos - *PjBL*, com as adequações necessárias à dinâmica do PET.

Busca-se, também, incluir atores sociais e ambientes de aprendizagem distintos na construção do perfil profissional dos estudantes, agregando-se atores e ambientes diversos no processo educacional, tornando a aprendizagem mais significativa, útil, contextualizada e possibilitando percepção mais global da realidade.

Incentiva-se, sempre, atividades que propiciem crescimento na escala do *Modelo Cognitivo de Perry*, adotando-se diversificação das atividades, participação em equipes de projeto e multidisciplinares, reforço da diversidade e experiências com pontos de vista contraditórios, conflitos e paradoxos, confronto constante com visões alternativas e improbabilidade de resposta única para problemas abertos e

complexos, sempre abordados com os alunos.

Apresentou-se, finalmente, avaliações dos alunos sobre os projetos "**Laboratório Casa Sustentável**" e "**Heliodon**", cujos impactos esperados envolveram as competências transversais ("*soft skills*"), os conhecimentos técnicos e sua aplicabilidade ("*hard skills*") e os projetos "**Calouro WEB 2.0**" e "**Engenharia nas Escolas**", cujos impactos priorizam as competências transversais ("*soft skills*"), atitudes e valores dos estudantes. Apresentou-se, ainda, a avaliação efetuada por 66 integrantes do PET, sendo 54 egressos, verificando os impactos em seus perfis profissionais pelas atividades desenvolvidas enquanto integrantes do programa e como as visualizam, na ótica de profissionais inseridos no mercado de trabalho.

Considerando-se que a proposta deste trabalho, como colocado, é trazer, para reflexão, discussão e análise crítica os procedimentos, diretrizes e resultados das atividades do PET- Elétrica ao longo dos últimos anos, verificando sua efetividade e, onde cabível, correção de rumos, far-se-á agora esta discussão.

9.2. Discussão dos Resultados

Aspecto primeiro a mencionar, como já assinalado (Capítulo 08, Seção 8.2) é a consciência do autor sobre as complexidades associadas aos procedimentos avaliativos, especialmente autoavaliações, que subsidiaram os resultados a seguir analisados. Viu-se que, em que pesem aspectos débeis nos procedimentos de autoavaliação, seu emprego pode conduzir a resultados consistentes, especialmente se há consciência destas debilidades e meios são utilizados para minorá-los, como aqui efetuado, razão pela qual será suposto que os resultados expressam, realmente, uma percepção verdadeira ou, pelo menos, não assimétrica, sobre os impactos obtidos pelos alunos na formação de seu perfil profissional.

Estabelecidas estas bases coloca-se, como primeiro ponto de destaque, a percepção dos entrevistados que os procedimentos adotados para a educação em engenharia no PET - Elétrica *estão possibilitando a construção de um perfil profissional, para o egresso, em total concordância com as demandas atualmente existentes*, em conformidade com as análises dos Capítulos 02 e 03. Foi possível constatar, pelas avaliações, que os impactos educacionais desejados estão promovendo o reforço e/ou desenvolvimento das competências transversais ("*soft skills*"), tão negligenciadas nos currículos formais e, ao mesmo tempo, tão necessárias às atividades do engenheiro atual. Estes resultados estão acordes com as bases conceituais que subsidiam as diretrizes utilizadas para a educação em engenharia nos centros mais avançados e que já empregam, sistematicamente, procedimentos indutivos e centrados nos alunos como, por exemplo, Aalborg University [182] e McMaster University [183].

Verifica-se que os resultados apontam, sempre com valores numéricos na faixa de 80%, que as competências necessárias ao perfil profissional do engenheiro - que englobam aprendizado independente, interdependente e contínuo; solução de problemas, pensamento crítico e criatividade; habilidades interpessoais, de grupo e de equipe; habilidades de comunicação e avaliação e autoavaliação, como colocado por Felder e equipe [13, 54, 55, 56, 57, 58] - foram trabalhadas e reforçadas durante a estada no PET - Elétrica. E, talvez mais destacada, é a consciência demonstrada pelos alunos sobre a importância destes atributos para sua carreira profissional, com números também sempre na faixa de 80%.

A comprovação desta importância advém não somente de uma tomada de consciência teórica sobre os componentes do perfil profissional, mas retrata as condições reais de trabalho, vivenciadas pelos egressos, que estão no mercado profissional como engenheiros e que, seguramente, enfrentam situações onde elas fazem-se necessárias. Veja-se, por exemplo, colocações de egressos sobre procedimentos de avaliação e autoavaliação em suas atividades profissionais:

" avaliarmos [...] se tornou um aprendizado valioso, pois avaliar é algo difícil ao qual estamos constantemente sendo expostos durante nossa atuação profissional...."; "...autoavaliação é importante para manter a qualidade. Sim. Me fez um engenheiro mais completo..."; "...essa experiência [da avaliação] contribuiu para aprender a identificar nas pessoas as características necessárias para um determinado ambiente de trabalho. Com esse pontapé inicial hoje me sinto a vontade para selecionar as equipes com quem trabalho..."; "...contribuiu para minha formação já que, na vida profissional como engenheiro, [...] é comum receber como tarefa a avaliação de projetos, pessoas, etc... "; "... uma experiência completamente diferente, que nunca esperaria ter [no] curso de graduação. Foi essencial para a minha formação como engenheiro [e] contribuiu inclusive para minhas [...] entrevistas de trabalho, pois pude sentir como funciona o 'outro lado da moeda'..."; "... foi necessário avaliar alunos e trabalhos, desenvolvendo o senso crítico e o de avaliação [...] característica importante na minha vida profissional como engenheiro, [que] sempre envolve a avaliação de um projeto, da melhor solução para o mesmo.."; "... fui bem crítica com aspectos que eu tinha que melhorar, mas [...] com o tutor obtive avaliações positivas. As críticas me fizeram melhorar (ou tentar) e os elogios me fizeram ver que meu esforço valeu a pena [...] contribuindo para o que sou hoje!...."

Impressões dos egressos sobre a capacidade de comunicação: *"... tive que ler e escrever bastante artigos e isso me ajudou muito a ser uma engenheira que sabe escrever [...] gostava das nossas apresentações internas em inglês [...] que me ajudaram a trabalhar a minha timidez em falar em público, a ter postura adequada..."; "... o PET ajudou muito no meu caminho após a graduação. Já fiz especialização, mestrado e constantemente preciso expor ponto de vista técnico em*

reuniões de equipe..."; "... trabalhar em grupo me preparou para o mercado de trabalho. Fazer apresentações [...] me ajudou a perder a timidez...".

Vale destacar o depoimento de um egresso, que ilustra como o reforço destas competências pode impactar, positivamente, o perfil profissional do engenheiro: *"... lembro da primeira 'palestra' que fiz no PET que só gaguejava. Sempre tive dificuldade de falar em público e o PET ajudou, e muito, a quebrar esse bloqueio que tinha. Hoje, felizmente, sou multiplicador no projeto que trabalho..."*;

Visões sobre a capacitação dos egressos para o trabalho em equipe: *"... trabalhar em equipe foi a parte mais importante durante minha estadia no PET. Os aspectos mais relevantes foram em relação a aprender a respeitar e confiar no desenvolvimento do outro, aprender com a experiência do colega e saber quando e qual a melhor forma de contribuir...."; "...minha experiência foi excelente, pois desenvolveu um lado que eu não possuía, que era o de trabalho em equipe, respeito pelos outros membros, horários...."; "...durante a graduação, as disciplinas não fornecem o necessário para desenvolver essa habilidade e o PET entra para complementar a formação nessa área também..."; ".... eu era incentivado constantemente a buscar as informações sozinho ou em equipe. Buscando informação sozinho, me tornei mais independente e tive mais experiência [...]. em equipe, pude aprender com aqueles que sabiam mais..."; "...agregou conhecimentos necessários para [...] exercer minha profissão[...] trabalhar em equipe é exigência [para] engenheiros no mercado de trabalho [...]. destaco do trabalho em equipe a grande divergência de ideias e a discussão das mesmas para se chegar à uma boa solução, com a qual a maioria concorde..."*.

Outros aspectos, mais interessantes, podem ser destacados nas respostas, pois abrangem níveis mais elevados da *Taxonomia de Bloom* e mostram associações possíveis com evolução dos alunos ao longo do modelo de desenvolvimento cognitivo de Perry, e fortalecimento da *metacognição*. Há respostas que colocam, claramente, conceitos associados ao contexto das situações (*"... não conhecemos muito bem sobre certas variáveis como, por exemplo, o contexto que o trabalho foi feito...."*), bem como superação de visões dicotômicas da realidade, postura esta associada aos estágios iniciais do Modelo de Perry (*"...me ajudou a aguçar minha percepção sobre o fato de que o mundo não é feito de dicotomias..."*), à complexidade do real (*"...julgar uma equipe e avaliá-la por meio de uma nota de zero a dez [...] exige grande cuidado e critério para que não se cometa injustiças..."*); *".... [a experiência do trabalho em equipe foi] ...muito boa! O que mais me chamou atenção é a diversidade de pensamentos...."*);).

Pode-se ainda observar visões que expressam tomada de consciência em relação à validade de pontos de vista distintos sobre a realidade (*"...avaliar outras pessoas contribuiu muito para minha formação, pois é possível ver de um outro ponto de*

vista...."; "... algumas vezes se faz necessário a ajuda de um professor ou colega de outra área já que as pessoas tem visões diferentes de um mesmo problema e muitas vezes podem sugerir uma alternativa para solucionar o problema..."), bem como a diversidade que conduz a distintas personalidades (*"... sim, trabalhar com seres humanos é difícil. Aprendi a lidar com as mais variadas personalidades de colegas de trabalho..."*); *"... avaliei como cada pessoa se comportou nas atividades, para conhecer melhor o caráter destas, e como se comportavam em certas situações de trabalho em equipe, foi surpreendente, e contribuiu muito [...] para minha formação profissional e pessoal..."*; *".... sempre surge algum problema - justamente pelas pessoas pensarem e trabalharem de modo diferente umas das outras [...] procuramos sempre entrar em um consenso sobre a decisão a ser tomada - levando em conta aspectos positivos e negativos de cada um"*), e à consciência sobre as escolhas profissionais efetuadas (*"... contribuíram para que eu pudesse ter momentos de reflexão sobre minha carreira e sobre meus caminhos dentro do curso de graduação..."*).

Alguns comentários, efetuados por egressos, caracterizam, na visão do autor, de forma clara, a questão da metacognição: *".. às vezes o processo de aprender algo é metade estudar a matéria em questão, e a outra metade é tomar consciência de que essa matéria existe...."*; *"... estudar sobre a construção do conhecimento [ao abordar a educação em engenharia através do PET] me ajudou a transmitir minhas idéias de maneira mais eficaz no dia a dia [...]... sem contar as apresentações no PET, que são um excelente treinamento para este propósito.."*.

Registre-se, também, a visão e consciência social, importante componente do perfil profissional do engenheiro, e que também aparece, nas avaliações, como um impacto educacional resultante das atividades desenvolvidas, ilustradas por estas colocações de egressos: *".... o professor deve entender que o mundo não é o mesmo de sua época de faculdade e [...] que já não basta apenas o conhecimento técnico para os alunos; deve ser consciente de que conciliar economia com bem estar social e ambiental é uma forma de garantir que seus filhos e netos tenham condições de sobrevivência nesse planeta; todos esses aspectos foram muito bem trabalhados ..."*; *"... [o projeto] permitiu visão mais real do problema da sustentabilidade e como isso afeta a engenharia..."*.

Aspecto realmente interessante é o fato que os próprios alunos já terem percepção da necessidade de alteração das estratégias de ensino, destacando-se a sugestão de utilização de posturas indutivas na relação ensino-aprendizagem: *"... tínhamos o problema, depois procuramos a teoria para sua resolução. Essa forma se aproxima melhor da vida real; na sala de aula nos é apresentado a teoria primeiro e, depois, sua aplicação...."*; que o aprendizado deve ocorrer *".... de acordo com a necessidade do projeto"* e que a participação nas atividades propiciou *".... situações, como a*

construção de relatórios de atividades, que exigiram habilidades não abordadas dentro de sala de aula, mas de extrema importância para um profissional da área...".

Outro ponto que merece análise é o fato que, de forma geral, os petianos buscam novos conhecimentos de forma individual, ou com os colegas, ficando os professores como terceira opção. Para o projeto Heliodon, por exemplo, os percentuais foram 60%, para busca independente e professores, com 40% para os colegas; para o Calouro Web foram 45,5% para a busca independente, 72,8% para os colegas e 9% para os professores enquanto para a avaliação geral das atividades foi de 70% para busca individual e colegas, com 36% para os professores.

Alguns aspectos podem auxiliar no entendimento dessa distribuição. A grande disponibilidade de informações atualmente disponível pela internet, bem como o contato diário com os colegas, especialmente os participantes das equipes associadas às atividades desenvolvidas, constituem uma primeira explicação para explicar a distribuição das respostas. Mas há que se ressaltar, também a questão, que remete a Vygotsky (Ver Capítulo 5) sobre o papel do grupo social, e dos colegas mais experientes, no processo de construção do conhecimento e da aprendizagem, dentro da *Zona de Desenvolvimento Proximal - ZDP*. Esta grande interatividade com os colegas, com as respostas numericamente equivalentes à busca individual de conhecimento (ver Figura 34), ilustra a importância do trabalho em equipe e seu impacto na educação profissional dos alunos.

Sobre a busca de suporte junto aos professores, opção menos utilizada pelos alunos, uma possível explicação poderia residir no fato que a grande disponibilidade de informações na internet, e sua facilidade de acesso, adicionada à facilidade de contato com os colegas possibilita solucionar questões que não exijam intervenção de profissional mais especializado, nesse caso, o professor; somente quando a impossibilidade de solucionar o problema torna-se concreta é que recorrem aos professores. Veja-se, por exemplo, para atividades com características mais técnicas, como o projeto Heliodon, onde a busca por auxílio foi idêntica à busca individual, com 60%. Algumas colocações:

" ... na maioria, pesquisas na internet foram suficientes, mas, em projetos [...], no que concerne à especificações de equipamentos, foi necessário consultar professores especialistas..."; "... apesar de ter recorrido a livros e buscas na internet na maioria das vezes que um novo desafio se delineava, algumas vezes recorri a professores ..."; "... tentava primeiro resolver por minha conta, buscando informações na internet ou nos meus livros, após isto procurava soluções explorando o conhecimento dos membros da equipe e então buscávamos auxílio para (sic) professores ligados ao setor de estudo para nos ajudar na tarefa..."; "...apesar de ter recorrido a livros e buscas na internet na maioria das vezes que um novo desafio se delineava, algumas

vezes recorri a professores [...] como em relação ao sistema responsável pelo 'chute' dos robôs das olimpíadas".

Mas chama a atenção outro aspecto: por razões diversas - e que aqui não cabe analisar, por não constituir objeto deste trabalho -, em algumas situações, nem sempre os professores podem, ou conseguem, dar a atenção que o aluno espera o que pode criar barreiras e/ou configurar dificuldades de acesso, razão pela qual tentam resolver o problema colocando-os como última opção para busca de soluções. Algumas respostas:

"...houve necessidade, sim, de buscar conhecimento novo e informação nova, e busquei por conta própria, pois a primeira vez que procurei um professor sobre o material, o mesmo me disse pra procurar no Google e abrir o primeiro site que aparecesse..."; "...foi necessário, mas foi por minha conta, pois quando precisei de um professor pra ajudar em algum projeto ele fez descaso..."

Concluindo, parece não restar dúvidas, na percepção do autor, que as visões e procedimentos pedagógicos adotados no PET - Elétrica, para a educação tutorial, com aprendizagem indutiva, centrada nos alunos, *estão possibilitando a formação de engenheiros com perfis profissionais mais qualificados*, em consonância com as diretrizes dos órgãos de acreditação e de educação em engenharia, e dentro dos objetivos do Programa PET, que é a *"educação de excelência"*. Embora seja possível encontrar pequenas diferenças entre os perfis profissionais dos engenheiros dentre os vários órgãos de acreditação e educação em engenharia, alguns atributos são comuns, especialmente a capacidade de trabalho em equipe, de comunicação, de avaliação e autoavaliação e aprendizagem contínua e independente, que integram os impactos educacionais esperados para as atividades do PET e que, a julgar pelos resultados, estão sendo alcançados.

9.3. Sugestões de Continuidade

Caminhando para o final do trabalho, e considerando o quadro obtido, torna-se possível discutir aspectos que, aparentemente, poderiam introduzir melhorias na consolidação do perfil profissional dos egressos.

O primeiro aspecto reside nas avaliações e autoavaliações, que podem ser fortalecidas, clarificando suas bases conceituais para os alunos, pois foi possível perceber que, embora reconheçam sua importância para o perfil profissional do engenheiro, ainda a visualizam, em muitos casos, como associada à procedimentos formais de preenchimento de questionários e formulários, e não como uma postura de efetuar julgamentos baseados em critérios e padrões, e nos níveis mais elevados da Taxonomia de Bloom.

Este destaque à autoavaliação advem do fato dela constituir componente essencial de motivação para a aprendizagem, segundo as teorias cognitivas e construtivistas, pois a autoavaliação da aprendizagem, e do pensamento, impacta positivamente a construção do conhecimento. Os estudantes constroem significados, em parte, por autoavaliações anteriores e posteriores à aprendizagem, ao organizar, avaliar e internalizar as informações [166]. Devem interligar as novas informações às habilidades, conhecimentos e entendimentos já armazenados e utilizados e a autoavaliação capacita-os a efetuar estas conexões, de forma independente, fornecendo, ainda, mecanismos para melhoria da aprendizagem, de forma significativa, resultando em maior motivação e confiança [169].

Fortalecer a autoavaliação possui outros desdobramentos: como visto, a metacognição - que envolve a capacidade de monitorar, avaliar e saber como agir para melhorar o desempenho - inclui controle consciente de habilidades cognitivas específicas, como verificação de compreensão, previsão de resultados, atividades de planejamento, gestão do tempo e alternância entre distintas atividades de aprendizagem. Estas competências podem ser trabalhadas pelos estudantes, interrelacionando-se, positivamente, para melhorar seu desempenho. E a literatura metacognitiva fornece evidências, teóricas e empíricas, que suportam a autoavaliação como uma das habilidades metacognitivas possíveis [175].

No tocante aos impactos esperados para o perfil profissional dos petianos, não restam dúvidas que o melhor procedimento avaliativo seria acompanhamento sistemático das carreiras dos egressos, verificando que caminhos estão trilhando, e como estão progredindo profissionalmente, adicionalmente às avaliações que poderiam ser realizadas junto aos empregadores sobre a visão que possuem de seus desempenhos. Trata-se de procedimento utilizado rotineiramente por algumas instituições do exterior como, por exemplo, Aalborg University [176], mas cuja logística e infraestrutura necessárias estão fora da capacidade do PET, e mesmo de nossas coordenações de curso, inviabilizando-as.

Um contato sistemático com os egressos, porém, é tarefa mais factível tendo, inclusive, sido realizada durante um período pelo PET- Elétrica, com seus egressos, e pelo próprio MEC [177], com os egressos do Programa PET, para todas as áreas. Mas o aumento do número de egressos, resultante do desenvolvimento natural do programa, e fatores como *Programas de Mobilidade Acadêmica*, *Programa Ciência sem Fronteiras* e *Lei de Estágio*, entre outros, acabaram inviabilizando-os. Uma sugestão, portanto, é que este acompanhamento seja retomado, dentro das possibilidades logísticas e operacionais disponíveis, e que estão atualmente facilitadas, pelo crescimento e disseminação das redes sociais.

Outra sugestão, e que o autor considera de vital importância, é a expansão destas estratégias educacionais para o restante da graduação, procedimento este já tentado no curso de Engenharia Elétrica da UFJF, em que pese todas as dificuldades operacionais, administrativas - e pode-se mesmo dizer, pessoais - para sua consolidação. Não faz sentido que estas estratégias indutivas de aprendizagem, cujos resultados positivos estão comprovados, sejam praticadas somente por alguns poucos alunos, e/ou programas selecionados.

Nesta diretriz disponibilizou-se, durante alguns semestres, o oferecimento de uma estratégia *PjBL* multidisciplinar abrangendo duas disciplinas do curso de Engenharia Elétrica, mas que teve solução de continuidade, por razões burocráticas e administrativas. Vale registrar que a receptividade entre os alunos foi excelente, e as avaliações, ao final dos cursos, mostraram resultados extremamente positivos [178, 179, 180, 181]. Tais experiências, infelizmente, encontram-se, no momento, paralisadas, pois diversos fatores, fora da governabilidade dos professores envolvidos, impedem seu prosseguimento, com prejuízos inegáveis para os alunos.

Há que se abordar, finalmente, a necessidade, e importância, de motivação dos pares para disseminação das estratégias de aprendizagem indutivas, e centradas no aluno, ao restante da graduação²⁴. O autor, tendo desenvolvido sua capacitação na área de forma parcialmente autodidata, por um lado, e em contato com outros poucos professores e algumas iniciativas institucionais, por outro, reconhece a dificuldade de se alterar, de forma radical, paradigmas cristalizados, e operacionalizados, durante décadas, e transmitidos de geração para geração. Ciente destas dificuldades o autor, em colaboração com o Prof. Danilo Pereira, do curso de Engenharia Elétrica, organizaram um "*Seminário de Formação de Professores*", em julho de 2012, com suporte da Fapemig, dentro do projeto *TEC 19/12 - "Metodologias Ativas na Educação em Engenharia: Implantação das Estratégias PjBL/PBL na Engenharia Elétrica da UFJF"* -, envolvendo participação de professores da Universidade do Minho, Portugal. A atividade abrangeu um seminário sobre "*Formação de Professores para o Ensino Superior*" e uma oficina sobre "*Aprendizagem Baseada em Projetos Interdisciplinares*".

O seminário forneceu uma abordagem geral relativamente à formação pedagógica e profissional dos docentes no Ensino Superior, enquanto a *Oficina sobre Aprendizagem Baseada em Projetos Interdisciplinares* centrou-se na metodologia de *Aprendizagem por Projeto- PjBL*, cuja atividade consistiu em preparar um período letivo organizado segundo os princípios orientadores desta metodologia. Embora

²⁴ O Anexo 04 lista os trabalhos publicados sobre o tema Educação em Engenharia, divulgando os procedimentos e estratégias de aprendizagem ativa e tutorial

houvesse a participação de 23 professores, majoritariamente da Faculdade de Engenharia da UFJF no Seminário, não ocorreram, infelizmente, propostas de disseminação destas estratégias para o restante da graduação. Não se coloca aqui, em absoluto, qualquer crítica à postura destes professores participantes, mas ressaltam-se, somente, as dificuldades inerentes à disseminação destas práticas para o restante da graduação, pois acarretam mudança de visão, hábitos, valores e paradigmas solidamente estabelecidos que, sem políticas, suporte e incentivos institucionais apropriados, não se materializam facilmente.

Encerrando, é importante destacar que, felizmente, as tentativas e propostas, e mesmo implementações, para utilização da aprendizagem ativa e de estratégias pedagógicas centradas no aluno, tem crescido, já estando consolidadas em várias universidades e cursos no exterior, e começam a ganhar espaço no país. Trata-se de processo demorado, pois envolve mudanças de hábitos consolidados e de visões culturais, mas as necessidades de mudança no perfil profissional do engenheiro, ditadas pela sociedade, funcionam como elemento auxiliar para esta mudança.

Referências Bibliográficas

- [1] BRASIL. Portaria MEC nº 343, de 24 de abril de 2013, modificada pela Portaria Nº 976, DE 27 DE JULHO DE 2010
- [2] GOMES, F. J. *Programa Especial de Treinamento*. Proposta submetida ao Edital Capes 02/1991, agosto de 1991
- [3] CARVALHO, H. H. B. e GOMES, F. J.. Educação em Controle e Automação em Ambiente Adverso: Estudo de Caso de uma Experiência Tutorial. CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA, Salvador, Bahia, 2006.
- [4] GOMES, F. J. *Educação Tutorial: como praticá-la?* In: MARTINS, I. L. e KETZER, S. M. (Org.). PROGRAMA DE EDUCAÇÃO TUTORIAL: ESTRATÉGIA PARA O DESENVOLVIMENTO DA GRADUAÇÃO. Ministério da Educação - MEC, Brasília, 2007.
- [5] *The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century* NATIONAL ACADEMY OF ENGINEERING. National Academies Press, 2004. Disponível em <<http://www.nap.edu/catalog/10999.html>> Acessado em 22/01/2011
- [6] PACHECO, C. A. *A Formação de Engenheiros no Brasil: Desafio ao Crescimento e à Inovação*. IED - INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, São Paulo, julho de 2010.
- [7] SILVEIRA, M. A. A. *Formação do Engenheiro Inovador: uma visão internacional*. Sistema Maxwell, PUC, Rio de Janeiro, 2005.
- [8] SCAVARDA, L. C. C., PARISE, J. A. R., SILVEIRA, M. A. *A educação em engenharia e as cadeias produtivas*, in SANDRONI, F. A. R. (Editor), *CADERNOS DE TECNOLOGIA*, Volume 1, pp. 127-138. Rio de Janeiro: Instituto Euvaldo Lodi, 2001.
- [9] FRIEDMAN, L. T. *O Mundo é Plano: Uma Breve História do Século XXI*, Editora Objetiva, Rio de Janeiro, 2006.
- [10] REINVENTING Undergraduate Education: A Blueprint for America's Research Universities. *Boyer Commission on Educating Undergraduates in the Research University*, Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching, 1998.
- [11] TORRES, A. M. *Los Valores y las Valoraciones en La Educación*. Editorial Trillas, México, D. F., 1999

- [12] REALIZING THE NEW PARADIGM FOR ENGINEERING EDUCATION. Proceedings, Omni Inner Harbor Hotel, Baltimore, Maryland. June 3-6, 1998. Disponível em <http://www.gatewaycoalition.org/files/Eng_Education.pdf> Acessado em 20/01/2011.
- [13] RUGARCIA, A.; FELDER, R. M.; WOODS, D. R. and STICE, J. E. *The Future Of Engineering Education I. A Vision For A New Century*. Chem. Engr. Education, 34(1), 16–25, 2000.
- [14] MCNEILL, J. R. *An Environmental History of the Twentieth-Century: Something New under the Sun*. W.W. Norton&Company Ltd., London, 2000.
- [15] THE Natural Step.< <http://www.naturalstep.org/>>. Acessado em 25/01/2011
- [16] PRADOS, J. W., PETERSON, G. D. & Lattuca, L. R. *Quality Assurance of Engineering Education through Accreditation: The Impact of Engineering Criteria 2000 and Its Global Influence*. Journal of Engineering Education, p. 165-184, January, 2005
- [17] TODD, R. H., SORENSEN, C.D., and MAGLEBY, S.P. *Designing a Capstone Senior Course to Satisfy Industrial Customers*, Journal of Engineering Education, Vol. 82, No. 2, pp. 92–100, 1993.
- [18] MCMASTERS, J. H. *Influencing Engineering Education: One (Aerospace) Industry Perspective*, International Journal of Engineering Education, Vol. 20. No. 3, 2004, pp. 353–371.
- [19] COWARD, H. R., Ailes, C. P., BARDON, R. *Progress of the Engineering Education Coalitions – Final Report*. Engineering Education and Centers Division, National Science Foundation. 2000 Disponível em <<http://www.nsf.gov/pubs/2000/nsf00116/nsf00116.pdf>> Acessado em maio 2012.
- [20] BRANSFORD, J. D., BROWN, A. L., and COCKING, R. R. (Editors). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*. Commission on Behavioral and Social Sciences and Education National Research Council, NATIONAL ACADEMY PRESS, USA, 2000.
- [21] FELDER, R. M. *Engineering Education in 2015 (or Sooner)* Proceedings of the 2005 Regional Conference on Engineering Education, December 12-13, Johor, Malaysia, 2005.

- [22] DISPONÍVEL em <<http://www.abet.org>>. Acessado em 24/01/2011.
- [23] LATTUCA, L. R., TEREZINI, P. T. and VOLKWEIN, J. F. *Engineering Change: A Study Of The Impact Of EC2000*. Center for the Study of Higher Education, The Pennsylvania State University, ABET Editions, 2006.
- [24]Disponível em < <http://www.abet.org/history.shtml>> Acessado em 25/01/2011.
- [25] *EDUCATING the Engineer of 2020: Adapting Engineering Education to the New Century*. Committee on the Engineer of 2020, Phase II, Committee on Engineering Education, National Academy of Engineering, 2005. Disponível em < <http://www.nap.edu/catalog/11338.html>> Acessado em 25/01/2011.
- [26] *THE Bologna Declaration on the European space for higher education: an explanation*. Disponível em < <http://ec.europa.eu/education/policies/educ/bologna/bologna.pdf>. Acessado em 28/01/2011.
- [27] SIURANA, M^a C. S. *Los Programas de Ingeniería Ante El Espacio Europeo De Educación Superior Estructura Bachelor – Master y Acreditación*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, octubre de 2002.
- [28] DYRENFURTH, M. and MURPHY, M. *2006-1295: Understanding the European Bologna Process*. Engineering: Education and Innovation, Dublin, 2006. Disponível em < <http://arrow.dit.ie/cgi/>. >Acessado em 28/01/2011.
- [29] *THE Impact of the Bologna Declaration on Engineering Education in Europe - Result of a Survey Among SEFI National Representatives and Other Members*. Disponível em < <http://www.sefi.be/wp>> Acessado em 28/01/2011.
- [30] EURO-ACE. Disponível em <<http://www.enaee.eu/eur-ace-system>>. Acessado em maio de 2015.
- [31] ENAEE Disponível em <<http://www.enaee.eu/about-enaee> Acessado em maio de 2015.
- [32] *ENGINEERING: Issues, Challenges and Opportunities for Development*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris, 2010
- [33] ASIBEI 2015. Disponível em <<http://www.asibei.net/>. Acessado em maio de 2015.

- [34] DECLARACION 2015. Disponível em <<http://www.asibei.net/boletines/2014/enero/>>. Acessado em maio de 2015.
- [35] ARANTES, E. M. *Contextualizando a Reforma das Engenharia Desenvolvida na Década de 90*, Disponível em < <http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2002/artigos/12.pdf>>. Acessado em maio de 2015.
- [36] LONGO, W.P., NETO, R. I. e TELLES, M.H.C. *"Reengineering" engineering research and education in Brazil: cooperative networks and coalitions*, Science and Public Policy, 27, n.1, p. 37 a 44, Guildford, Surrey, Great Britain, 2000.
- [37] LONGO, W. P. *Ciência e tecnologia e a expressão militar do poder nacional*, TE-86 DACTec. Rio de Janeiro, RJ: Escola Superior de Guerra. 1986
- [38] LONGO, W. P. *Ciência e tecnologia: evolução, inter-relação e perspectivas*, Anais do 9º Encontro Nacional de Engenharia de Produção, vol. 1. Porto Alegre, RS, UFRGS, p. 42. 1989
- [39] PINTO, D. P., PORTELA, J.C. S., OLIVEIRA,V. F. *Diretrizes Curriculares e Mudança de Foco no Curso de Engenharia*. Disponível em < <http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2003/artigos/DCS646.pdf> > Acessado em maio de 2015
- [40] TREVISAN, A. L. *Filosofia da Educação e formação de professores no velho dilema entre teoria e prática* Educar em Revista, Curitiba, Brasil, n. 42, p. 195-212, out./dez. 2011. Editora UFPR
- [41] PINTO, D. P., OLIVEIRA, V. F. e NUNES, R. P. (Org.) *Educação em engenharia: evolução, bases e formatação*. Editora FMEPRO - Fórum Mineiro de Engenharia de Produção, Juiz de Fora, 2010
- [42] BRASIL. Lei No 9.394 de 20 de dezembro de 1996. Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Diário Oficial da União, Brasília, 23 dez. 1996, v.134, n. 248, seção 1, p. 27834-27841
- [43] INSTITUTO EUVALDO LODI. *Inova engenharia: propostas para a modernização da educação em engenharia no Brasil* / IEL.NC, SENAI.DN. Brasília: IEL.NC/ SENAI.DN, 2006.
- [44] WEI, J., WANG, T. A. and LU, J. P. *The Empirical Study on Structural Characteristics of Innovation Organization and Its Relationship with Innovation Performance in KIBS*. School of Management, Zhejiang University, China, 2009

- [45] STRAMBAC, S. *Knowledge Commodification and new Patterns of Specialization: Professionals and Experts in Knowledge-intensive Business Services (KIBS)* Philipps-University, Marburg, 2008
- [46] SILVEIRA, M. H. *Oficina Currículo e Prática Docente*, In: Anais do VII ENCONTRO DE EDUCAÇÃO PARA ENGENHARIA Petrópolis e Iguaba, RJ, 2001
- [47] WANKAT, P.C & Oreovicz, F. S. *Teaching Engineering*. Mcgraw-Hill College, New York, 1992
- [48] BONWELL, C.C., and Eison, J. A. *Active Learning: Creating Excitement in the Classroom*. ASHEERIC Higher Education Report No. 1, George Washington University, Washington, DC , 1991
- [49] KOLMOS, A., Dahms M. and Du X. *Transformation of engineering education In Engineering: Issues, Challenges and Opportunities for Development*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris, 2010
- [50] SAWYER, K. *Group Genius – The Creative Power of Collaboration*, Basic Books, New York, 2007
- [51] PERRENOUD, P. *Construir as competências desde a escola*. 1ª Reimpressão. Artmed Editora, Porto Alegre, 2009
- [52] HAGER, P. and HOLLAN, S. (Edit.). *Graduate Attributes, Learning and Employability*. Springer Verlag, Dordrecht, The Netherlands, 2006
- [53] SIMON, F. O. *Habilidades e Competências em Engenharia: Criação e Validação de um Instrumento*. Dissertação de Mestrado, UNICAMP, Campinas, São Paulo, 2004
- [54] FELDER, R. M., WOODS, D. R., STICE, J. E., RUGARCIA, A. *The Future of Engineering Education II. Teaching Methods that Work*, Chem. Engr. Education, 34(1), 26–39, 2000
- [55] FELDER, R. M., WOODS, D. R., STICE, J. E., RUGARCIA, A. *The Future of Engineering Education III. Developing Critical Skills*. Chem. Engr. Education, 34(2), 108–117, 2000
- [56] FELDER, R. M., WOODS, D. R., STICE, J. E., RUGARCIA, A. *The Future of Engineering Education IV. Learning How to Teach*. Chem. Engr. Education, 34(2), 118–127, 2000

- [57] FELDER, R. M., WOODS, D. R., STICE, J. E., RUGARCIA, A. *The Future of Engineering Education V. Assessing Teaching Effectiveness and Educational Scholarship*. Chem. Engr. Education, 34(3), 198–207, 2000
- [58] FELDER, R. M., WOODS, D. R., STICE, J. E., RUGARCIA, A. *The Future of Engineering Education VI. Making Reform Happen*. Chem. Engr. Education, 34(3), 208–215, 2000
- [59] MORIN, E. *Os sete saberes necessários à educação do futuro*; tradução de Catarina Eleonora F. da Silva e Jeanne Sawaya ; revisão técnica de Edgard de Assis Carvalho. – 2. ed. – São Paulo : Cortez ; Brasília, DF : UNESCO, 2000
- [60] MORIN, E. *A cabeça bem feita: repensar a reforma, reformar o pensamento*. Bertran Brasil Ed. 8a ed. Rio de Janeiro, 2003
- [61] FREITAS, M. T. A. *Contribuições da Pesquisa Socio-histórica para a Formação do Professor de Engenharia*, In PINTO, D. P. e NASCIMENTO, J. L., (Org) **Educação em Engenharia: Metodologia**. Editora Mackenzie, São Paulo, 2002
- [62] MORAES, M. C. *O Paradigma Educacional Emergente*. Campinas: Papirus, 1998.
- [63] RABELLO, E.T. e PASSOS, J. S. *Vygotsky e o desenvolvimento humano*. Disponível em <<http://www.josesilveira.com>> Acessado em maio de 2015
- [64] SKINNER, B. F. Disponível em < http://pt.wikipedia.org/wiki/Burrhus_Frederic_Skinner> Acessado em maio de 2015
- [65] WATSON, J. Disponível em < <http://www.pbs.org/wgbh/aso/databank/entries/dh13wa.html>> Acessado em maio de 2015
- [66] CHOMSKI, N. Disponível em < <http://www.chomsky.info/>> Acessado em maio de 2015
- [67] PIAGET, J. Disponível em < http://pt.wikipedia.org/wiki/Jean_Piaget>. Acessado em maio de 2015
- [68] VYGOTSKY, L. Disponível em < http://pt.wikipedia.org/wiki/Lev_Vygotsky>. Acessado em maio de 2015
- [69] FODOR, J. Disponível em < http://en.wikipedia.org/wiki/Jerry_Fodor>. Acessado em maio de 2015

- [70] FREUD, S. Disponível em < http://pt.wikipedia.org/wiki/Sigmund_Freud>. Acessado em maio de 2015
- [71] KLEIN, G. .Disponível em < http://en.wikipedia.org/wiki/Gary_A._Klein>. Acessado em maio de 2015
- [72] WINNICOTT, D. W. Disponível em < http://pt.wikipedia.org/wiki/Donald_Woods_Winnicott>. Acessado em maio de 2015
- [73] ERIKSON, E. H. Disponível em <http://en.wikipedia.org/wiki/Erikson%27s_stages_of_psychosocial_development>. Acessado em maio de 2015
- [74] EMPIRICISM. Disponível em < <https://en.wikipedia.org/wiki/Empiricism> > Acessado em maio de 2015
- [75] LOCK, John. Disponível em < https://en.wikipedia.org/wiki/John_Locke> Acessado em maio de 2015
- [76] HUME, David. Disponível em < https://en.wikipedia.org/wiki/David_Hume> Acessado em maio de 2015
- [77] PIAGET, J. *Seis estudos de Psicologia*. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1990
- [78] VYGOTSKY, L. S. *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes, 1991
- [79] LUCCI, M. A. *The proposal of Vygotsky: the Social-historical Psychology*. Revista de Currículum y Formación del Profesorado, 10, 2, 2006
- [80] VYGOTSKY, L. S. *A Construção do Pensamento e Linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, . 2ª tiragem, 2010
- [81] BRUNER, J. *Prologue to the English edition*. In Vygotsky, L. S. **Problems of general Psychology**. New York, Plenum Press, 1987
- [82] CHAIKLIN, S. *The zone of proximal development in Vygotsky's analysis of learning and instruction*. In A. Kozulin (Ed) **Vygotsky's Educational Theory in Cultural Context**. Cambridge, 2003

- [83] WERTSCH, J. *The zone of proximal development: Some conceptual issues*. In B. Rogoff, J. Wertsch (Eds.) **Children's Learning in the "Zone of Proximal Development"** . San Francisco: Jossey-Bass Inc.,1984
- [84] MURRAY, T. and IVON, A. *Toward Measuring and Maintaining the Zone of Proximal Development in Adaptive Instructional Systems*, 6th International Conference, ITS 2002, Biarritz, France and San Sebastian, Spain, June 2-7, 2002
- [85] DE VALENZUELA, J. *Sociocultural views of learning*. The SAGE Handbook of Special Education. SAGE Publications, 2006
- [86] JOHN-STEINER, V. and MAHN, H. *Sociocultural approaches to learning and development: A Vygotskian framework*. *Educational Psychologist* vol. 31, no. (3/4). p. 191-206, 1996
- [87] COLE, M. *Cultural Psychology: A Once and Future Discipline*. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University,1997.
- [88] VERENIKINA, I. *Scaffolding and learning: Its role in nurturing new learners*. In KELL, P., VIALLE, W., KONZA, D. & VOGEL, G. (Eds.), **Learning and the learner: Exploring learning for new times** (pp. 161-180).. Wollongong: University of Wollongong, Australia , 2008
- [89] LUI, A. *White Paper: Teaching in the Zone*. Children's Progress. 2012
- [90] PRINCE, M. *Does Active Learning Work? A Review of the Research*. *Journal of Engineering Education*, July 93(3), 223-231. 2004
- [91] PRINCE, M. J. and FELDER, R. M. *Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases*. *J. Engr. Education*, 95(2), 123-138 2006
- [92] ALBANESE, M.A., and MITCHELL, S. *Problem-Based Learning: A Review of Literature on its Outcomes and Implementation Issues*, *Academic Medicine*, Vol. 68, pp. 52-81, 1993
- [93] INQUIRY LEARNING. Disponível em < <http://www.teachinquiry.com/index/Introduction.html>>. Acessado em maio de 2015
- [94] SAHIN, M. and NURETTIN, Y. *A comparison of problem-based learning and traditional lecture students' expectations and course grades in an introductory physics classroom*. *Scientific Research and Essay* Vol.4 (8), August, 2009

[95] BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION. Disponível em < <http://bie.org/> 2015> Acessado em maio de 2015.

[96] CASE-BASED TEACHING. Disponível em < <http://fod.msu.edu/oir/case-based-teaching>> Acessado em maio de 2015.

[97]DISCOVERY LEARNING. Disponível em < http://en.wikipedia.org/wiki/Discovery_learning> Acessado em maio de 2015.

[98] JUST-IN-TIME TEACHING, Disponível em < <http://jittdl.physics.iupui.edu/jitt/what.html>>. Acessado em maio de 2015

[99] FELDER, R. M and REBECA, B. *Effective Teaching: A Workshop*. **Athlone Institute of Technology**, 14 –15 September 2009. Disponível em <http://www.ncsu.edu/effective_teaching> Acessado em abril de 2015

[100] BRANSFORD, J. D., ANN, L. B. and RODNEY, R. C., eds. *How People Learn Brain, Mind, Experience, and School*. Commission on Behavioral and Social Sciences and Education National Research Council, NATIONAL ACADEMY PRESS, 2000

[101] DE GRAAFF, E. *Active Learning*, TREE – Teaching and Research in Engineering in Europe Special Interest Group D9 "Active Learning" SIG Leader:, Technical University Delft, 2007

[102] FELDER, R.M. and BRENT, R. Effective Strategies for Cooperative Learning, *J. Cooperation and Collaboration in College Teaching*, Vol. 10, No. 2, 69–75, 2001. Disponível em <[http://www.ncsu.edu/felderpublic/Papers/CLStrategies\(JCCCT\).pdf](http://www.ncsu.edu/felderpublic/Papers/CLStrategies(JCCCT).pdf)> Acessado em abril de 2015

[103] JOHNSON, D.W., JOHNSON, R.T., and STANNE, M.E., *Cooperative Learning Methods: A Meta -Analysis*, University of Minnesota, Minneapolis: Cooperative Learning Center, 2000. Disponível em <<http://www.cooperation.org/pages/cl-methods.html>> Acessado em abril de 2015

[104] OAKLEY, B., FELDER, R.M., BRENT, R., and ELHAJJ, I. *Turning Student Groups into Effective Teams*, *J. Student Centered Learning*, Vol. 2, No. 1, pp. 9–34, 2004, Disponível em <[http://www.ncsu.edu/felderpublic/Papers/Oakley-paper\(JSCL\).pdf](http://www.ncsu.edu/felderpublic/Papers/Oakley-paper(JSCL).pdf)>. Acessado em abril de 2015

[105] EISON, J. *Using Active Learning Instructional Strategies to Create Excitement and Enhance Learning*. Department of Adult, Career & Higher Education University

of South Florida, Expanded and Updated March 2010. Disponível em < <http://cte.cornell.edu/documents/presentations/Eisen-Handout.pdf>> Acessado em abril de 2015

[106] COLLABORATIVE LEARNING. Disponível em < <http://www.collaborativelearning.org/>. 2015>. Acessado em maio de 2015.

[107] COOKE, S. *Collaborative Learning in the Classroom*. Disponível em <<http://www.nottinghamschools.co.uk/emag>>. Acessado em maio de 2015

[108] PANITZ, *Collaborative Versus Cooperative Learning; Acomparison Of The Two Concepts Which Will Help Us Understand The Underlying Nature Of Interactive Learning* . Disponível em <<https://docs.google.com/document/d/>>. Acessado em maio de 2015

[109] JOHNSON, D W., ROGER, T. J. & KARL, A. S. *Cooperative Learning Returns To College: What Evidence Is There That It Works?*.Change, July/August , p. 27-35, 1998

[110] YEW, E.H. J. *The Process of Problem-Based Learning*. Thesis of Doctor from the Erasmus University Rotterdam, 2009.

[111] MCMASTER University. Disponível em < <http://www.mcmaster.ca/>>. Acessado em maio de 2015

[112] DEWEY, J. Disponível em < http://en.wikipedia.org/wiki/John_Dewey>. Acessado em maio de 2015

[113] ONLINE Learning and Distance Education Resources. Disponível em <<http://www.tonybates.ca/tag/problem-based-learning/>>Acessada em maio de 2015

[114] ŠVEIKAUSKAS, V. and LIUDMILA, K. *Problem Based Learning: Student/Tutor Handbook*, KMU, 2007

[115] SRIDHARA, B. S., *Teaching Engineering Fundamentals with a Project-Based Learning Approach*, Proceedings of the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition Copyright © 2005, American Society for Engineering Education

[116] FALAND, B. & FRENAY, M. (eds.), *Problem and Project Based Learning in High Education: Impact, Issues, and Challenges*, Louvain-la-Neuve: Presses Universitaires de Louvain, 2006

- [117] GRAAFF, ERIK DE and KOLMOS, ANETTE, *Management of Change Implementation of Problem-Based and Project-Based Learning in Engineering*, Netherlands: Sense Publishers, 2007
- [118] XIANGYUN. D., GRAAFF, E. , KOLMOS, A. *Research on PBL Practice in Engineering Education*, Netherlands: Sense Publishers, May 22, 2009
- [119] THOMAS, J. W. *A Review of Research on Project-Based Learning*. Disponível em <[http:// www.bie.org/ research/ study/ review_of_project_based_learning_2000](http://www.bie.org/research/study/review_of_project_based_learning_2000)> Acessado em dezembro de 2011
- [120] MILLS, J. E. and TREAGUST, D.F. *Australasian Journal of Engineering Education*, online publication 2003-04. Disponível em < [http://www.aeee.com.au/ journal /2003/ mills_treagust03.pdf](http://www.aeee.com.au/journal/2003/mills_treagust03.pdf) > Acessado em setembro 2012
- [121] PURPOSEFUL Pathways: Helping Students Achieve Key Learning Outcomes. Disponível em < [http://leap.aacu.org/toolkit/wpcontent/ files_mf/ purposeful_pathways_excerpt.pdf](http://leap.aacu.org/toolkit/wpcontent/files_mf/purposeful_pathways_excerpt.pdf)>. Acessado em maio 2015
- [122] COBB, P., Confrey, J., diSessa, A.; Lehrer, R.; Chauble, L. *Design Experiments in Educational Research*. Educational Researcher, vol. 32 no. 1, 9-13, January 2003
- [123] . *The Aalborg Model - Problem -Based and Project -Organized Learning*, in **The Aalborg PBL Mode - Progress, Diversity and Challenges**. Aalborg University Press, Aalborg, Denmark, 2004,
- [124] LAURSEN, E. *Problem-Based Learning as a Way of Organizing Learning and Teaching at the University: Some Contemporary Problems and Future Possibilities*, in KOLMOS, A.; FINK, F. K. and KROGH, L (Edits)**The Aalborg PBL Mode - Progress, Diversity and Challenges**. Aalborg University Press, Aalborg, Denmark, 2004
- [125] MOURSUND, D. *Project-Based Learning using Information Technology*, 20 Ed., International Society for Technology in Education - ISTE, Washington, USA, 2003
- [126] BARRET, T; CASHMAN, D. and MOORE, S. *Designing Problems and Triggers in Different Media: Challenging All Students*. In BARRET, T and MOORE, S. **New Approaches to Problem-Based Learning: Revitalising Your Practice in Higher Education**, Routledge Ed., New York, 2011
- [127] QVIST, P. *Defining the Problem in Problem -Based Learning*. In KOLMOS, A.; FINK, F. K. and KROGH, L. (Edits) **The Aalborg PBL Mode - Progress, Diversity and Challenges**. Aalborg University Press, Aalborg, Denmark, 2004

- [128] ALGREEN-USSING , H. and FRUENSGAARD, N. O. *Metode i Projektarbejdet. Problemorientering og gruppearbejde*. Quoted in QVIST, P. Defining the Problem in Problem -Based Learning. In KOLMOS, A.; FINK, F. K. and KROGH, L. (Edits) **The Aalborg PBL Mode - Progress, Diversity and Challenges**. Aalborg University Press, Aalborg, Denmark, 2004
- [129] BARRET, T and MOORE, S. *Students Maximising the Potential of the Problem-based Learning Tutorial*. In BARRET, T and MOORE, S. **New Approaches to Problem-Based Learning: Revitalising Your Practice in Higher Education**, Routledge Ed., New York, 2011
- [130] NOORDIN, M. K.; NASIR, A. N.; ALI, D. F.; NORDIN, M. S. *Problem-Based Learning (PBL) and Project-Based Learning (PjBL) in engineering education: a comparison*. Proceedings of the IETEC'11 Conference, Kuala Lumpur, Malaysia, 2011
- [131] BLOOM, B. Disponível em < [https://en.wikipedia.org/wiki/ Benjamin_Bloom](https://en.wikipedia.org/wiki/Benjamin_Bloom)> Acessado em maio de 2015
- [132] BIGGS, J. and TANG, C. *Teaching for Quality Learning at University: What the Student Does*, 3rd edition. The Society for Research into Higher Education. McGraw-Hill, NY, 2007
- [133] FLAVELL, J. H. Disponível em <[https://en.wikipedia.org/wiki /John_H._Flavell](https://en.wikipedia.org/wiki/John_H._Flavell)> Acessado em maio de 2015.
- [134] PERRY, W. G. Disponível em <[https://en.wikipedia.org/ wiki William_G._Perry](https://en.wikipedia.org/wiki/William_G._Perry)> Acessado em maio de 2015
- [135] BLOOM, B. S.; ENGELHART, M. D.; FURST, E. J.; HILL, W. H. and KRATHWOHL, D. R. *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals*. Handbook I: Cognitive domain. New York: David McKay Company, 1956
- [136] ANDERSON, L.W. , KRATHWOHL, D.R., AIRASIAN, P.W., CRUIKSHANK, K.A., MAYER, R.E., PINTRICH, P.R., RATHS, J., & WITTROCK, M.C. (Ed.). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives* (Complete edition). New York: Longman., 2001
- [137] MAYER, R. E., *Rote Versus Meaningful Learning*. Theory into Practice, Volume 41, Number 4, Autumn 2002

- [138] A MODEL of Learning Objectives. Disponível em < <http://www.celt.iastate.edu/pdfs-docs/teaching/RevisedBloomsHandout.pdf>> Acessado em maio de 2015
- [139] BIGGS, J. *Enhancing teaching through constructive alignment*. Higher Education, v. 32, p. 347-364, Kluwer Academic Publisher, Netherlands, 1996
- [140] RICHARDSON, J.T. E. *The Concepts and Methods of Phenomenographic Research*, Review of Educational Research, Vol.. 69, No. 1, pp. 53-82, 1999
- [141] BIGGS, J.B. and COLLIS, K.E. *Evaluating the Quality of Learning: The SOLO Taxonomy*. New York: Academic Press, 1982
- [142] BIGGS, J. *Constructive alignment in university teaching*. HERDSA Review of Higher Education, Vol. 1, 2014. Disponível em <www.herdsa.org.au>. Acessado em novembro de 2014
- [143] TYLER, R.W. *Basic principles of curriculum and instruction*. Chicago: University of Chicago Press, 1949
- [144] ANDRETTA, I., SILVA, J. G. N. S., Freire, S. D. *Metacognição e Aprendizagem: como se relacionam?* Psico, Porto Alegre, PUCRS, v. 41, n. 1, pp. 7-13, jan./mar. 2010
- [145] JOU, G. I., and SPERB, T. M. *A metacognição como estratégia reguladora da aprendizagem*. Psicologia Reflexão Crítica, 19, 2, 177-185, 2006
- [146] PEIXOTO, M .A. P., BRANDÃO, M. A. G. e SANTOS, G. *Metacognição e tecnologia educacional simbólica*. Revista Brasileira de Educação Médica, 31, 1, 67-80, 2007
- [147] DARLING-HAMMOND, L., KIM, A., MELISSA C. and DAISY, M. *Thinking About Thinking:Metacognition*. Stanford University School of Education. Disponível em <http://www.mtsu.edu/pbsi/files/Metacognition_Session_9.pdf> Acessado em 21/05/2015
- [148] PERRY, W. G., Jr., *Forms of Intellectual and Ethical Development in the College Years: A Scheme*, Holt, Rinehart and Winston, New York, 1970
- [149] FERREIRA, J. A. e FERREIRA, A. G. *Desenvolvimento psicológico e social do jovem adulto e implicações pedagógicas no âmbito do ensino superior*. Revista Portuguesa de Pedagogia, XXXV, 119-159, 2001

- [150] FAGO, G. *Scale of Cognitive Development: Validating Perry's Scheme*. Disponível em < <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED393862.pdf>> Acessado em maio de 2015
- [151] MARCHAND, H. *Some reflections on post-formal thought*. The Genetic Epistemologist, n. 29, v. 3, 2001
- [152] SPRINTHALL, N. A., COLLINS A. *Psicologia do Adolescente Uma abordagem desenvolvimentista*. Fundação Calouste Gulbenkian, 1994
- [153] RAPAPORT , W. J. *William Perry's Scheme of Intellectual and Ethical Development*. Disponível em < <http://www.cse.buffalo.edu/~rapaport/perry.positions.html> > Acessado em maio de 2015
- [154] FITCH, P. and CULVER, R. S. *Educational activities to stimulate intellectual development in Perry's scheme*, Proceedings ASEE Annual Conference, ASEE Washington, DC, 712—717, 1984.
- [155] CULVER, R. S. *Applying the Perry Model of intellectual development to engineering education*, Proceedings ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, IEEE, New York, 95—99, 1985
- [156] CULVER, R. S. and FITCH, P., *Workshop: Rational Curriculum Design*, Proceedings ASEE Annual Conference, ASEE, Washington, DC, 563–568, 1988
- [157] CULVER, R. S. *Values development in engineering education*, Proceedings ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, IEEE, New York, 199–205, 1985
- [158] EBEL, R.A., *Intellectual Development Models for Undergraduate Education*. Disponível em < http://www.usma.edu/cfe/literature/ebel_09.pdf> Acessado em maio de 2015
- [159] PROJECTLIBRE. Disponível em < <http://www.projectlibre.org/> 2015>. Acessado em maio de 2015
- [160] RYCHEN, D. S. *Key Competencies: Overall Goals for Competence Development* In MACLEAN, R. and WILSON D. (Editors), *International Handbook of Education for the Changing World of Work Bridging Academic and Vocational Learning*, Springer Netherlands, 2009
- [161] NATIONAL Survey of Student Engagement 2012. *Promoting Student Learning and Institutional Improvement: Lessons from NSSE at 13*. Bloomington, IN: Indiana

University Center for Postsecondary Research. Disponível em <http://nsse.iub.edu/NSSE_2012_Results/pdf/NSSE_2012_Annual_Results.pdf>. Acessado em maio de 2015

[162] CAJANDER, A.; DANIELS, M.; VON KONSKY, B.R. Development of Professional Competencies in Engineering Education. *41st ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, 2011*

[163] PEARLMAN, B. *Designing New Learning Environments to Support 21st Century Skills*, In BELLANCA, J. and BRANDT, R. (Editors) *21st Century Skills: Rethinking How Students Learn*, Solution Tree Press, Bloomington, IN, USA. 2010

[164] MCDONALD, B. *Improving Teaching and Learning Through Assessment: a Problem - Based Learning Approach*. Commom Ground Publisghing, Sidney, Australia, 2010

[165] GUERRA, A. and Kolmos, A. *Assessing Learning Outcomes and Engineering PBL Project Reports*. World Engineering Education, E2011, September 27-30, Lisbon, Portugal, 2011

[166] MCMILLAN, J. H. and HEARN, J. *Student Self-Assessment: The Key to Stronger Student Motivation and Higher Achievement*. Journal or Text: Educational Horizons, 2008

[167] BLACK, P., and WILIAM, D. *Assessment and Classroom Learning*. Assessment in Education, n. 5, v. 1, p 7-74, 1998

[168] GRAHAM, G. and SIMPSON, C. *Conditions Under Which Assessment Supports Students' Learning*. Learning and Teaching in Higher Education, Issue 1, 2004-05

[169] SHEPARD, L. A. *The Role of Classroom Assessment in Teaching and Learning*. In RICHARDSON, V. (Ed.) *Handbook of Research on Teaching*, 4th ed. Washington, D.C., American Educational Research Association, 2001

[170] JOHNSON, R., *A Critical Review of Student Assessment Options*, in BERS, T. H. and MITTLER, M. L. (Edt) *Assessment & Testing Myths and Realities*, New Directions for Community Colleges, Number 88, Winter 1994

[171] ROSS, J. A. *The Reliability, Validity, and Utility of Self-Assessment*. Practical Assessment, Research & Evaluation. Volume 11 Number 10, November 2006

- [172] FELDER, R. M., WOODS, D. R., STICE, J. E., RUGARCIA, A. *The Future of Engineering Education II. Teaching Methods that Work*. Chem. Engr. Education, 34(1), 26–39, 2000
- [173] FELDER, R. M., WOODS, D. R., STICE, J. E., RUGARCIA, A. *The Future of Engineering Education III. Developing Critical Skills*, Chem. Engr. Education, 34(2), 108–117, 2000
- [174] MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO - MEC/ REUNI. Disponível em: <portal.mec.gov.br/ index.php?Itemid=1085>. Acessado em maio 2013
- [175] SCHUNK, D. H. *Goal and self-evaluative influences during children's cognitive skill learning*. American Educational Research Journal, 33, 359-382, 1996
- [176] GRAAFF, E.. *Invited Speaker, Proceedings of the Fourth International Symposium on Project Approaches in Engineering Education*, PAEE 2012, July 2012, São Paulo.
- [177] DIAS, A. M; CÁCERES, E. N.; MARTINS, I. M. L. e GOUVEIA, S. T. (Org). *Estudo sobre Egressos do Programa de Educação Tutorial/PET 1979-2088 MEC/SESu*. Editora Brasil Tropical, Fortaleza, 2009
- [178] PINTO, D. P., Gomes, F. J., CARVALHO, D., HATTUM-JANSSEN, N. V., LIMA, R. M. *Aprendizagem Ativa na Disciplina Eficiência Energética: um experimento metodológico* In: International Symposium on Project Approaches in Engineering Education, 2012, São Paulo. PAEE 2012. , v.1. p.1 – 10, 2012
- [179] PINTO, D. P., GOMES, F. J., CARVALHO, D., HATTUM-JANSSEN, N. V., LIMA, R. M. *Implantação da Estratégia P2BL na FE/UFJF: Relato, Análise e Avaliação* In: 5th International Symposium on Project Approaches in Engineering Education, 2013, Eindhoven, Netherlands. PAEE 2013.
- [180] PINTO, D. P., GOMES, F. J., CAMPOS, L. C. *Desafios da Educação em Engenharia Formação em Engenharia, Internacionalização, Experiências Metodológicas e Proposições* In: **Desafios da Educação em Engenharia Formação em Engenharia**. 1 ed. Brasília : ABENGE, v.1, p. 1-360, 2013,
- [181] PINTO at all. *Aprendizagem Ativa na Educação Em Engenharia*, In.: Desafios da Educação em Engenharia: Vocação, Formação, Exercício Profissional , Experiências Metodológicas e Proposições , Brasília, ABENGE 2012.

- [182] MEC/CNE/CES, Resolução CNE/CES 11. Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. DOU, Brasília, 9 de abril de 2002, seção 1, p. 32.
- [183] FREIRE, P. Disponível em < <http://www.paulofreire.org/2015>> Acessado em maio de 2015.
- [184] FREIRE, P.; SHOR, I. *Medo e Ousadia: o cotidiano do professor*. 9. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1986.
- [185] SAVIANI, D. *Pedagogia Histórico-Crítica*. 11^a Ed., Autores Associados, Campinas, 2012.
- [186] Disponível em < <http://www.pz.harvard.edu/tea>. Acessado em maio de 2015.
- [187] SODERBERG, C. R. *Stephen P. Timoshenko:1878-1972. A Biographical Memoir*. National Academy of Sciences, Washington DC, 1982
- [188] DRYDEN, H. *Theodore Von Kármán:1881—1963. A Biographical Memoir*. National Academy of Sciences, Washington DC, 1965
- [189] OPC FOUNDATION. Disponível em <<https://opcfoundation.org/>>. Acessado em maio de 2015.
- [190] KELLEY, R.E. *How to Be a Star Engineer*. IEEE SPECTRUM, oct., 1999, p 51-58.
- [191] QUEIROZ, FLAVIO PADILHA, **GOMES, FRANCISCO JOSÉ**, FREITAS, LUKA PARMA, GAMA, VINICIUS ATHOUGUIA. Development of a Foss-Based Hardware-in-the-loop Platform for Control Engineering Education. *Journal of Control, Automation and Electrical Systems*. , v.24, p.244 - 252, 2013.

11.Anexos

Anexo 01 - Formulário de Acompanhamento de Projetos
PET – Engenharia Elétrica



Título do Projeto

Equipe participante

Objetivo do projeto (produto ou processo a ser desenvolvido)

Conhecimentos Técnicos Desenvolvidos

Competências transversais trabalhadas/reforçadas no projeto

Formas de avaliação na formação técnica dos participantes

Formas de avaliação das competências transversais

Anexo 02 - Formulário de Avaliação - Projeto: _____

Avalie cada membro de seu grupo, e faça sua autoavaliação

Aluno: _____

Alto a Excepcional (5)		Insatisfatório a Baixo (1)
Bem preparado para a reuniões Utiliza uma variedade de referências, apresenta referências apropriadas para as afirmações, faz sumários concisos	Preparação 5 4 3 2 1	Mal preparado para as reuniões Leituras ou pesquisas inadequadas para as tarefas de aprendizagem, contribui pouco para o conhecimento do grupo, não sumariza o material
Assume a responsabilidade pelo seu próprio aprendizado Controla sua própria aprendizagem, tenta ativamente melhorar, critica os recursos disponíveis.	Responsabilidade 5 4 3 2 1	Não assume a responsabilidade pelo seu próprio aprendizado Não controla sua própria aprendizagem, encobre os erros, raramente critica os recursos disponíveis.
Participação ativa na aprendizagem do grupo Participa ativamente das discussões, assume as atribuições de bom grado.	Participação 5 4 3 2 1	Participação passiva na aprendizagem do grupo: Não participa ativamente das discussões, assume as atribuições de forma relutante
Alta Consciência e capacidade para o trabalho em equipe Assume a liderança ou intervém apropriadamente, demonstra respeito e sensibilidade aos outros, ajuda a resolver conflitos e desentendimentos	Equipe 5 4 3 2 1	Baixa consciência e incapacidade para o trabalho em equipe Intervém inapropriadamente; interrompe, ignora ou se retira quando os outros estão falando; é dominador e impaciente.
Comunicação fácil com os colegas Escuta de forma atenta; sensível a mensagens não verbais e emocionais	Comunicação 5 4 3 2 1	Comunicação difícil com os colegas Não escuta de forma atenta; incapaz de perceber, ou insensível, às mensagens não verbais e emocionais
Comportamento altamente profissional Comparecimento excelente; confiável; aceita prontamente realimentações e aprende com elas	Profissionalismo 5 4 3 2 1	Deficiências no Comportamento profissional Ausente sem justificativas, ou justificativas "fajutas", não confiável, Dificilmente aceita realimentações
Autoconfiança elevada Reconhece os limites de seu conhecimento ou sua capacidade sem se tornar defensivo ou culpar os demais	Reflexividade 5 4 3 2 1	Baixa autoconfiança Necessita ser mais consciente dos limites de seu conhecimento ou sua capacidade e fazer avanços em direção à melhorias
Capacidade para o pensamento crítico: Realiza as tarefas chaves, gera hipóteses, aplica conhecimento aos problemas, aprecia criticamente as informações, faz deduções corretas, explica as linhas de raciocínio.	Pensamento Crítico 5 4 3 2 1	Incapacidade para o pensamento crítico: Incapacidade para realizar tarefas chaves, sem gerar hipóteses, aplicar conhecimento aos problemas, apreciar criticamente as informações, fazer deduções corretas ou explicar as linhas de raciocínio.
Capacidade para o ensino: Relatório de aprendizagem em nível adequado, organizado e relacionado ao assunto. Usa apostilas ou resumos para ajudar a recordar o material	Ensino 5 4 3 2 1	Incapacidade para o ensino: Relatório de aprendizagem inadequado, desorganizado e não relacionado ao assunto. Não utiliza apostilas ou resumos para ajudar a recordar o material

Adicione quaisquer comentários que julgar pertinentes (por exemplo, pontos fortes e fracos) sobre a pessoa sendo avaliada. Use folhas adicionais, se necessário.

Anexo 03 - Competências - Projeto: LinusBot (Exemplo)

PET – Engenharia Elétrica

Etapa do Projeto	Conhecimento técnico trabalhado	Competências transversais reforçadas
Planejamento	Definir placa controladora, sensor infravermelho, modelo de Ponte-H e melhor opção de motores DC	Planejar tarefas, aprendizado independente, cronograma de projetos, integração de conhecimentos
Estudo teórico	Estudo da plataforma Arduino (hardware e software); estudo da implementação do sensor infravermelho em arduino e conexões placa Arduino → ponte H + fonte externa → Motor DC	Trabalho em equipe, aprendizados independente
Programação do seguidor	Estudo sobre a IDE do Arduino, técnicas de controle, desenvolvimento de código para o seguidor e conexão com os demais componentes	Gestão de conflitos, aprendizado independente, responsabilidade, comunicação, cumprir prazos
Preparação do material do robô	Visão didática dos conhecimentos de eletrônica.	Responsabilidade no cumprimento de prazos, comunicação oral e escrita.
Testando a eficácia do material didático	Estudo sobre a IDE do Arduino, técnicas de controle, desenvolvimento de código para o seguidor e conexão com os demais componentes	Responsabilidade no cumprimento de prazos, comunicação oral e escrita, gerir críticas
Apresentação do projeto aos calouros e aulas ministradas	Reforço dos conhecimentos adquiridos sobre eletrônica e programação, aquisição de novos conhecimentos sobre eletrônica	Técnicas de argumentação, desenvolvimento da oratória e lidar com o inesperado
Competição entre os Calouros	Identificar e resolver problemas de hardware e software rapidamente, adaptação do equipamento a diferentes ambientes	Lidar com imprevisto, gerenciar eventos

Anexo 04 - Trabalhos Publicados sobre Educação em Engenharia (no interstício considerado)

Artigos completos publicados em periódicos

1. CARVALHO, D. A., ALMEIDA, M. T., NEVES JUNIOR, S. B., SILVA, S. A. A. S. E., CYRILLO, Y. M., **GOMES, F. J.** A estratégia PjBL no Século XXI: Utilização das Ferramentas Digitais. Revista Eletrônica Engenharia Viva. , v.Volume 1, p.75 - 90, 2014.
2. QUEIROZ, FLAVIO PADILHA, **GOMES, FRANCISCO JOSÉ**, FREITAS, LUKA PARMA, GAMA, VINICIUS ATHOUGUIA. Development of a Foss-Based Hardware-in-the-loop Platform for Control Engineering Education. Journal of Control, Automation and Electrical Systems. , v.24, p.244 - 252, 2013.
3. SILVA, A. A., REIS, A. L. E., ARAUJO, F. T. H., VIANNA, J. T. A., MELO, L. M. F., VIOL, R., **GOMES, F. J.** WEB 2.0 no Ensino da Engenharia. O Setor Elétrico. , v.7, p.68 - 75, 2012.

Capítulos de livros publicados

1. GOMES, F. J., PEREIRA, D. P. Avaliação dos Cursos de Graduação: Algumas Considerações In: Educação em Engenharia: Evolução, Bases, Formação ed.Juiz de Fora : DI Gráfica Editora, 2010, v.01, p. 01-248.
2. **GOMES, F. J.** Educação Tutorial: Estratégia para Fortalecer Conteúdos, Construir Competências e Desenvolver Habilidades In: Educação em Engenharia: Evolução, Bases, Formação ed.Juiz de Fora : DI Gráfica Editora, 2010, v.1, p. 1-2.
3. GOMES, F. J., PEREIRA, D. P. Laboratórios Integrados para Controle de Processos e Análise da Eficiência Energética de Sistemas Industriais In: Educação em Engenharia: Evolução, Bases, Formação ed.Juiz de Fora : DI Gráfica Editora, 2010, v.01, p. 1-248.
4. **GOMES, F. J.** Educação Tutorial: como praticá-a? In: Programa de Educação Tutorial: estratégia para o desenvolvimento da graduação ed.Brasília : Brasil Tropical, 2008, p. 61-68.
5. GOMES, F. J., SILVEIRA, M. A. Experiências Pedagógicas In: Manual de Automação e Controle, 2007, p. 35-56.

Trabalhos publicados em anais de eventos (completo)

1. KOLLARZ, M., GUIMARAES, I. M., MUSSE, B., **GOMES, F. J.** Incluindo Atores Sociais na Educação em Engenharia: o Projeto Engenharia nas Escolas In: XLIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - Cobenge 2015, 2015, São Bernardo do Campo. **Anais do XLIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - Cobenge 2015.**, 2015. v.1. p.1 - 10
2. ZAMBRANO, L. M. A., MARQUES, A. C., BASTOS, P. K. X., CASTRO, E. B. P., **GOMES, F. J.**, LUZ, A. P., ALMEIDA, M., CYRILLO, Y. M. LABORATÓRIO CASA SUSTENTÁVEL: UM AMBIENTE DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO EM ARQUITETURA SUSTENTÁVEL EM

JUIZ DE FORA - MG In: XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído - ENCAC/ELACAC2105, 2015, Campinas. **Anais do ENCAC/ELACAC2105.**, 2015. v.1. p.1 - 6

3. SANTOS NETO, A. F., **GOMES, F. J.** Modelagem e Controle de um Sistema TITO de Processo industrial mediante o Protocolo OPC e o FOSS Scilab In: DINCON 2015 - Conferência Brasileira de Dinâmica, Controle e Aplicações, 2015, Natal - Rn. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics.**, 2015. v.1. p.1 - 6

4. GUIMARAES, I. M., MARTINS, M. F., SAMPAIO, T., **GOMES, F. J.** Projeto Llinus bot: a metodologia PjBL na inserção dos novos alunos no curso de engenharia elétrica In: XLIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2015, São Bernardo do Campo. **Anais do XLIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia.**, 2015. v.1. p.1 - 6

5. VITOI, L. A., CARVALHO, D. A., KOLLARZ, M., CYRILLO, Y. M., **GOMES, F. J.** DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA OPEN HARDWARE PARA ESTUDO DE UM CARREGADOR SOLAR In: XLII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - Cobenge 2014, 2014, Juiz de Fora. **Anais do XLII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - Cobenge 2014.**, 2014. v.1. p.1 - 10

6. **GOMES, F. J.**, STARI, C., DAVOINE, F., EIREA, G., KOLLARZ, M., MUSSE, B. How to include activities with social actors in the engineering curriculum? In: Active Learning in Engineering Education Workshop - ALE 2014, 2014, Caxias do Sul. **Anais do ALE 2014.**, 2014.

7. CARVALHO, D. A., MELO, G. M., LOPES, G. M., HOFSTATTER, G., FRIZONI, L. H., NEVES JUNIOR, S. B., SILVA, S. A. A. S. E., CYRILLO, Y. M., **GOMES, F. J.**, ZAMBRANO, L. M. A. UTILIZAÇÃO DA ESTRATÉGIA PJBL NO DESENVOLVIMENTO DE UM HELIODON COMO FERRAMENTA PARA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA In: XLII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - Cobenge 2014, 2014, Juiz de Fora - MG. **Anais do XLII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - Cobenge 2014.**, 2014. v.1. p.1 - 10

8. VIANNA, J. T. A., MELO, G. M., ALMEIDA, L. R., MUSSE, B., SILVA, S. A. A. S. E., FRIZONI, L. H., **GOMES, F. J.** UTILIZAÇÃO DA ESTRATÉGIA PJBL PARA APRENDIZAGEM DE CONVERSORES DC/DC In: XLII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - Cobenge 2014, 2014, Juiz de Fora. **Anais do XLII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - Cobenge 2014.**, 2014. v.1. p.1 - 10

09. CARVALHO, D. A., ALMEIDA, M. T., NEVES JUNIOR, S. B., SILVA, S. A. A. S. E., CYRILLO, Y. M., **GOMES, F. J.** A ESTRATÉGIA PJBL NO SÉCULO XXI: UTILIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS DIGITAIS In: XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2013, Gramado. **Anais do XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia.**, 2013. v.1. p.1 - 10

10. MUSSE, B., MELO, G. M., SILVA, S. A. A. S. E., COSTA, E. L., **GOMES, F. J.** Acercamiento de estudiantes secundaristas com la Universidad a través de la orientación profesional: la experiencia del curso de Ingeniería Eléctrica de la UFJF In: XII Congreso Iberoamericano

de Extensión Universitaria, 2013, Quito. **Anales del XII Congreso Iberoamericano de Extensión Universitaria.**, 2013. v.1. p.1 - 6

11. SILVA, D. B., QUINTINO, J., SANTOS NETO, A. F., SILVA, A., **GOMES, F. J.** APLICABILIDADE FOSS: PROTOCOLO OPC, JAVA E SCILAB NA EDUCAÇÃO EM SISTEMAS DE CONTROLES INDUSTRIAS In: XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - Cobenge 2013, 2013, Gramado. **Anais do XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - Cobenge 2013.**, 2013. v.1. p.1 - 6

12. SOUZA, A. L., NEVES JUNIOR, S. B., ALMEIDA, M. T., **GOMES, F. J.** DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA DE INTERFACE VIRTUAL EDUCACIONAL PARA DISSEMINAÇÃO DE CONHECIMENTOS DE SMART GRID In: XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2013, Gramado. **Anais do XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia.**, 2013. v.1. p.1 - 10

13. **GOMES, F. J.**, PEREIRA, D. P., CARVALHO, D., LIMA, R., HATTUM-JANSSEN, N. V. Implantação da Estratégia P2BL na FE/UFJF: Relato, Análise e Avaliação. In: 5th International Symposium on Project Approaches in Engineering Education, 2013, Eindhoven, the Netherlands. **PAEE 2013.**, 2013. v.1. p.1 - 6

14. SILVA, D. B., QUINTINO, J., **GOMES, F. J.** MÓDULO LABORATORIAL BASEADO EM FOSS PARA EDUCAÇÃO EM CONTROLE DE PROCESSOS E DESENVOLVIMENTO DAS COMPETÊNCIAS TRANSVERSAIS In: XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - Cobenge 2013, 2013, Gramado. **Anais do XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - Cobenge 2013.**, 2013. v.1. p.1 - 10

15. MUSSE, B., FONSECA, A. B., MELO, G. M., FRIZONI, L. H., **GOMES, F. J.** UTILIZAÇÃO DE UMA ESTRATÉGIA PjBL PARA DESENVOLVIMENTO DAS COMPETÊNCIAS TRANSVERSAIS DO PERFIL PROFISSIONAL DO ENGENHEIRO In: XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - Cobenge 2013, 2013, Gramado. **Anais do XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - Cobenge 2013.**, 2013. v.1. p.1 - 10

16. **GOMES, F. J.**, PEREIRA, D. P., HATTUM-JANSSEN, N. V., LIMA, R., CARVALHO, D. Aprendizagem Ativa na Disciplina Eficiência Energética: um experimento metodológico. In: International Symposium on Project Approaches in Engineering Education, 2012, São Paulo. **PAEE 2012.**, 2012. v.1. p.1 - 10

17. VALENTE, H. B., CYRILLO, Y. M., CONCEICAO, L. R., ALMEIDA, M. T., OLIVEIRA, G. F., **GOMES, F. J.** COMPLEMENTANDO A EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA COM PjBL: A PROPOSTA DE UMA EDIFICAÇÃO SUSTENTÁVEL In: XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2012, Belém - PA. **Anais do XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia.**, 2012.

18. VITOI, L. A., PAULA, I. L., **GOMES, F. J.** DESENVOLVIMENTO DE UM MÓDULO LABORATORIAL PARA EDUCAÇÃO EM CONTROLE DE PROCESSOS MIMO BASEADA EM FOSS In: XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2012, Belém. **Anais do XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia.**, 2012.

19. REIS, A. L. E., CARVALHO, D. A., OLIVEIRA, G. F., MELO, L. M. F., CONCEICAO, L. R., **GOMES, F. J.** DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA EDUCACIONAL FOSS PARA APLICAÇÃO EM PROJETOS DE ELETRÔNICA DE POTÊNCIA In: XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2012, Belém. **Anais do XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia.** , 2012.
20. PEREIRA, D. P., **GOMES, F. J.**, FARAGE, M. C. R., BASTOS, F. S. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS ESCOLAS: GERENCIANDO GRUPOS MULTIDISCIPLINARES USANDO PjBL In: XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2012, Belém. **Anais do XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia.** , 2012.
21. SANTOS NETO, A. F., QUINTINO, J., **GOMES, F. J.**, BARBOSA, F. S. ENSINO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA AO CONTROLE DE PROCESSOS ATRAVÉS DO MATLAB E DE UM MÓDULO LABORATORIAL DE BAIXO CUSTO In: XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2012, Belém. **Anais do XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia.** , 2012.
22. MARCIANO, P. C. R., GOMES, F. M. C., **GOMES, F. J.**, COELHO, Antônio Augusto R Innovating the Control Engineering Education: a P2BL Strategy for a Laboratory Damped Pendulum In: XV CONGRESO LATINOAMERICANO DE CONTROL AUTOMÁTICO, 2012, Lima. **MEMORIA XV CONGRESO LATINOAMERICANO DE CONTROL AUTOMÁTICO.** , 2012.
23. MARCIANO, P. C. R., GOMES, F. M. C., **GOMES, F. J.** MÓDULO LABORATORIAL BASEADO EM FOSS PARA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE COM A ESTRATÉGIA P2BL In: XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2012, Belém. **Anais do XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia.** , 2012.
24. VITOI, L. A., PAULA, I. L., **GOMES, F. J.**, COELHO, Antônio Augusto Rodrigues Módulo MIMO de Baixo Custo baseado em FOSS para Treinamento de Operadores In: 10th IEEE/IAS International Conference on Industry Applications, 2012, Fortaleza. **Proceedings of 10th IEEE/IAS International Conference on Industry Applications.** , 2012. v.1. p.1 - 6
25. VALENTE, H. B., CONCEICAO, L. R., OLIVEIRA, G. F., CYRILLO, Y. M., **GOMES, F. J.** Sustainable Homelab: Automation, Data Monitoring, Alternative Energy and Education on Efficiency Sustainable Living Environments In: CIB International Conference on Smart and Sustainable Built Environments, 2012, São Paulo. **Proceedings of SASBE 2012.** , 2012. v.1. p.1 - 6
26. SANTOS NETO, A. F., BARBOSA, F. S., **GOMES, F. J.** The OPC Communication Protocol: a Powerful Tool for Control Engineering Education In: XV CONGRESO LATINOAMERICANO DE CONTROL AUTOMÁTICO, 2012, Lima. **MEMORIA XV CONGRESO LATINOAMERICANO DE CONTROL AUTOMÁTICO.** , 2012.
27. SANTOS NETO, A. F., SILVA, D. B., QUINTINO, J., BARBOSA, F. S., **GOMES, F. J.** TORNANDO A EDUCAÇÃO EM CONTROLE DE PROCESSOS MAIS REALISTA: A UTILIZAÇÃO

DO PROTOCOLO OPC In: XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2012, Belém. **Anais do XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia.** , 2012.

28. **GOMES, F. J.**, QUEIROZ, F. P., MARTINS, D. S., COELHO, Antônio Augusto Rodrigues ANÁLISE COMPARATIVA DE SINTONIAS PID PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS PROCESSOS INDUSTRIAIS In: IV Congresso Brasileiro de Eficiência Energética - IV CBEE, 2011, Juiz de Fora. **Anais do IV Congresso Brasileiro de Eficiência Energética - IV CBEE.** , 2011. v.1. p.1 - 6

29. GOMES, F. J., COELHO, Antônio Augusto Rodrigues, FRANCA, A. A., SILVEIRA, A. S. APLICAÇÃO DO AMBIENTE COMPUTACIONAL SICOSLAB EM MODELAGEM, SIMULAÇÃO E CONTROLE DIGITAL EM SISTEMAS DINÂMICOS In: 10º CONGRESO INTERAMERICANO DE COMPUTACIÓN APLICADA A LA INDUSTRIA DE PROCESOS, CAIP'2011, 2011, GIRONA. **Anais do 10º CONGRESO INTERAMERICANO DE COMPUTACIÓN APLICADA A LA INDUSTRIA DE PROCESOS, CAIP'2011.** GIRONA: , 2011.

30. PEREIRA, D. P., CASAGRANDE, C. G., **GOMES, F. J.** APRENDIZAGEM ATIVA NO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA DA UFJF: RESULTADOS DE UMA EXPERIÊNCIA In: XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2011, Blumenau. **Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia.** , 2011. v.1. p.1 - 10

31. VITOI, L. A., CONCEICAO, L. R., PAULA, I. L., MARCIANO, P. C. R., MEDEIROS, B. S., COSTA, A. G. P., M, R. S. R. C., **GOMES, F. J.** Desenvolvimento de Valores e Competências no Currículo de Engenharia com a utilização da WEB 2.0 In: XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2011, Blumenau. **Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia.** , 2011. v.1. p.1 - 10

32. **GOMES, F. J.**, LOPES, I. F., PEREIRA, D. P., COELHO, Antônio Augusto Rodrigues, CASAGRANDE, C. G.IMPACTOS DAS ESTRATÉGIAS DE CONTROLE NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS PROCESSOS INDUSTRIAIS In: IV Congresso Brasileiro de Eficiência Energética - IV CBEE, 2011, Juiz de Fora. **Anais do IV CBEE.** , 2011. v.1. p.1 - 10

33. BALDIOTTI, H. R., GAMA, V. A., QUEIROZ, F. P., **GOMES, F. J.** Módulo Laboratorial de baixo custo, baseado em FOSS, para educação em engenharia de controle de processos industriais In: XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2011, Blumenau. **Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia.** , 2011. v.1. p.1 - 6

34. REIS, A. L. E., VIANNA, J. T. A., MELO, L. M. F., VIEIRA, L. P., VIOL, R., **GOMES, F. J.** Plataforma Educacional FOSS para o Projeto de Fontes de Alimentação Lineares In: XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2011, Blumenau. **Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia.** , 2011. v.1. p.1 - 6

35. MARCIANO, P. C. R., VITOI, L. A., CONCEICAO, L. R., PAULA, I. L., **GOMES, F. J.** Proposta de Complemento à Educação na Engenharia Utilizando Ferramenta Interativa Baseada em FOSS: o Tutorial do Motor de Passo In: XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2011, Blumenau. **Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia.** , 2011. v.1. p.1 - 10

36. SILVEIRA, A. S., COELHO, Antônio Augusto Rodrigues, **GOMES, F. J.** Teaching PID Tuning with IMC Design for Dynamic Systems using ScicosLab. In: 18th IFAC World Congress, 2011, Milan - Italy. **Proceedings of the 18th IFAC World Congress.** , 2011. v.1. p.1 - 6
37. GOMES, F. J., COELHO, Antônio Augusto Rodrigues, GAMA, V. A., QUEIROZ, F. P. UMA PROPOSTA HILS PARA EDUCAÇÃO EM CONTROLE DE PROCESSOS In: 10º CONGRESO INTERAMERICANO DE COMPUTACIÓN APLICADA A LA INDUSTRIA DE PROCESOS, CAIP'2011, 2011, GIRONA. **Anais do 10º CONGRESO INTERAMERICANO DE COMPUTACIÓN APLICADA A LA INDUSTRIA DE PROCESOS, CAIP'2011.** GIRONA: , 2011.
38. **GOMES, F. J.**, SILVA, A. A., REIS, A. L. E., ARAUJO, F. T. H., VIANNA, J. T. A., MELO, L. M. F., VIOL, R. UTILIZAÇÃO DA WEB 2. 0 PARA FORMAÇÃO DE UMA VISÃO CRÍTICA SOBRE A SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA In: IV Congresso Brasileiro de Eficiência Energética - IV CBEE, 2011, Juiz de Fora. **Anais do IV Congresso Brasileiro de Eficiência Energética - IV CBEE.** , 2011. v.1. p.1 - 6
39. GOMES, F. J., COELHO, Antônio Augusto R, GAMA, V. A., QUEIROZ, F. P. AMPLIANDO O ESPAÇO LABORATORIAL: EDUCAÇÃO EM CONTROLE ATRAVÉS DE AMBIENTE HILS BASEADO EM FOSS In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - XXXVIII COBENGE, 2010, Fortaleza. **Anais do XXXVIII COBENGE.** , 2010.
40. GOMES, F. J., COELHO, Antônio Augusto Rodrigues, FRANCA, A. A., KNIHS, V. L., SILVEIRA, A. S. APLICAÇÃO DA SINTONIA IMC NO CONTROLADOR PID EM SISTEMAS NÃO-LINEARES SIMULADOS COM SCICOSLAB In: 9th IEEE/IAS International Conference on Industry Applications – INDUSCON 2010, 2010, São Paulo. **Anais do 9th IEEE/IAS International Conference on Industry Applications – INDUSCON 2010.** São Paulo: 9th IEEE/IAS International Conference on Industry Applications – INDUSCON 2010, 2010.
41. GOMES, F. J., CARVALHO, R. T., VALENTE, H. B. CONSTRUINDO COMPETENCIAS E HABILIDADES NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA COM O RAMO ESTUDANTIL IEEE DA UFJF In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - XXXVIII COBENGE, 2010, Fortaleza. **Anais do XXXVIII COBENGE.** , 2010.
42. GOMES, F. J., SANTOS NETO, A. F. CONTROLADORES PID: INTRODUZINDO INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL NO CONTROLE INDUSTRIAL In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - XXXVIII COBENGE, 2010, Fortaleza. **Anais do XXXVIII COBENGE.** , 2010.
43. GOMES, F. J., FREITAS, L. P., GAMA, V. A., QUEIROZ, F. P. DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA HILS PARA EDUCAÇÃO EM CONTROLE DE PROCESSOS BASEADA EM FOSS In: XVIII Congresso Brasileiro de Automática CBA2010 -, 2010, Bonito - MS. **Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Automática -CBA2010.** , 2010.
44. GOMES, F. J., GIOVANARDI, G. C. C., PEREIRA, L. O., MORAES, J. MODELAGEM DE UMA PLANTA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA ATRAVÉS DO MODELICA PARA FINALIDADES

EDUCACIONAIS In: XVIII **Congresso Brasileiro de Automática CBA2010** -, 2010, Bonito - MS. **Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Automática -CBA2010.** , 2010.

45. GOMES, F. J., GIOVANARDI, G. C. C., MORAES, J., PEREIRA, L. O. MODELAGEM DE UMA PLANTA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA ATRAVÉS DO SCICOSLAB PARA FINALIDADES EDUCACIONAIS In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - XXXVIII COBENGE, 2010, Fortaleza. **Anais do XXXVIII COBENGE.** , 2010.

46. GOMES, F. J., CARVALHO, R. T., BALDIOTTI, H. R., SILVA, N. L. MÓDULO LABORATORIAL PARA EDUCAÇÃO EM CONTROLE, EM TEMPO REAL, BASEADO EM LINUX/RTAI In: XVIII Congresso Brasileiro de Automática CBA2010 -, 2010, Bonito - MS. **Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Automática -CBA2010.** , 2010.

47. GOMES, F. J., COELHO, A. A. R., GAMA, V. A., QUEIROZ, F. P. SOLUÇÕES HILTS BASEADAS EM FOSS PARA TREINAMENTO E SUPERVISÃO EM CONTROLE DE PROCESSOS INDUSTRIAIS In: 9th IEEE/IAS International Conference on Industry Applications – INDUSCON 2010, 2010, São Paulo. **Anais do 9th IEEE/IAS International Conference on Industry Applications – INDUSCON 2010.** São Paulo: , 2010.

48. GOMES, F. J., SILVA, A. A., REIS, A. L. E., MONTEIRO, F. C. G., SCHETTINO, H. J., VIANNA, J. T. A., MELO, L. M. F. TRANSVERSALIDADE NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA COM A WEB 2.0: O PROJETO ENERGIA INTELIGENTE In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - XXXVIII COBENGE, 2010, Fortaleza. **Anais do XXXVIII COBENGE** , 2010.

49. GOMES, F. J., PEREIRA, D. P., OLIVEIRA, V. F. Uma Reflexão sobre Avaliação In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - XXXVIII COBENGE, 2010, Fortaleza. **Anais do XXXVIII COBENGE.** , 2010.

50. GOMES, F. J., FRANCA, A. A., MEGIOLARO, W. H., NASCIMENTO, T. P. Ambiente Computacional de Auxílio no Estudo do Fluxo de Carga em Redes de Energia Elétrica In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE 2009, 2009, Recife. **Anais do XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE 2009.** Recife: ABENGE - Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2009.

51. GOMES, F. J., PEREIRA, D. P. Ampliando Horizontes na Graduação através da Mobilidade Acadêmica: Exemplo de Um Caso Concreto In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE 2009, 2009, Recife. **Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE 2009.** Recife: ABENGE - Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2009.

52. GOMES, F. J., FREITAS, L. P. Dinâmica de Sistemas Físicos: Proposta de Ferramenta Educacional Interativa In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE 2009, 2009, Recife. **Anais do XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE 2009.** Recife: ABENGE - Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2009.

53. GOMES, F. J., GAMA, V. A. Laboratório Matricial para Educação em Engenharia In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE 2009, 2009, Recife.

Anais do XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE 2009. Recife: ABENGE - Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2009.

54. GOMES, F. J., PEREIRA, D. P. Mobilidade Acadêmica: Estratégia para Formação de Multiplicadores em Eficiência Energética In: III Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, 2009, Belém. **Anais do III Congresso Brasileiro de Eficiência Energética.** , 2009.

55. GOMES, F. J., PEREIRA, D. P. Educação em Engenharia de Controle e Automação: Proposta de Laboratório Integrado com Ambiência Industrial In: XXVII Congresso Brasileiro de Automática – CBA2008, 2008, Juiz de Fora. **Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Automática - XVI CBA.** Juiz de Fora: SBA, 2008.

56. GOMES, F. J., PEREIRA, D. P. El Papel de los Laboratorios en el Proceso de Educación en Ingeniería de Control Automático: Estudio de Caso de una Implementación Concreta In: XIII Congreso Latinoamericano de Control Automático – XIII CLCA, 2008, Mérida - Venezuela. **Anales del XIII Congreso Latinoamericano de Control Automático – XIII CLCA.** , 2008.

57. GOMES, F. J., FRANCA, A. A., MEGIOLARO, W. H., NASCIMENTO, T. P. Linhas de Transmissão: Cálculo, Projeto e Análise sem Complicações In: XXXVII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE 2008, 2008, São Paulo. **Anais do XXXVII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE 2008.** São Paulo: ABENGE - Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2008.

58. GOMES, F. J., MARTINS, D. Otimização Aplicada a Indústria da Energia Elétrica: um Ambiente Educacional para Cursos de Graduação In: XXVII Congresso Brasileiro de Automática – CBA2008, 2008, Juiz de Fora. **Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Automática – CBA2008.** Juiz de Fora: SBA, 2008.

59. PEREIRA, D. P., GOMES, F. J. PRÁTICA LABORATORIAL: ELEMENTO INTEGRADOR ENTRE EDUCAÇÃO EM CONTROLE DE PROCESSOS E TREINAMENTO DA OPERAÇÃO INDUSTRIAL In: VII Conferência Internacional de Aplicações Industriais - INDUSCON, 2008, Poços de Caldas. **Anais da VII Conferência Internacional de Aplicações Industriais - INDUSCON.** , 2008. v.1. p.1 - 8

60. GOMES, F. J., CARMO, M. J., SEVERINO, J. F. B. Ambiente multifuncional integrado para sintonia e avaliação do desempenho de malhas industriais de controle In: V Seminário Nacional de Controle e Automação, V SNCA 2006, 2007, Salvador - Bahia. **Anais do V Seminário Nacional de Controle e Automação, V SNCA 2006.** , 2007.

61. GOMES, F. J. Avaliando Excelência Acadêmica: os equívocos de um procedimento correto In: XXXV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia -COBENGE2007, 2007, Curitiba. **Anais do XXV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - COBENGE2007.** , 2007.

62. GOMES, F. J., GRIZENDI, José Carlos Miranda Eliminating Correlations and Redundancy in Academic Evaluation Through Multivariate Analysis In: International Conference on Engineering Education - 2007 ICEE Conference, 2007, Coimbra, Portugal. **Proceedings of**

the International Conference on Engineering Education - 2007. New York: INEER - International Network for Engineering Education & Research, 2007.

63. GOMES, F. J., GRIZENDI, José Carlos Miranda Evaluation Questionnaires: What Information can we really get from them? In: XXXV Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia -COBENGE2007, 2007, Curitiba. **Anais do XXXV Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia -COBENGE2007.**, 2007.

64. GOMES, F. J., MOREIRA, I. Ferramenta Interativa para Aprendizado em Controle: Projeto de Compensadores Utilizando Lugar das Raízes In: XXXV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia -COBENGE2007, 2007, Curitiba. **Anais do XXXV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia -COBENGE2007.**, 2007.

65. GOMES, F. J., CESAR, T. C., ESPERIDON, J. A. A Didactic Environment for Design and Analysis of Linear Voltages Sources In: International Conference on Engineering Education - 2006 ICEE Conference, 2006, San Juan de Puerto Rico. **Proceedings of the International Conference on Engineering Education - 2006 ICEE Conference.** New York: INEER - International Network for Engineering Education & Research, 2006.

66. GOMES, F. J., ESPERIDON, J. A., GHETTI, F. T., VIANELLO, R., CESAR, T. C. An Integrated Experimental Module for Process Control and Modeling In: IX International Conference on Engineering Education - 2006 ICEE Conference, 2006, San Juan de Puerto Rico. **Proceedings of the International Conference on Engineering Education - 2006 ICEE Conference.** New York: INEER - International Network for Engineering Education & Research, 2006.

67. GOMES, F. J., SCHULTZ, D. F., LUPINACCI, W. M. Bringing Industrial Automation Environment into Classroom: A Didactic Three-Tank and Heat Exchanger Module In: IX International Conference on Engineering Education - 2006 ICEE Conference, 2006, San Juan de Puerto Rico. **Proceedings of the IX International Conference on Engineering Education - 2006 ICEE Conference.** New York: INEER - International Network for Engineering Education & Research, 2006.

68. GOMES, F. J., CARMO, M. J. Diagnóstico de Controladores PID e Performance de Malhas Industriais em Ambiente Multifuncional Integrado In: XII Latin American Congress on Automatic Control - CLCA 2006, 2006, Salvador - Bahia. **Proceedings of the XII Latin American Congress on Automatic Control.**, 2006.

69. GOMES, F. J., CARVALHO, H. H. B. Educação em Controle e Automação em Ambiente Adverso: Estudo de Caso de uma Experiência Tutorial In: XVI Congresso Brasileiro de Automática - XVI CBA, 2006, Salvador - Bahia. **Anais do XVI Congresso Brasileiro de Automática - XVI CBA.**, 2006.

70. GOMES, F. J., CARVALHO, H. H. B. Educação em Controle e Automação em Ambiente Adverso: Estudo de Caso de uma Experiência Tutorial In: XXXIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia XXXIV COBENGE 2006, 2006, Passo Fundo - RS. **XX Anais do XIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia XXXIV COBENGE 2006.**, 2006.

71. GOMES, F. J., CARVALHO, H. H. B. Establishing the Excellence Grounds in Engineering Education through Tutoring Strategies: A Fifteen Years Experience Case Study” In: International Conference on Engineering Education - 2006 ICEE Conference, 2006, San Juan de Puerto Rico. **Proceedings of the International Conference on Engineering Education - 2006 ICEE Conference**. New York: INEER - International Network for Engineering Education & Research, 2006.
72. GOMES, F. J., CARVALHO, H. H. B. Fontes de Tensão Lineares: Procedimentos Integrados de Cálculo, Análise e Otimização In: XXXIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia XXXIV COBENGE 2006, 2006, Passo Fundo - RS. **Anais do XXXIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia XXXIV COBENGE 2006**. Brasília: ABENGE - Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2006.
73. GOMES, F. J., FERREIRA, A. L. S., A., A. S. C., FARIA, P. V. A., MUNIZ, C. A., MARTINS, C. H. N. O Problema da Defasagem entre a Teoria e a Prática: Proposta de uma Solução de Compromisso para um Problema Clássico de Controle In: XXXIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia XXXIV COBENGE 2006, 2006, Passo Fundo - RS. **Anais do XXXIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia XXXIV COBENGE 2006**. Brasília: ABENGE - Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2006.
74. GOMES, F. J., A., A. S. C., FERREIRA, A. L. S., MARTINS, C. H. N., MUNIZ, C. A., FARIA, P. V. A. O Problema da Defasagem entre a Teoria e a Prática: Proposta de uma Solução de Compromisso para um Problema Clássico de Controle In: XVI Congresso Brasileiro de Automática - XVI CBA, 2006, Salvador - Bahia. **Anais do XVI Congresso Brasileiro de Automática - XVI CBA**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Automática - SBA, 2006.