



FILOSOFIA DA ENGENHARIA:
O QUE É E POR QUE VOCÊ DEVERIA SE INTERESSAR

Édison Renato Pereira da Silva

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientadores: Domício Proença Junior
Luiz Antonio Meirelles

Rio de Janeiro
Janeiro de 2011

FILOSOFIA DA ENGENHARIA:
O QUE É E POR QUE VOCÊ DEVERIA SE INTERESSAR

Édison Renato Pereira da Silva

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Examinada por:

Prof. Domício Proença Junior, D. Sc.

Prof. Luiz Antonio Meirelles, D. Sc.

Prof. Heitor Mansur Caulliriaux, D. Sc.

Prof. Antonio Augusto Passos Videira, Ph. D.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

JANEIRO DE 2011

Silva, Édison Renato Pereira da

Filosofia da Engenharia: O que é e por que você deveria se interessar/ Édison Renato Pereira da Silva. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2011.

XX, 120 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Domício Proença Junior

Luiz Antonio Meirelles

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Produção, 2011.

Referências Bibliográficas: p. 115-120.

1. Filosofia da Engenharia. 2. Epistemologia. 3. Heurísticas. I. Proença Jr, Domício et al. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Produção. III. Título.

Dedicatória

O espírito da Ciência

A ciência é a unidade do material e do espiritual, e fica mais poderosa por causa do segundo. Sendo uma característica primordial da civilização humana, o espírito da ciência se origina do desejo humano de conhecer o desconhecido e de buscar a verdade, assim como da tradição humana de ser racional e positivo. Sua conotação tem sido fortemente enriquecida com o desenvolvimento incessante da prática científica. Historicamente, a ciência guiou as pessoas a se libertarem da ignorância, superstição e dogmatismo. No mundo atual, onde os avanços materiais da ciência possuem papel central, o espírito é de mais e mais amplos valores socioculturais, se transformando em riqueza espiritual dividida por toda a sociedade e num farol orientador para iluminar o caminho do avanço da humanidade. Assim, sua defesa e promoção tem se tornado imperativo.

Em essência, o espírito da ciência significa buscar a verdade. Perseverar na busca e na defesa da verdade é a natureza da ciência. O real significado do espírito da ciência reside numa atitude que valoriza o conhecimento existente, mas que também é objetivamente crítica e questionadora. Ele convida as pessoas a estarem preparadas para rejeitar aquelas conclusões e julgamentos que são aparentemente inalteráveis, mas limitadas pela falta de um entendimento profundo. Ele também conclama as pessoas a estarem prontas para aceitar conceitos que aparentemente se desviam das normas convencionais, mas que possuem conotações científicas. Em adição, o espírito científico acredita que todo o conhecimento científico é passível de mudanças e que as fronteiras da ciência são infinitas.

O espírito possui grande estima pela inovação e a considera a alma da ciência. Ele mostra respeito pela originalidade, encoraja descobertas e inovação de conhecimento e promove a aplicação inventiva do conhecimento. Ele advoga liberdade acadêmica para inovação, tolerância a falhas, um ambiente onde todos são iguais perante a verdade e autoconfiança para inovação.

O espírito significa um método rigoroso e vigoroso. Cada conclusão deve ser provada logicamente tanto por demonstração rigorosa quanto por verificação completamente objetiva caso se pretenda que elas sejam finalmente reconhecidas pela comunidade científica. Sem exceção, a pesquisa de todos deve passar por um rigoroso escrutínio até que todas as discordâncias e objeções contrárias sejam esclarecidas. Depois disso, as conclusões ainda devem ser objeto de checagens sucessivas.

Um espírito como esse deve ser incorporado por uma doutrina de aplicabilidade universal. Como um sistema de conhecimento, a ciência é universal e tem a sua porta aberta a todos, independente de sua nacionalidade, sexo, grupo étnico ou crenças. A pesquisa científica segue normas, critérios e padrões universalmente aplicáveis, e é requerido que se faça julgamento empírico e lógico nas ideias, apresentações e pontos de vista de qualquer pessoa” (LU, 2010: 135-136).

Lu, Y. (2010). *Science & Technology in China: A Roadmap to 2050: Strategic General Report of the Chinese Academy of Sciences* (1º ed.). Springer.

*Esse trabalho é dedicado a todos aqueles que possuem em si o espírito da engenharia.
Em especial aos meus 12 amigos mais queridos, que engenheiram minha vida.*

Agradecimentos

AVISO. Esse agradecimento é longo. Tem 11 páginas. Não há no regimento, manual e norma de aprovação de dissertações e teses da COPPE e da UFRJ nada que impeça esse agradecimento de ter o tamanho que tem. Se a práxis, o senso comum, o bom senso, o bom gosto, a educação ou o gosto do leitor achá-lo demasiadamente grande, peço sinceras desculpas, mas não aceito reduzir ou retirar daqui uma vírgula. Preciso agradecer a todas as pessoas que agradeço aqui, e não consigo falar o que precisa ser dito em menos palavras. Entrego tudo o que tenho de mais caro. Renuncio o título de mestre, desisto do doutorado, até rasgo meu diploma de engenheiro, inclusive o diploma de dignidade acadêmica. Mas não movo uma palha e não tiro uma letra daqui. Como disse Lutero, **Here I stand. I can do no other.**

O (meu) espírito da engenharia

Eu quero um mundo melhor.

Eu quero ser feliz.

Certo dia alguém (não me lembro quem) disse que um homem tem uma escolha a fazer: ou ser alguém na vida, ou ser feliz. O argumento é que o homem que quer fazer a diferença precisa olhar para o passado e pensar o tempo todo no futuro. Viver no futuro. Por ser imutável, o presente não merece atenção, sendo apenas meio a ser compreendido, e não vivido, para que se possa projetar o futuro. Já o homem que quer ser feliz precisa viver essencialmente o hoje, aproveitá-lo da melhor maneira, entendendo o futuro como uma sucessão de “hojes”. Finita.

“Engenheiros realizam sonhos”. “Engenheiros de produção realizam sonhos em massa”. Quanto não vive no futuro o trabalho do engenheiro? Engenheiro no sentido amplo, não apenas aquele que possui o diploma, mas sim todos que fazem projeto e gestão.

Projeta-se sempre para o futuro. Se gere o futuro. O trabalho humano, embora aconteça no presente, é voltado para o futuro.

Daria para não ser assim?

O fato é que o gosto do trabalho vem mudando. O resultado do trabalho também. Para pior?

A questão é que independentemente de estar melhorando ou piorando, eu quero um mundo melhor.

Contudo, há uma inquietação, um problema, ou no jargão da engenharia, um *trade-off*: ao mesmo tempo que existe esse motor de mudança no mundo, eu quero ser feliz.

Em meu caminho, retornando da faculdade, encontro várias lixeiras em minha rua. Caçambas grandes de lixo, da Comlurb, laranjas, do tamanho de uma pessoa, várias juntas, com um ar de sujeira, com a ideia imutável do fedor daqueles objetos rondando até os que passam de longe.

O problema é que a paisagem não está completa. Junto das lixeiras, estão pessoas catando os restos de comida e material reciclável. E as lixeiras são altas. Quando elas estão viradas no chão, com o lixo (que não é pouco) espalhado por toda a calçada (e o fedor também), a paisagem não é tão feia. Ando pela rua para desviar do lixo de bom grado. O problema é quando as pessoas estão dentro da lixeira. Com o corpo todo. Dentro da lixeira.

Essa era a visão do início da faculdade, 2004-2. Agora as pessoas não são mais só adultos: também é possível encontrar crianças dentro das lixeiras.

E são meus vizinhos, na minha rua, do lado da minha casa, moram a cinco minutos a pé de mim. São usuários do serviço público de educação prestado pelos meus pais, e ainda assim entram na lata de lixo para buscar comida e material reciclável. A fome fala mais alto: é melhor morrer de verme daqui a um mês do que hoje de fome. E não dá nem para dizer que a culpa é dos prédios que não fazem coleta seletiva, porque também moro neles. Embora resida numa vila particular, rua fechada, onde cada morador coloca seu lixo na porta da sua casa ao invés de deixar nas lixeiras da rua principal, já teve dia que cheguei em casa à noite e encontrei, na porta de casa, na rua particular da minha vila, uma mulher revirando o lixo. O que fazer nesse caso? Tinha que abrir a porta para guardar o carro, que não é muito moderno, mas que comparado com a situação daquela mulher, na porta da minha casa, era algo muito significativo. Dá para dormir depois disso?

E isso é todo dia. Desde 2004-2, até hoje, e mesmo antes de 2004-2.

Qualquer um que já entrou no estacionamento do Centro de Tecnologia da UFRJ às 8 da manhã percebe que o bloco F é o mais cheio e com carros mais modernos. A tradição marxista da história seria culpar os donos dos carros pela miséria dos catadores de lixo e propor uma redivisão de bens. Mas o ponto não é esse juízo de valor sobre a origem e a legitimidade da concentração de renda: o fato é que muitas dessas pessoas também possuem problemas grandes e complexos, porém apenas menos básicos que o problema de sobrevivência alimentar mencionado antes.

São pessoas que, como eu, costumam trabalhar e estudar, durante o dia todo, tirando os momentos quando estão comendo (quando dá), dormindo ou se locomovendo no caminho casa-trabalho. Pessoas que sofrem de todas as complicações decorrentes desse processo de vida, como dito, típico de engenheiros no sentido amplo: comem, dormem e se divertem cada vez menos, pois precisam trabalhar cada vez mais, para poder comer, dormir e se divertir mais no futuro. Futuro esse que é inalcançável. Ou então alcançável quando algo de ruim acontece.

Pode ser quando em uma dessas noitadas para “se curar” do estrago feito pelo mundo do trabalho o carro capota, dorme-se ao volante e acidenta-se, leva-se um tiro de bala perdida, se é preso injustamente. Só para listar fatos reais, acontecidos com algumas das 40 pessoas da minha turma. Com algumas delas, mais de uma vez.

Nesse momento, vem o desespero. Se é comovente a cena da pessoa dentro do lixo, não é também a cena do pai e da mãe acordados no meio da noite, pelos bombeiros, dizendo que seu filho levou um tiro, capotou de carro ou foi preso (injustamente)? É esse o processo de vida que se deseja ter?

O momento de reflexão sobre a vida que se leva pode vir também pelo processo de morte lenta que se vive. Normalmente, os mais “agitados”, que gostam de sair à noite em festas experimentam o tiro, o acidente. Não menos grave, os mais “calmos” experimentam a “morte lenta”, ao se verem obesos antes dos 25 anos, com pressão alta, estafa, depressão, dor de cabeça, stress. Pode ser até mais dramática a vida dos mais calmos, pois geralmente trabalham mais horas do que os mais agitados. É visível, então, que a solução para os que vão a noitadas (mais agitados) não é se tornarem mais calmos, nem vice-versa.

A sobrevivência alimentar está assegurada, o capital não é a maior restrição. E a vida também não é boa. Era essa a vida que se queria?

A discussão de mérito, portanto a de qual problema é prioritário, é menos, infinitamente menos importante do que a constatação de que embora os problemas sejam de natureza diferente, uma coisa é certa: a vida não está boa para ninguém.

O pessimismo da visão acima é típica de engenheiros, que enxergam que embora tudo esteja bem, algo não estará tão bem assim, e este será o alvo da melhoria.

No caso brasileiro, principalmente nas experiências vividas, a situação é crítica, ruim mesmo, e pede trabalho.

“Eu quero mudar o mundo” acontece junto de “o mundo precisa ser mudado”, entendimento esse construído a partir da vivência pessoal. O Brasil precisa de engenheiros de produção que o produzam, que se dediquem, que trabalhem. As experiências pessoais empurram nessa direção, criam um sentimento de quase obrigação. Talvez eu seja hoje uma das únicas pessoas que ao mesmo tempo que vivem parte do cotidiano de uma favela, realizam reuniões com o governo do estado, com a prefeitura e mantém contatos com algumas das pessoas mais ricas do Rio de Janeiro. E, independente da discussão de mérito, vê que todos sofrem muito, cada qual da sua maneira.

Contrastando com a demanda por trabalho e cada vez mais trabalho, necessária para o “eu quero mudar o mundo”, está a demanda por mais prazer e cada vez mais prazer do “eu quero ser feliz”.

Alguns podem dizer que a solução seria administrar o conflito. Essa solução é bem óbvia, mas a questão é que no modo atual de vida que se leva, o conflito é muito difícil de ser administrado.

Simoni e De Masi colocam que cada vez mais o homem opta pelo trabalho em detrimento de ser feliz. “O mundo do trabalho reduziu o espaço para contemplação”.

Parece, no caso dos engenheiros de produção, que trabalhar mais pode resolver mais problemas sociais, mas cria problemas para si.

Talvez um dos aprendizados mais importantes obtidos no 6º período é que “social não é para pobre, é para a sociedade”. Dessa forma, o trabalho que ajuda a população mais carente, como os catadores de lixo, é tão social quanto criar um novo núcleo de inovação tecnológica no Rio de Janeiro. A questão não é o objetivo do trabalho, mas o fato de que experiências pessoais (que não são justificativa científica para nada, apenas motivação) mostram que quanto mais se trabalha para construir um mundo melhor, menos consegue se alcançar o objetivo de ser feliz.

Parece esse um conflito difícil de se resolver. Acredita-se que o processo de vida hoje não consegue eliminá-lo e nem mesmo administrá-lo satisfatoriamente.

Aparenta então ser esse o começo da minha trajetória acadêmica de pesquisa: antes havia o vazio. Surge, então, curiosamente, uma afirmação:

EU QUERO UM MUNDO MELHOR.

Dessa afirmação, derivam-se todas as questões subjacentes, tais como “por que eu quero um mundo melhor”, “como seria um mundo melhor se tudo o que eu dissesse acontecesse de fato” e “como criar um mundo melhor”. Essas questões serão detalhadas mais a frente e serão alvo de estudos específicos.

Entretanto, há uma questão muito básica: ao surgir, em meio ao vazio, a afirmação sobre um mundo melhor, implicitamente houve uma escolha em conflito interior entre querer um mundo melhor e minha felicidade: estabeleço então que irei trilhar um caminho de formação acadêmica que passa por projeto de graduação, dissertação de mestrado, tese de doutorado e carreira profissional enquanto docente (se essa

escolha não mudar) numa luta para resolver esses problemas sociais que encontro ao longo da vida. E isso, dada a gravidade dos problemas, se meu processo de vida não se alterar significa abrir mão de ser feliz.

Claro que é recompensante o sucesso no trabalho, mas a contemplação, o usufruto desse sucesso hoje não é, e não será completo.

Sacrificar-se em nome da ciência parece bonito. Sacrificar-se para tentar resolver o conflito trabalho e contemplação de toda a humanidade ao longo de uma vida acadêmica parece bom.

Entra então a ruptura de Mahatma Gandhi.

“Você tem que ser a mudança que deseja ver no mundo”.

E isso muda o paradigma.

É justo se dedicar a resolver o problema dos outros e não resolver o seu próprio?

É inteligente fazer isso? Nietzsche coloca que essa “culpa” que se carrega, que gera a necessidade de resolver os problemas dos outros, é um instrumento de manipulação (da Igreja Católica) para manter o controle dos fiéis. Embora seja uma visão radical, ela reforça a reflexão sobre a legitimidade de se assumir uma posição de sacrifício para os outros, na esperança de que todos façam o mesmo por você.

Por que isso?

Não dá. Existem amigos, familiares, pessoas que moram no meu coração. Não faz sentido promover a felicidade dos outros às custas da sua própria tristeza.

Se o trabalho dos engenheiros de produção é realizar sonhos em massa, nesse caso a massa deverá envolver toda a humanidade, sem exceção, inclusive o autor.

“Você deve ser a mudança que deseja ver no mundo”. Significa eliminar o sentimento de burrice do ator que escreve sobre a importância da contemplação, mas trabalha 16 horas por dia, do engenheiro de produção que prega melhores condições de trabalho e uma economia mais solidária mas que explora os trabalhadores e não abre mão do lucro, do coordenador de ONG ou líder comunitário que exige do governo saúde, segurança, educação e saneamento básico mas que saqueia o posto de saúde, apedreja delegacia e acoberta bandidos, coloca o filho para jogar futebol ao invés de estudar e joga lixo em locais impróprios.

Significa alinhar o discurso à prática, resolver seus problemas e também o dos outros.

Pragmaticamente, a mudança se dá na afirmação que se cria a partir do nada.

EU QUERO MEU MUNDO MELHOR.

O que significa que ao mesmo tempo que se estudam as bases para um mundo melhor durante a trajetória acadêmica, há uma busca ao encontro de si mesmo, à contemplação. O objetivo é criar no processo de vida a dimensão espaço-temporal para a felicidade.

Jacarepaguá, Rio de Janeiro, 22 de agosto de 2007.

Esse texto me é muito especial. Ele foi o embrião da pessoa que hoje sou. Quando o escrevi, em 2007, estava obeso, lá pelos 110 kg, estava estressado, estafado, pessimista, trabalhando muito. Numa síntese: eu me olhava no espelho e não gostava da pessoa que era. Queria mudar. Quem me vê hoje, feliz da vida, sorridente, 78kg, e não me conheceu naquela época, nem acredita que um dia já estive assim. Não foi fácil passar pela graduação em engenharia de

produção, foi uma mudança muito grande de estilo de vida, de ampliação de horizontes mesmo, para quem era quase um capiau jacarepaguense que achava que o mundo era algo que começava no Grajaú e terminava na Barra. Acostumado a nadar, dormir, jogar videogame durante a escola, me vi na universidade tendo que enfrentar 16 horas de estudo, ir para o fundão (que ia muito além do mundo que eu conhecia até então), zona sul, Niterói... São Paulo. Demorou, mesmo, para me adaptar e me transformar do adolescente que eu era na escola para o adulto jovem que sou hoje.

Agradeço aqui em parte, óbvio, àqueles que me deram condições para escrever esse documento e fazer o mestrado. Porém mais, muito mais, àqueles que me deram o aprendizado necessário para que eu conseguisse me transformar na pessoa que eu sou hoje, que se está bastante longe de ser ideal, às vezes até de ser aceitável (quem convive mais perto de mim que o diga...), pelo menos é alguém que se olha no espelho e gosta do que vê.

Portanto, primeiro agradeço verdadeiramente a quem me deu as condições para realizar o mestrado. Agradeço aos projetos e cursos do GPI porque me deram as condições para conseguir estudar durante todo o mestrado e durante toda a graduação. Agradeço ao Heitor, ao Adriano, ao Cameira e à Thaís, que conseguiram que dentro do projeto TE eu e Leo Navarro tivéssemos a possibilidade de comprar os 15 primeiros livros sobre trabalho cognitivo, que deram origem a todo o restante. Agradeço à Intelie e à Globo.com, ao Ricardo Clemente, ao Denis e ao André Casado, pelo projeto no Datacenter que me permitiu comprar boa parte dos livros que eu usei no primeiro ano do mestrado. Agradeço ao Carlos Eduardo, ao Cadu, atualmente sócio-fundador da Bridge Consulting, porque a outra metade dos livros que eu comprei para ler no primeiro ano do mestrado foram com o dinheiro do projeto da FINEP que ele tocava no GPI. É singelo e bobo isso, mas o livro do Koen, que eu tanto citei nesse trabalho, veio com esse dinheiro que estava sobrando e que o Cadu me deu, para comprar meus livros, “porque eu era uma pessoa que estudava”. Detalhes, mas se não fosse pelos 50 dólares que usei desse dinheiro, eu provavelmente não teria comprado o Koen e essa dissertação provavelmente não estava aqui. Agradeço também à CAPES pela bolsa que usei desde março de 2010 até janeiro de 2011.

Ah sim, pausa no agradecimento para uma nota de repúdio. Repudio veementemente a norma da COPPE-UFRJ que determina que no mestrado o número máximo de professores na banca é igual a 4. Por causa dessa norma, o professor Roberto Bartholo, que foi fundamental no meu trabalho, não pode participar da minha defesa e não teve a sua assinatura na frente de meu trabalho. Me sinto envergonhado e profundamente entristecido por não poder ter contado com a sua participação na defesa. Se, para mim, o espírito da engenharia consiste em querer o meu mundo melhor, eu vou realmente lutar contra essa economia porca que me tira o direito de ter a opinião de uma pessoa absolutamente fundamental para minha discussão na defesa.

Voltando à programação normal.

Agradecerei agora aos que me transformaram enquanto pessoa. Não faz sentido aqui restringir meus agradecimentos a quem me ajudou a escrever o texto. Esse texto representa quanto do que aprendi no mestrado? 10%? 5%? Talvez nem isso, na melhor das estimativas. Aprendi

muito mais com as experiências, com as aulas, com a convivência com todas as pessoas a quem tenho a agradecer, e de quem não posso esquecer agora.

Também é importante notar que esse agradecimento começa antes do início do mestrado, quando comecei a me preparar para o mesmo. Desde que escrevi esse texto, que introduz o agradecimento. Quero fazer um trato, porque sei que está realmente grande o texto. No meio do caminho, em março de 2009, eu escrevi o agradecimento do meu projeto final. Para realmente agradecer a tudo que eu preciso agradecer, eu devo repetir aqui tudo que escrevi lá. Como isso me tomaria mais umas cinco páginas, faço um trato com você, leitor. Ao invés de eu repetir tudo aqui, você vai lá, AGORA, e lê o que eu escrevi. Prometo que fico aqui esperando. Se você não tem o meu projeto final, procura no site do www.gpi.ufrj.br ou então me manda um email, edisonrenato@gmail.com. Mas é fundamental que você leia antes de continuar aqui. Leu? Ainda estou esperando, não tem pressa não, pode ir lá...

Bom, agora que você já leu, queria aproveitar para fazer a errata de lá. Eu escrevi Pujá, quando o certo é Pújá, com dois acentos mesmo. A pronúncia também ensinei errado, o certo é “pÚdja”, com tônica no u. Escrevi Suddhi, quando o correto é Shuddi. Escrevi Maja, quando o certo é Mahá (pronuncia-se “marra”). Pode haver outros erros não percebidos por mim nessa revisão, dos quais me desculpo desde agora e para os quais recomendo a leitura atenta dos livros do Mestre DeRose para ver se não deixei passar nada.

Agora vamos em ordem cronológica, partindo de agosto de 2007.

Antes de tudo, preciso agradecer à pessoa com quem eu tive o privilégio de dividir a minha vida quando escrevi meu texto de 2007. A Thaís. Thaisinha, por todas as coisas maravilhosas que eu vivi do seu lado, por tudo de maravilhoso que você me ensinou, pelo mundo novo de todas as coisas que você me mostrou, desde formas de se relacionar com a família até as nossas viagens, as primeiras da minha vida. A primeira vez que eu viajei de avião, a primeira vez que eu fui para fora do país. A primeira vez que eu comi japonês... a primeira vez que eu entendi o que era compartilhar a minha vida com alguém. O que, para quem sabe o que é, é bem diferente de namorar. E não poderia ter aprendido com uma pessoa melhor, mais carinhosa, mais atenciosa, mais dedicada ao outro do que você. Fico muito feliz porque sei que depois das maneiras estapafúrdias que eu usei para mudar a forma como nos relacionamos, ou apesar delas, talvez, de uns meses para cá estamos construindo, dia a dia, cada vez mais, uma nova relação de profunda amizade, sorrisos e bons momentos, que tanto me são caros.

Agradeço também a todos os professores que eu tive na vida. A aqueles que foram meus professores, chefes, os colegas mais experientes do que eu, meus colegas de turma. De todos os lugares onde já trabalhei, estudei, estagiei, dei aulas. Já agradei a muitos, e a quase todos, no meu projeto final. Não queria realmente que desse a impressão de que porque não os repito aqui nesse trabalho eles não merecem tanto a minha consideração quanto os que aqui estão citados nominalmente. Para ser justo, não vou citar nenhum de vocês nominalmente. É realmente por uma questão de... bem, 6 páginas de agradecimento até agora. Portanto, a todos vocês, aqui reforço a minha firme intenção de agradecê-los, um a um, mais enfaticamente do que agradei no outro texto. Porque a cada dia que passa, se consigo ser

aprovado nas coisas que faço, é graças à força do aprendizado que obtive com cada um de vocês. Conheço apenas uma forma de agradecer mais profunda do que através de palavras: através de ações efetivas. Me comprometo a realizar ações concretas para honrar tudo aquilo que vocês me ensinaram, e espero poder compartilhar muito mais de excelentes momentos de convivência com cada um de vocês que são parte de quem sou hoje.

Só peço licença aos citados acima para duas exceções: aqueles que só conheci durante o mestrado, a quem agradecerei primeiro no texto, e aos professores que participaram da minha banca, depois.

Agradeço aos meus professores do mestrado da UFRJ, professores Michel Thiollent e Francisco Duarte, além dos professores Domício e Bartholo (aos quais agradeço mais à frente). Uma pena que professor Thiollent tenha se aposentado sem que eu tenha conseguido aprender tudo o que queria com ele. Essa é daquelas coisas que só se pode lamentar – talvez eu devesse ter agido antes.

Agradeço aos professores da UERJ, que tenho a honra de ser um pouco pretensioso e chamá-los de colegas, quando de fato sou apenas mais um aluno deles. Em especial, ao professor Cyro, pelas nossas maravilhosas conversas pelo corredor da produção. Pela sua preocupação em todas as nossas conversas pelo meu crescimento e desenvolvimento como professor. Li o Amyr Klink por sua sugestão, e adorei. E agradeço também ao professor Miyashita, que me deu a oportunidade de ministrar aulas de metodologia da pesquisa na sua disciplina de Projeto de Graduação. Agradeço também aos alunos que tive por lá, em especial à Flávia, que é minha monitora em Introdução à Engenharia de Produção, porque apesar de minhas limitações tenho a oportunidade de tentar fazer com você o que um dia o professor Meirelles fez comigo.

Agradeço também ao professor Antônio Barros de Castro e à professora Ana Célia Castro, os quais só conheci na reta final do mestrado, mas que confiaram desde sempre em meu potencial e que me ensinaram muitas coisas nesse início de estrada, que está se estendendo pelo doutorado.

Talvez tenha perdido um pouco a ordem cronológica, mas retomando. Uma pausa é necessária para escrever aqui um capítulo especial de agradecimento ao corpo de conhecimento e às pessoas me fizeram aprendê-lo, que foi tão fundamental para a transformação da minha vida. Me refiro especificamente ao Método DeRose, com quem travei contato primeiro através de livros, por volta de outubro de 2008. Momento no qual me identifiquei à primeira vista com a ideia de bem-estar, qualidade de vida, boas relações humanas, felicidade e energia. Embora tenha ficado mais de um ano até entrar na escola, visto que só entrei em janeiro de 2010, já tentava praticar os conceitos citados a partir do momento que tomei contato com o Método para obtê-los, pelos livros. Corpo de conhecimento esse que me surpreende a cada vez. Um dos motivos pelos quais apresento meu texto no início do agradecimento é que ele evidencia minha vontade de transformação pessoal e autoconhecimento, que desenvolvo através dessa filosofia de vida. Uma de suas frases características – “mude o mundo – comece por você” – era exatamente o que eu já queria em 2007, portanto 2 anos antes de começar a estudar. Assim como no agradecimento do projeto final, que esse complementa, onde já tinha usado

elementos e denominações relativas às técnicas dessa filosofia de vida antes mesmo de ser aluno. Reforço, portanto, minha enorme gratidão e felicidade por poder ter tido acesso à obra literária do educador DeRose e por hoje poder ser aluno de uma das escolas que ensinam seu método de melhoria de qualidade de vida. Hoje, ser um aluno e praticante me define enquanto pessoa, e é uma enorme felicidade e motivo de orgulho poder aprender tanto nas áreas de conhecimento da escola e por poder cultivar a relação tão carinhosa e profunda com todos os meus amigos do Método. Expresso toda minha gratidão, além de agradecer a todos os amigos e instrutores do Método, ao Mestre DeRose, por seu trabalho em lutar contra tantos desafios e dificuldades para estudar e ensinar sua proposta de qualidade de vida. Agradeço também em especial à minha instrutora amada, Tatiane Nascimento, que é a principal responsável pela enorme melhoria de qualidade de vida que consegui. À diretora da escola na qual estudo, Julieta Chuairy, à minha também instrutora Vanessa Ferraz, que foi quem me levou ao Método com sua poderosa frase “vamos praticar?”, pelo telefone, que nem me deu chances de dizer não. Ao tão querido instrutor Jacobo Ruiz e às instrutoras Tatiane Leão (um dia dançarei tanto quanto você!), Taíssa Bencke (quem primeiro me apresentou a escola) e Renata Jacques. Agradeço ao trabalho de todos vocês, por serem os maiores responsáveis para que eu conseguisse hoje ler meu texto de 2007 e ter uma resposta perfeita para meu dilema de qualidade de vida e produtividade do passado. Uma resposta que saiu do campo das intenções, que pratico no dia a dia, que mudou a minha vida. Aproveito para reforçar minha firme intenção de fazer crescer e desenvolver esse trabalho no que me for possível. A todos vocês, meu coração.

Agradeço à Sandra, Isabela e Bruna, do GPI, à Fátima, Zui, Diogo e Roberta do PEP, bem como à Rita da UERJ pelo infinito apoio e todos os galhos quebrados. Agradeço pelas inúmeras vezes que eu precisei de ajuda para alguma coisa e vocês sempre estavam lá para mim. E principalmente pelas oportunidades de conversa e descontração que sempre tive em vocês.

Vanessa, Vanessinha. Agradeço pelo seu enorme carinho. Podia te agradecer de tantas formas, por tantos motivos. Te agradeço porque você é uma pessoa iluminada. Te agradeço pela sua tolerância com meus erros. Te agradeço por um motivo que não compreendo, te agradeço por você continuar brilhando para mim mesmo quando acho que você não precisaria, ou não deveria. Te agradeço porque você sempre me enxerga de maneira tão profunda que atravessa qualquer momento ruim que eu esteja vivendo. Te agradeço porque percebo que várias vezes você acha que eu sou melhor do que realmente sou. Pelo tanto que aprendi com você, talvez não pela via mais agradável, mas que foi a possível, ou a merecida para mim. Te agradeço porque hoje tenho com você um relacionamento maravilhoso, feliz, animado, brilhante, assim como você, e que quero que cresça a cada dia.

Agradeço aos amigos mais profundos que fiz nessa vida. Aos que eu já tinha conquistado antes de 2007 e a todos que conquistei desde então. Essa dissertação, os títulos, as estrelas que porventura eu venha a conquistar não seriam nada se eu não tivesse vocês ao meu lado para compartilhar os dias. Na ordem cronológica, Diogo, Anna, Priscillinha, Guilherme, Thaís,

Leo, Dolores, Domício, Vanessa, Paty, Taty e Vanzinha, vocês são meu tudo. Amo muito, e profundamente, cada um de vocês. A vocês, dedico esse trabalho. E também muito mais: minha mais sincera lealdade e a minha vida.

Agradeço à Dolores Carolina. Porque o último parágrafo do meu agradecimento do projeto final era para você. Te agradeço porque eu não queria, ou podia, escrever isso na época, e você foi compreensiva. Mas digo agora, repito e reforço cada palavra que ali está, que foram escritas letra por letra, para você, usando cada pingo do que estava em meu coração. Pelas maravilhosas, incríveis e inenarráveis aventuras que vivi ao seu lado. Que dariam um livro. Ou melhor, uma novela mexicana :) . Quem sabe eu escrevo um dia... aceito coautoria! Pela marca inapagável que você deixou na minha vida. Pelas palavras do agradecimento de seu projeto final para mim. Pelo tantão de coisas que aprendi com você. Pelas coisas que nem sabia que dava para sentir ao mesmo tempo por uma pessoa, mas que vi com você que dava sim. Pela quantidade de coisas que estão para além da capacidade cognitiva de um humano, mas que já vivenciei com você por meio de nossa sintonia. Pelo mais profundo aprendizado, de tudo que vivemos, que é tão difícil de obter, doloroso demais, ruim de mencionar, porém fundamental para todos, que vale a pena ser dito para que alguém se aproveite da experiência: há atos na vida que, por mais que se queira, não dá para voltar atrás.

Agradeço aos professores que foram parte da minha banca. Ao professor Antonio Augusto, pelo aceite tão imediato ao meu convite para fazer parte da banca, pela conversa que tivemos em sua casa, sobretudo pela sua preocupação com a minha educação e desenvolvimento daqui para frente. Pelos seus maravilhosos comentários na minha defesa.

Agradeço ao professor Heitor, porque você é um cara que me ensinou muito desde que eu entrei para a engenharia de produção e para o GPI. Às vezes me sinto sortudo porque tenho um monte Rushmore só para mim, e tenho a honra de te ter gravado na pedra. Te agradeço porque além de tudo que já aprendi contigo, por você ser uma pessoa que de quem eu gosto de estar perto, você me salvou de muitas e boas nesse mestrado. Se não fosse por sua mão firme e sua atuação de pai mesmo, eu não estaria no excelente caminho que estou agora, ao qual espero fazer jus.

Agradeço ao professor Meirelles, porque ele também faz parte do meu monte Rushmore pessoal. O primeiro que me formou. Que honra, que tamanha foi a minha honra, de ter sido seu monitor durante quatro anos, de poder ter sido seu orientado no projeto final e agora também na dissertação.

Agradeço ao professor Bartholo. Suas aulas foram transformadoras a um ponto que não consegui nem perceber, até que já estivesse completamente mudado. Muito desse texto só existe porque você existe. Além de ter formado o Domício, muito obrigado pela profunda mudança que seu exemplo, suas aulas e suas opiniões fizeram em mim.

Agradeço ao meu porto seguro. À pessoa com quem tenho, hoje, e há quase um ano, a oportunidade, honra, e privilégio de compartilhar tudo em minha vida. Meus pensamentos, minhas emoções e principalmente meu crescimento pessoal. Paty, o que tenho de maravilhoso

com você não são momentos, fatos e flashes episódicos: é a vida inteira. Esse ano no qual estamos juntos, no qual tive a oportunidade de aprender tantas coisas e de fazer crescer nossa amizade, intimidade, respeito e amor. Espero poder ser para você o companheiro que você merece, espero ser sempre melhor para você, quero conseguir me superar a cada dia. Espero viver cada dia, cada noite, cada tarde, cada anoitecer e cada amanhecer, cada sol e cada chuva fortalecendo e vivenciando todos os maravilhosos sentimentos que nos unem.

Acho que todos sempre têm muito o que agradecer – muito mais do que a pedir, embora alguns esqueçam disso às vezes. Nesse assunto, eu me considero um privilegiado: acho que tenho muito mais a agradecer do que o cidadão normal. Porque não foi nem um pouco fácil chegar até aqui.

Conheço um monte de gente que mora aqui, perto da Cidade de Deus. Mas hoje, de todos, eu provavelmente estou entre os 15 com maior grau de escolaridade. Da minha rua, e das ruas próximas. Mestre, doutorando. Por que eu consegui e outros, iguaizinhos a mim, não?

Por isso, agradeço ao meu pai. Cujos pais morreram tragicamente quando ele tinha 12 anos, mas que soube dar valor ao estudo. Que estudou em escola pública (na época que ela era boa...), que foi atendente de mercearia, entregador, ajudante de pedreiro, para ajudar na casa dos tios e poder estudar. Agradeço ao meu pai porque ele tinha carteira de motorista e poderia ganhar mais sendo motorista de ônibus, mas porque optou por ser trocador porque nessa profissão ele poderia ler e estudar enquanto trabalhava – e o motorista não. Porque assim ele passou no vestibular para a UERJ, se formou em Letras e depois em Direito. Porque desde que eu nasci e consigo lembrar, até hoje, lá está ele estudando Direito, o dia inteiro. Não porque ele tem que estudar, afinal é professor de português (só em escola pública, para ensinar quem nasceu pobre, mas quer ter uma vida melhor). Meu pai não estuda Direito porque precisa. Ele estuda Direito porque gosta. Obrigado por ser meu maior exemplo na vida.

Agradeço à minha mãe, que é filha de descendentes de portugueses – oi vó, oi vô! – que moravam no morro do Santo Cristo – onde hoje é uma favelona violenta. Agradeço antes aos meus avós, por terem ensinado a minha mãe e aos meus tios. Ter ensinado o que agora posso agradecer à minha mãe: ter dedicado tudo o que você dedicou à minha educação. Porque mesmo que o nosso carro fosse talvez o mais velho dos pais da escola, que ele enguiçasse às vezes, eu era talvez o único que era levado e trazido todos os dias da minha vida da escola pelos meus pais, sem faltar um dia sequer. E porque era um dos poucos que tinha todos os livros, bem antes do primeiro dia de aula, encapados. O material todo completo. Pelos 10 anos de curso de inglês. Porque mesmo que a nossa casa não fosse a maior ou a mais luxuosa da rua, eu sempre tive um lugar para poder estudar sossegado, organizar meus livros, e pensar. Porque eu tinha 7 uniformes da escola, para todos os dias poder colocar uma roupa limpa para meu conforto. Porque eu estudei na escola mais cara que vocês conseguiram pagar, que se não me ensinou tudo que eu precisava aprender para passar no vestibular, foi o suficiente para que com o caráter e dedicação que você e meu pai me ensinaram eu fizesse todos os

exercícios e lesse todas as 1200 páginas dos livros de física e química e passasse no vestibular do melhor curso de engenharia da melhor universidade do país. E porque se vocês tivessem dinheiro para me colocar numa escola melhor, vocês teriam colocado, mesmo que para isso vocês tivessem que abrir mão de mais sonhos do que aqueles que vocês já abriram para que eu pudesse estar aqui, escrevendo esse texto.

E se gastar dinheiro com a educação do filho é dever de pai e mãe, eu te agradeço pelos inúmeros dias que você foi na escola para cuidar da minha educação. Pelo ano inteiro que você passou indo quase que diariamente reclamar na direção da escola quando fui vítima na 3ª série daquilo que hoje chamam de Bullying. Obrigado por você ter me alfabetizado em casa, no jardim 2, antes do CA. Facilitou enormemente tudo. Obrigado pelos inúmeros dias brincando comigo de tarde, quando eu era criança, para desenvolver a minha inteligência. Porque se você não tivesse sido uma mãe presente, se você e meu pai não tivessem tomado as decisões certas desde que vocês nasceram, eu não estaria aqui agora escrevendo o que eu bem quero para enfeitar meu título de mestre.

Obrigado, Domício, não porque você me formou para o título de mestre, mas porque você me educou, e me educa, para além do ponto máximo que meus pais, com muito esforço, conseguiram me levar. Ao seu pai e à sua mãe, aos seus irmãos, tios e familiares, porque eles te educaram, e me deram essa chance. Ao Bartholo, que te orientou no doutorado. Ao que ensinou o Bartholo. Ao primeiro de todos nós. Obrigado por tudo que você me ensinou nesses dois anos, por todos os conhecimentos, mas principalmente pelo seu exemplo e por você me formar, não enquanto mestre em ciências em engenharia de produção, mas enquanto adulto. Obrigado por ter me dado a oportunidade de lhe deixar me educar numa profundidade não acessível por um aluno normal, do escolão que insistem em querer transformar o ensino superior. Obrigado por eu poder confiar minha educação a você e por ter obtido resultados tão maravilhosos. Por você acreditar em mim. Por achar que um dia eu possa vir a ser digno de carregar a chama. Sabe, acho que no fundo as coisas que você me ensina sob o rótulo “porque você pode valer a pena” não são ensinadas por causa de meus atributos intelectuais, nem porque quero ser professor ou porque engano bem ao parecer levar jeito para a coisa. Não se mede a qualidade de um Jedi pelo que ele faz com a espada, mas sim pelo que ele é. Obrigado pelo tempo que você investe me educando, não só nos truques com a espada, mas principalmente moldando meu caráter e minha própria essência. Se eu tivesse que escolher guardar uma coisa, e apenas uma, que aprendi nesses dois anos, se todo o resto fosse apagado da minha mente, eu escolheria guardar a coisa mais importante que aprendi com você: a força da relação orientador-orientado, mestre-discípulo. Que é uma relação que não consigo explicar a partir de uma soma ou analogia com as outras. Porque se de todo o resto eu esquecesse, e lembrasse só disso, quando precisasse puxar o sabre de luz e usar a Força, eu saberia de quem é aquela voz que vive dentro de mim, onde quer que eu esteja, tendo se passado quando tempo for. Obrigado por ter sido meu orientador no mestrado. Por ser meu orientador no doutorado. Por ser meu mestre.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

FILOSOFIA DA ENGENHARIA:
O QUE É E POR QUE VOCÊ DEVERIA SE INTERESSAR

Édison Renato Pereira da Silva

Janeiro/2011

Orientadores: Domício Proença Junior
Luiz Antonio Meirelles

Programa: Engenharia de Produção

Esse trabalho apresenta e introduz o tema Filosofia da Engenharia ao público brasileiro. Trata-se de uma obra com o objetivo de persuadir o leitor a entrar nesse assunto, apresentando o que é Filosofia da Engenharia e que a mesma é um tema incipiente no mundo e praticamente inédito no Brasil. Defende-se a visão de que engenharia não é ciência aplicada e apresenta-se uma definição de engenharia baseada no método de engenharia. Discute-se o papel da Engenharia de Produção no âmbito da Filosofia da Engenharia e desdobramentos disso. Apresenta-se, também, uma temática de pesquisa inédita em epistemologia do conhecimento em engenharia e introduz-se uma agenda de possíveis pesquisas futuras no tema.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

PHILOSOPHY OF ENGINEERING
WHAT IT IS – WHY YOU SHOULD CARE

Édison Renato Pereira da Silva

January/2011

Advisors: Domício Proença Junior
Luiz Antonio Meirelles

Department: Production Engineering

This is the first text on Philosophy of Engineering in Brazil. It introduces the subject with the bias of convincing readers that such a theme is relevant to their interests, while acknowledging that it is comparatively novel. It argues that engineering is not applied science, the prevalent view, and offers instead the understanding that engineering is better defined by its method. Production Engineering, a Brazilian specialty of engineering, is then addressed from the perspective of Philosophy of Engineering, and some consequences discussed. As a result of the preceding, this dissertation presents the results of original research on the epistemology of knowledge in engineering and concludes by presenting suggestions towards a research agenda.

SUMÁRIO

1	Introdução.....	1
1.1	Objetivo	1
1.2	Visão geral da obra	2
1.3	Motivações para a escolha do tema	3
1.4	Contextualização do tema.....	5
2	Filosofia da Engenharia é inicial no mundo e incipiente no Brasil.....	12
2.1	Acerca do método de pesquisa.....	12
2.2	Filosofia da Engenharia é inicial no mundo	13
2.2.1	Um pouco da história do assunto.....	13
2.2.2	Discussões atuais no campo	14
2.2.3	Resultados do mapeamento sistemático	15
2.3	Filosofia da Engenharia é incipiente no Brasil	19
2.3.1	Zero resultados relevantes no Google	20
2.3.2	Zero resultados no Scielo, BDTD, Banco de Teses da CAPES, Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPQ, Estante Virtual e Livrarias Nacionais.....	21
2.3.3	Filosofia da Tecnologia não é Filosofia da Engenharia	22
2.3.4	Os Precusores da Filosofia da Engenharia no Brasil.....	24
3	A interligação entre Engenharia e Ciência Aplicada.....	25
3.1	Abordagens de discussão do problema de definir ciência e engenharia.....	26
3.2	Origens históricas da visão de unidade entre ciência e engenharia	29
3.3	Primeira perspectiva: o indivíduo	30
3.4	Segunda perspectiva: corpos de conhecimento.....	31
3.5	Terceira perspectiva: Atividades realizadas.....	34
3.6	Quarta perspectiva: O método da engenharia e o método da ciência	37
3.7	Quinta perspectiva: produtos gerados pela engenharia e usados pela ciência .	38
3.8	Exemplo para discussão das perspectivas: projeto de experimentos	39
4	As diferenças entre Engenharia e ciência aplicada	41
4.1	O argumento histórico	41
4.2	O argumento da sistematicidade	42
4.3	O argumento das origens do conhecimento em engenharia e ciência	43
4.3.1	Exemplos e detalhes de tipos de conhecimento em engenharia	46
4.4	O argumento dos objetivos em engenharia e em ciência.....	51
4.5	O argumento das bases filosóficas em engenharia e ciência	52

4.6	Acerca da conceituação de <i>Engineering Sciences</i>	56
5	Uma definição de Engenharia.....	59
5.1	Possíveis abordagens para o problema de definir engenharia	59
5.2	Uma definição de engenharia a partir do método de engenharia.....	61
5.2.1	Uma heurística.....	61
5.2.2	Sota, Estado da Arte, é o conjunto de Heurísticas.....	63
5.2.3	Um método para causar Mudança	65
5.2.4	A importância de considerar recursos disponíveis	66
5.2.5	Engenheiros querem realizar a melhor mudança, dentro do possível	67
5.2.6	Engenheiros atuam numa situação Incerta	68
5.3	Críticas a definições alternativas do método de engenharia	69
5.4	Tudo é heurística.....	74
5.5	Exemplo para discussão da utilidade de heurísticas	75
5.6	Vantagens da definição de engenharia como uso de heurísticas frente à definição de engenharia como ciência aplicada	78
5.7	Acerca do papel da Engenharia de Produção em Filosofia da Engenharia	80
5.8	Pela Engenharia de Produção, Engenharia não é Tecnologia.....	84
6	Problema em aberto: critérios de avaliação do conhecimento em engenharia	86
6.1	Formulação do problema usando a analogia com filosofia da ciência	86
6.2	Uma proposta de <i>framework</i> para auxiliar a formulação das perguntas de pesquisa	94
6.2.1	Análise da visão da ciência para as perguntas de pesquisa	97
6.2.2	A visão da ciência para Pierre Duhem e Willard Van Orman Quine	98
6.2.3	Inserção do problema na comunidade de pesquisa.....	100
6.3	Exemplo para discussão do <i>framework</i> : métodos para projeto de trabalhos cognitivos	103
7	Conclusão.....	107
7.1	O problema do ensino de engenharia.....	107
7.2	E agora: quanto de dinheiro se ganha com esse tema?.....	109
7.3	Limitações e contribuições desse trabalho.....	111
8	Referências Bibliográficas.....	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Diagrama de conhecimento e suas atividades geradoras	34
Figura 2 - Quadro sinótico de motivações para o avanço do conhecimento em engenharia.....	36
Figura 3 - Esquema das Ferramentas teóricas para Vincenti (1993).....	48
Figura 4 - Síntese esquemática do problema de avaliação de heurísticas em engenharia	94

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Principais autores de artigos nos congressos em Filosofia da Engenharia....	16
Tabela 2 - Principais periódicos em Filosofia da Engenharia	18
Tabela 3 - Principais livros em Filosofia da Engenharia.....	19
Tabela 4 - Quantidade de entradas por palavra-chave no Google.....	20
Tabela 5 - Quantidade de resultados por palavras-chave em cada base brasileira	21
Tabela 6 - Comparação de entradas no Google em português e inglês sobre Filosofia da Tecnologia e sobre Filosofia da Engenharia.....	23
Tabela 7 - Sumário de categorias de conhecimento e atividades geradoras.....	44
Tabela 8 - Sumário de categorias de conhecimento de Vincenti e seus detalhamentos. 46	
Tabela 9 - Dois clusters de conceitos cognatos: os princípios da razão suficiente (PRS) e da razão insuficiente (PRI)	52
Tabela 10 - Lista de heurísticas para dar aula usadas por um professor	75
Tabela 11 - Condições para declarar um campo de pesquisa científico ou pseudocientífico.....	90

1 Introdução

"Viver sem filosofar é o que se chama ter os olhos fechados sem nunca os haver tentado abrir".
- René Descartes

"A filosofia é um caminho árduo e difícil, mas pode ser percorrido por todos, se desejarem a liberdade e a felicidade".
- Baruch Espinoza

Esse trabalho fala sobre um tema chamado Filosofia da Engenharia.

Curiosa é a reação das pessoas a esse tema.

Todas as vezes, nas reuniões, cursos de graduação e pós graduação, a maioria diante de engenheiros ou alunos de engenharia, que afirmou-se que esse seria o assunto da dissertação, a reação sempre foi a mesma. “Filosofia da Engenharia?”, era a primeira resposta. Pena que no texto escrito não é possível transmitir ao leitor os sentimentos impregnados nas vozes que questionaram sobre a Filosofia da Engenharia. Sentimentos de curiosidade, incredulidade e, até certo ponto, interesse. Alguns disseram, logo depois da mencionada interjeição, “interessante!”, “nossa, que diferente!”, “existe isso?”, “ué, mas não são opostos?”.

Se existisse um leitor de mentes capaz de decifrar o que os interlocutores estavam pensando logo depois de ouvirem as três palavrinhas, provavelmente o que eles realmente queriam dizer era:

- 1 - “Você é meio doido...”;
- 2 - “Nunca ouvi falar disso. Esse mundo moderno, hoje em dia as pessoas inventam cada coisa...”;
- 3 - “E como eu ganho dinheiro com isso?”.

Ao ler o título desse trabalho pela primeira vez, o que você sentiu?

1.1 Objetivo

O objetivo desse trabalho é responder àquelas pessoas que ao ouvir ou ler a expressão “Filosofia da Engenharia” sentiram algo estranho dentro de si. ‘São opostos’, ‘é um contra senso’, ‘que coisa doida’, ‘existe isso?’. Independente de qual seja a motivação, nesse trabalho se espera apresentar que Filosofia da Engenharia existe, é importante, interessante e que você deveria participar.

Apresenta-se aqui que se deve parar de entender engenharia como ciência aplicada. Esse entendimento é errado, por diversos pontos de vista apresentados. O objetivo, portanto, é apresentar as bases de uma filosofia da engenharia emancipada do meta-discurso da filosofia da ciência. Aqui defende-se que o trabalho do engenheiro é muito mais do que aplicar ciência, com menos produção de conhecimento do que os cientistas. Esse trabalho ressalta o quão rica é a experiência e o conhecimento gerados por essa prática profissional, bem como apresenta que uma filosofia da engenharia é útil e importante para a formulação de perguntas pertinentes sobre essa profissão.

1.2 Visão geral da obra

Uma primeira dúvida é se Filosofia da Engenharia é algo novo em si, ou se é apenas um nome novo para coisas que já existiam. No capítulo 2 será mostrado que, até onde foi possível averiguar, Filosofia da Engenharia é um tema relativamente recente no mundo (início na década de 80) e incipiente no Brasil. O que se tem antes, no país, é tradição oral¹ e trabalhos que filosofam sobre engenharia mas que não se afirmam enquanto filosofia da engenharia.

Quando se afirma que o tema é incipiente no Brasil, é necessário levar em conta o que está se entendendo por engenharia e por ciência. Essa discussão é conduzida no capítulo 3, que é base para o restante do trabalho. Esse capítulo traz uma discussão acerca de possíveis abordagens para se definir engenharia e ciência e discute o problema da interseção entre esses dois campos através de algumas perspectivas.

Caso esse trabalho fosse sobre Filosofia da Ciência, muitos filósofos reconheceriam sobre o que está se falando. Hoje, no Brasil, Filosofia da Ciência é um tema estudado por muitos departamentos de filosofia de importantes universidades, até mesmo em cursos de graduação. No Instituto de Química da UFRJ, há o HCTE (Programa de Pós-graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia), que estuda Filosofia da Ciência e conta com a participação de diversos engenheiros e engenheiras. Existe também a ABC, Academia Brasileira de Ciências. O capítulo 4 desse trabalho dialoga com todos esses grupos, afirmando aos que estudam Filosofia da Ciência que Filosofia da Engenharia é outra coisa. Por um motivo simples: engenharia não é ciência. Nem mesmo ciência aplicada.

¹ Muitas das ideias desse trabalho foram obtidas dessa forma: através de reflexões faladas por professores. Se tentou, sempre que fosse esse o caso, citar quem era o criador das ideias, embora toda a responsabilidade pela interpretação das mesmas e transcrição nesse trabalho seja do autor.

No quinto capítulo responde-se à desconstrução do capítulo anterior. Se engenharia não é aplicação da ciência para resolver problemas, o que é engenharia?

O capítulo 6 apresenta um problema relevante dentro da Filosofia da Engenharia, mas pouco explorado: o problema da epistemologia da engenharia, mais especificamente o problema de como qualificar o conhecimento usando o ponto de vista da engenharia.

O capítulo 7 traz a conclusão desse trabalho. Nela é dada ênfase a um problema que interessa a todos os engenheiros e engenheiras: Como educar as gerações futuras? Além disso, a conclusão também apresenta os principais contribuições desse trabalho e o que se pode esperar em termos de retorno nesse tema.

1.3 Motivações para a escolha do tema

Essa dissertação é fruto de um projeto em parceria da Escola Politécnica da UFRJ com a COPPE, chamado Projeto Integração com o Mestrado. Nessa iniciativa, os melhores alunos da graduação em engenharia de produção avançam para o mestrado e tem a oportunidade de encerrar graduação e mestrado em 6 anos, realizando um projeto de graduação relacionado com o tema de mestrado.

No projeto de graduação, estudam-se métodos de revisão e mapeamento de literatura, que forneceram as bases para a realização da pesquisa bibliográfica que embasa o trabalho.

Três foram as principais motivações para a escolha desse tema. A primeira, porque ao longo do mestrado se percebeu que as regras e princípios de filosofia da ciência não eram completamente aplicáveis para o caso da engenharia e que, portanto, era necessário que se aprofundasse nesse assunto.

A segunda motivação para o estudo do tema foi que durante a pesquisa de mestrado, sobre métodos para projeto de trabalhos intensivos em cognição humana, estudou-se mais de uma centena de métodos para projeto e análise de trabalhos em geral, e se considerou que nenhum deles era aplicável para o projeto de trabalhos que eram intensivos em conhecimento (os métodos só funcionavam para trabalhos repetitivos e que envolviam movimentos). Entretanto, sentiu-se uma dificuldade de se justificar que nenhum método era bom o suficiente para trabalhos não repetitivos que envolviam raciocínio, inteligência e conhecimento. Dessa questão, como justificar que um método (um conhecimento) era ruim, formulou-se a questão mais geral de

como valorar o conhecimento em engenharia e então se entrou na arena da filosofia da engenharia.

A terceira motivação é que esse trabalho é importante do ponto de vista formativo de seu autor: discutir filosofia é fundamental para qualquer pessoa, principalmente para quem quer ser professor e não teve a oportunidade de discutir essa temática na graduação em engenharia. Portanto, filosofia da engenharia é um tema de interesse porque acredita-se que é necessário saber filosofia para ser um bom professor.

1.4 Contextualização do tema

Essa seção foi construído em formato dissertativo-argumentativo, com o objetivo de expor ao leitor o que é filosofia da engenharia e persuadi-lo da importância desse assunto.

Essa é uma dissertação sobre filosofia da engenharia. Da própria definição do que é o tema, pode-se nascer uma dúvida se o aspecto principal é a parte filosofia ou a parte engenharia. De todo modo, fica claro que não se trata exatamente de ciência, nem de somente filosofia, nem somente engenharia.

Por que se deveria produzir ciência num texto que tenta amalgamar filosofia e engenharia? A filosofia não é a ciência. A engenharia não é a ciência. Portanto, nessa seção não se irá tentar emular ciência em algo que ela não é. Não seria isso justo e consistente com os propósitos desse trabalho, que é realizado no âmbito de um programa de pós-graduação em engenharia?

É também importante notar que esse trabalho não pretende, em momento nenhum, ser O discurso sobre A verdade no tema Filosofia da Engenharia. Como será discutido ao longo do trabalho, o engenheiro se insere no Princípio da Razão Insuficiente, adotando uma visão muito próxima a de Rorty (2007) com respeito a contingência. Para Rorty (2007), não há verdade fora do discurso, mas apenas verdade dentro do discurso. Sendo assim, como há vários discursos, há várias verdades. Esse texto, portanto, no assunto verdade, é uma apologia à contingência, alinhado à visão de Richard Rorty.

Será usada nesse trabalho a concepção de filosofia como postura em relação ao conhecimento ao invés de corpo de conhecimento em si. Perguntar o impertinente, o impensado. Perguntas brilhantes. Isso é o que se considera filosofia. Engenharia, por outro lado, é a arte de usar heurísticas para resolver problemas. Resolver perguntas brilhantes, se possível.

A relação do homem com o conhecimento vem de tempos imemoriais. Talvez seja isso que nos diferencie enquanto espécie superior(?) no planeta. Homo. Sapiens sapiens.

A ciência, tanto na sua concepção mais estrita, enquanto uso de métodos científicos para produzir um determinado fim, quanto na sua concepção mais ampla, como instrumento de reflexão humana, tem sido a forma pela qual o Homo Sapiens Sapiens encara a luta na Savana. Porque desde sempre, o macaco dentro de nós só tem uma certeza: todos os dias, leões correm atrás dele. Para sobreviver, há que correr mais rápido que eles. Ou ser mais esperto, já que nunca seremos mais rápidos a pé.

No Ensino Médio, no primeiro e traumático contato com a filosofia, aprendeu-se duas, e apenas duas (por isso traumático...) coisas. A primeira, que etimologicamente filosofia significa amor ao saber. A segunda, que “a filosofia surge para superar o mito²” (essa frase foi decorada, pois era resposta à questão de prova “para que serve a filosofia?”).

Duas coisas, e apenas duas, foi o legado daquele curso de filosofia. Havia também uma ordem cronológica de personalidades importantes, das quais apenas tinha se ouvido falar com certa deferência - Sócrates, Platão, Aristóteles, Rousseau, Maquiavel, Locke, Kant. Talvez esse tenha sido o motivo do trauma com a filosofia: aquilo que havia para se aprender, os nomes, o período histórico, o que diziam, quem os criticou, simplesmente não entrava na cabeça. Parecia uma horda desenfreada de gente falando, numa hora o homem era mau, noutra era bom, depois nem uma coisa nem outra, a seguir muito pelo contrário. Dali, o futuro engenheiro se sentiria vexado e achava que aquilo era muito legal, muito bonito, as pessoas eram realmente inteligentes - mas aquilo não era para ele.

² Mito, porque como coloca Ruiz (2005): “Em cada sociedade, há uma tendência a hegemonizar um discurso, de tal forma que ele passa a formular o padrão da verdade que pauta a validação dos outros discursos. É assim que o discurso religioso foi hegemônico por séculos, podemos dizer até milênios. Os demais discursos e suas verdades correspondentes tinham que se ajustar ao padrão de validação da verdade religiosa, pois esta mostrava sua superioridade pelo caráter revelado que tinha. **Nenhuma verdade humana poderia competir com o sentido divino próprio da revelação religiosa. A modernidade suplantou o sentido revelado como critério de mediação de validação da verdade pelo sentido racional.** A razão passou a se instituir como mediação da nova verdade moderna. A verdade racional padronizou as sociedades e as subjetividades modernas e atingiu seu clímax de verdade pura na formulação do padrão científico de verdade” (RUIZ, 2005: 171-172, ênfase adicionada).

Esse trabalho dialoga diretamente com você, engenheiro ou engenheira, que ou por experiência vivida ou por empatia com o relato, também acha que a filosofia ficava de lado de lá da ponte.

Porque não. A filosofia não fica do lado de lá.

Pobre do aluno que outrora achou que não sabia de filosofia por não conhecer os autores, suas ideias e a cronologia histórica. Graças a uma aula do professor Roberto Bartholo, um grande filósofo na engenharia, é que se pôde perceber que aquelas duas míseras coisas que foram aprendidas no ensino médio eram tudo o que precisava ser sabido, ao menos de partida.

O erro, como o professor Bartholo explica, está em achar que filosofia é uma disciplina do conhecimento específica, com início, meio e fim, com livros a serem lidos e grandes autores a serem considerados. Sim, ela pode ser, e é, isso também, uma Filosofia com F maiúsculo, um corpo enquartelado na mais alta torre da fortaleza universitária.

Contudo, filosofia, agora com f minúsculo, significa apenas amor ao saber. Significa apenas que a filosofia existe para superar o mito. Para superar o dogma religioso. Superar a explicação superficial, as primeiras impressões, as aparências errôneas. A “filosofia que é” existe para superar, sobretudo, o instinto medroso do macaco que nos habita e que nos conecta por esse canal ao princípio da ação e reação. Numa palavra, filosofia é filosofar.

Que se note bem: a Filosofia sem filosofia, ou seja, sem filosofar, está fadada ao fracasso. Justamente porque o que confere frescor, o que cria o próximo gigante, é menos a Filosofia e mais o filosofar.

Aprendemos Filosofia com Sócrates, Platão, Aristóteles, Maquiavel, Kant, Nietzsche. Porém, além disso. Aprendemos a filosofar. O que torna os pais fundadores dessa forma de agir e estar no mundo tão grandes e reverenciados é menos sua Filosofia e mais seu filosofar. Até mesmo porque o primeiro é decorrente do segundo. O exemplo do amor de Sócrates, Platão e Aristóteles pelo filosofar é o que levamos desses três, que deram, literalmente inclusive, suas vidas pelo filosofar.

Portanto, a você, uma pergunta: como lhe parece a ideia de uma coisa chamada filosofia da engenharia?

Historicamente, a ciência, ou seja, o uso do método científico e das regras através das quais se produz conhecimento e das quais se considera que o mesmo é válido, lida com a busca pela verdade. Não a busca do verdadeiro por si, mas a busca do verdadeiro porque essa é uma forma de se aproximar da verdade.

Usar o método científico e as regras para, por um lado, produzir conhecimento e, por outro, assumi-lo válido, é o métier da ciência. Estabelecer as regras, isso é filosofia. Na sua mais pura essência, no que se está chamando de filosofia enquanto filosofar, e por isso mesmo despida de objeto. Se o que Sócrates e os demais fizeram foi filosofar sobre Filosofia, se foi filosofia da Filosofia, o que se faz nesse contexto é filosofia da ciência. De todos os problemas desse assunto específico, uma das mais controversas em filosofia da ciência é como garantir que um determinado conhecimento é verdadeiro - que parece ser um dos problemas da epistemologia da ciência. A epistemologia é o ramo da filosofia - do filosofar - que se dedica a questionar os meios pelos quais se aceita ou refuta determinado conhecimento. O problema genérico da epistemologia - e por isso ela é tão interessante - é o problema do discernimento. Da reflexão multicamadas, do pensamento sobre o pensamento, que nos conduz a um estado de consciência superior em relação àquilo que fazemos ou aceitamos para si.

Como, estimada engenheira ou estimado engenheiro, lhe parece agora a filosofia da engenharia?

Por que o mundo a nossa volta é como é? Por que sentimos o que sentimos? Por que precisamos comer? Beber? De onde vem a água que bebemos? O que é o fogo? Por que a cor verde acalma e a vermelha estimula? Por que chove? Por que morremos? Por que nascemos? O que é aquele disco que brilha no céu? O que acontece depois que morremos?

Essas são algumas perguntas com as quais a humanidade já lidou, lida ou vai lidar por meio da ciência. Formular essas perguntas, como vimos, é o cerne da filosofia da ciência. Em épocas e locais diferentes, povos inteiros usaram seus meios particulares e chegaram a respostas diferentes para elas. Mas há algo que intriga: ainda que essas

questões sejam tão diferentes entre si, idem as respostas, o que há de comum entre elas?

Explicações. Todas essas perguntas clamam por explicações. Por que chove, por que faz sol, por que neva, por que morremos, por que nascemos. Com essas perguntas, satisfaz-se algo que brota da nossa humanidade, um impulso que faz a pessoa se sentir melhor depois de ter a resposta. De onde vem esse desejo tão humano de obter explicações para nossas curiosidades? Sim, essa também é uma pergunta que se chega ao filosofar sobre a ciência.

Mas há algo mais. No livro “O guia do Mochileiro das Galáxias” (ADAMS, 2009), é construído um supercomputador para responder a uma simples pergunta, mas que talvez seja a mãe de todas as demais: qual é o sentido da vida? O supercomputador demora milhões de anos e, a cada geração, se aguarda ansiosamente o dia do término dos cálculos. Muitos e muitos anos depois, eis que chega ao fim. O supercomputador já tem uma resposta para qual é o sentido da vida...

A resposta é 42.

“E daí?”, você deve ter perguntado. Pois é. “E daí?” não é a pergunta do cientista. O cientista se dá por satisfeito em sua curiosidade ao obter a explicação. Dentro de você, o chapéu que se manifestou ao indagar “e daí” ao supercomputador não foi o chapéu do cientista: foi o capacete do engenheiro.

Há, dentro de todos, um segundo tipo de impulso - que não o da curiosidade, do qual se deriva a ciência. É o impulso primeiro, mais basal, mais animal: de sobrevivência. Do qual se deriva a engenharia. Por que esse impulso se manifesta? Essa é a pergunta para a ciência. Enquanto engenheiros, o que nos interessa é que todos queremos sempre melhorar, sermos mais prósperos, seja lá como cada um interpreta a prosperidade. A engenharia pode sim, por um lado, ser a arte de realizar sonhos³. De construir aquilo que nossos antepassados sequer poderiam imaginar. Das gerações futuras fazerem o mesmo conosco. Mas também pode-se interpretar a engenharia como a arte de sobreviver. Com classe.

Como?

³ Esta belíssima frase é formulada pelo professor Luiz Antonio Meirelles na apostila da disciplina de Introdução à Engenharia de Produção.

Se o que nos diferencia enquanto espécie é o uso deliberado do conhecimento, da consciência, para enganar o nosso macaco interior e sair do princípio estímulo-resposta, como, dentre todas as maneiras pelas quais podemos fazer isso, iremos de fato fazer? Como iremos, enquanto sociedade, projetar os espaços de convívio para sair da lógica “estímulo de esvaziar intestinos, resposta intestinos esvaziados no mesmo momento e local”? Como iremos projetar a produção e consumo de alimentos de forma a produzir um saldo positivo de perpetuação da espécie? Como projetar um meio mais eficiente de estabelecer comunicação entre dois pontos distantes do planeta?

“Comos”. E não “por quês”. Não são explicações nesse caso. São soluções técnicas. Meios de ação deliberada para sobrevivência da melhor forma possível daquilo que queremos que sobreviva.

Pensar, filosofar, sobre essas coisas, esses meios. Isso é filosofia da engenharia.

Há, em meio a tantas questões relevantes nesse contexto, duas que merecem atenção especial.

Da forma como se definiu, todos somos engenheiros, inclusive os cientistas. Sim, porque mesmo aquele que projetou o supercomputador (na verdade, foi uma engenheira ou engenheiro que o fez...) e obteve dele a resposta “42” mesmo que nunca admita, ficou um pouco frustrado. Contudo, nem todos nós temos o título de engenheiros. Portanto, a primeira pergunta é: qual a diferença? O que é um engenheiro ou engenheira? O que é engenharia? Se todos queremos melhorar, o que diferencia um engenheiro de um leigo⁴? De um artesão? De um inventor? Arquiteto? Cientista? Homem das cavernas?

Além disso, há mais. A ciência busca a verdade. A engenharia busca o bem estar. A epistemologia é a parte da filosofia que se preocupa com o discernir. Para o caso da filosofia da ciência, há clara e inequivocamente formulado o problema da determinação das regras epistemológicas para o conhecimento, isto é, como aceitar

⁴ Essa discussão será conduzida nos capítulos 4 e principalmente 5 desse texto.

que um conhecimento é verdadeiro. Na filosofia da engenharia, o problema também existe. Ainda que “verdade” não seja o objetivo, e portanto a métrica de sucesso para o conhecimento na engenharia, a pergunta da epistemologia da engenharia é: como discernir acerca de um conhecimento em engenharia e poder qualificá-lo como bom⁵?

Para a primeira pergunta, sobre a natureza da atividade de engenharia, há discussões e dois autores que merecem distinção: Billy Koen e Walter Vincenti. Contudo, para o problema da engenharia, ainda não há autores nos quais se basear e nem mesmo o problema clara e inequivocamente formulado.

No que se segue, você, engenheira e brasileira, ou engenheiro e brasileiro, será apresentado ao que existe de discussão referente à primeira pergunta, sobre a natureza da atividade de engenharia. A segunda é uma sugestão para trabalhos futuros, um desafio a considerar, a opinião que se baseia em até onde se conseguiu ir sobre o que há de mais importante em filosofia da engenharia, que é o problema da epistemologia da engenharia.

Dizer que o objetivo desse trabalho é apresentar e discutir a natureza da atividade da engenharia é, digamos, um eufemismo. A real intenção dessa obra é mostrar a você quão importante é a filosofia da engenharia. Relembre o que você sentiu quando leu o título desse trabalho. Quando primeiro lhe foi perguntado como lhe parece a ideia de uma filosofia da engenharia. Como isso foi mudado?

Isso é o que se quer com esse trabalho. Mostrar que a filosofia da engenharia existe, é importante, até mesmo um tema interessante e, principalmente, mais que isso: é algo que tem a ver com você, engenheira ou engenheiro, e não apenas com os grandes Filósofos, ou com os que filosofam enclausurados na torre mais alta do castelo da universidade. Afinal de contas, como já sabia - e só sabia - o garotinho de outrora, filosofia é o amor ao saber. E sabemos o quanto tu amas o saber da engenharia.

⁵ Essa discussão será conduzida no capítulo 6 desse texto.

2 Filosofia da Engenharia é inicial no mundo e incipiente no Brasil

*"Só é possível tornar-se filósofo, não sê-lo. Assim que se acredita sê-lo, cessa-se de se tornar filósofo".
Friedrich Schlegel*

Esse capítulo apresenta em detalhes os resultados do mapeamento de literatura que foi conduzido para encontrar materiais relevantes para a pesquisa, com o objetivo de evidenciar que Filosofia da Engenharia é um tema inicial no mundo e que ainda não está sendo discutido no Brasil.

2.1 Acerca do método de pesquisa

Esse trabalho é fruto do projeto integração com o mestrado, feito pela Escola Politécnica e pela COPPE-UFRJ, onde alunos de graduação em engenharia de produção realizam também o mestrado no tema num total global de 6 anos. Para conseguir isso, o projeto de graduação e a dissertação de mestrado são realizados sobre temas relacionados, de modo que o aluno faça uma só pesquisa, mais ampla, ao invés de duas.

No caso desse trabalho, no Projeto de Graduação denominado “Métodos de Revisão e Mapeamento Sistemático de Literatura” estudou-se detalhadamente como conduzir revisões e mapeamentos de literatura, de modo que a discussão de métodos não será repetida nesse trabalho para não o tornar enfadonho.

Nesse trabalho, portanto, conduziu-se uma pesquisa teórica, baseada em revisão bibliográfica, de caráter exploratório, usando o método de mapeamento sistemático apresentado em Silva (2009). Num mapeamento sistemático, o objetivo é encontrar os principais livros, periódicos, autores, congressos e grupos de pesquisa no assunto.

2.2 Filosofia da Engenharia é inicial no mundo

Essa seção tem como objetivo apresentar que Filosofia da Engenharia, pelos resultados encontrados, é um tema inicial no mundo.

2.2.1 Um pouco da história do assunto⁶

Para Meijers (2009), o tema Filosofia da Engenharia é bem recente⁷, com os primeiros trabalhos sendo publicados somente no final do século XX e início do século XXI. Meijers (2009:8) afirma, se referindo à filosofia da tecnologia, que “o campo não tem uma história, apenas uma pré-história”. Segundo esse autor, somente no início do século XX se criou uma comunidade com tamanho suficiente para discutir filosofia da tecnologia e *engineering sciences*⁸. Contudo, até a metade do século XX os assuntos discutidos eram diferentes dos atuais, se concentrando em estudos metafísicos, antropológicos e éticos da tecnologia. Somente nos anos 80 houve a publicação de livros mais alinhados aos temas atuais, principalmente as obras de Rogers (1983) sobre a natureza da engenharia, Laudan (1984) sobre a natureza do conhecimento tecnológico, por Bunge (1985) sobre filosofia da ciência e tecnologia e por Staudenmaier (1985) sobre o entendimento das pessoas sobre tecnologia. Além disso, Meijers (2009:9) ressalta que um trabalho divisor de águas foi o de Vincenti (1993).

Meijers (2009) afirma que na década de 90 houve destaque para Mitcham (1994) e alguns artigos na revista *Techné: Research in Philosophy and Technology*⁹, que cresceu de importância. Contudo, esse período é de estagnação:

“Os anos 90 podem ser caracterizados como um período de estagnação. Nenhum grande estudo foi publicado e nenhuma grande iniciativa foi tomada. O assunto estava também virtualmente ausente nos principais periódicos de filosofia” (MEIJERS, 2009: 9).

Para Meijers (2009), nos anos 2000 o tema parece evoluir, principalmente por conta do envolvimento da *Delft University of Technology* (Holanda), e em menor escala da

⁶ Toda essa seção está baseada na reconstrução histórica feita em Meijers (2009).

⁷ Meijers (2009:1) reporta que, numa pesquisa na base *Philosopher's Index*, com abrangência de 1940 até 2008, uma busca pela palavra-chave “*science*” encontrou 46.250 registros, enquanto uma com a palavra-chave “*technology*” apenas 1.250. Buscando por “*artifact*” e “*design*” foram encontrados 300 e 1.200 entradas, respectivamente. Mais interessante: uma busca por “*engineering*” gerou apenas 450 resultados, desde 1940 até 2008.

⁸ Esse termo, que pode ser traduzido como “ciência da engenharia”, será problematizado no capítulo 4.

⁹ Essa revista pode ser encontrada em <http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/SPT/spt.html>. Seu editor, atualmente, é Joseph C. Pitt. Seus nomes anteriores eram *Techné: Journal of the Society for Philosophy and Technology* e *Society for Philosophy and Technology*.

Royal Academy of Engineering (Reino Unido). A julgar pelos três primeiros eventos internacionais de discussão sobre o tema, em 2007, 2008 e 2010¹⁰, bem como pelos livros no assunto, esse tema está numa fase de nascimento e definição de agenda de pesquisa, como indicam trabalhos recentes (MEIJERS, 2009:2).

2.2.2 Discussões atuais no campo

Existem atualmente alguns Handbooks no campo, principalmente Meijers et al (2009), Van de Poel & Goldberg (2010), Vermaas et al (2009) e Olsen, Pedersen & Hendricks (2009), além de trabalhos individuais.

A principal discussão, que envolve aparentemente metade de tudo que é publicado, é sobre as diferenças entre ciência, tecnologia e engenharia. Daí nasce a questão da pertinência ou não de existir uma filosofia da tecnologia (e/ ou da engenharia) diferente da filosofia da ciência. Essa discussão está presente em Pitt (2000), Koen (2003), Meijers et al (eds.) (2009), Van de Poel & Goldberg (eds.) (2010), Vermaas et al (eds.) (2009) e Olsen, Pedersen & Hendricks (eds.) (2009), Ferguson (1992), Simon (1996), Vincenti (1993) e Goldman (2004).

A segunda principal discussão é sobre a ética da engenharia e da tecnologia. Duas questões são geralmente discutidas: a primeira, como avaliar se uma tecnologia é boa ou má. A Segunda, bastante mais antiga, que remonta à década de 50 pelo menos, se a tecnologia é neutra ou não em relação ao mercado e ao sistema capitalista. Dusek (2006) conduz essa segunda discussão, enquanto ambas as questões estão presentes em Meijers et al (eds.) (2009), Van de Poel & Goldberg (eds.) (2010) e em Olsen, Pedersen & Hendricks (eds.) (2009).

Outras discussões extrapolam o debate sobre as definições de ciência, tecnologia e engenharia. Essas tomam uma determinada posição sobre esse assunto - usualmente de que engenharia não é ciência aplicada e nem tecnologia - e iniciam as discussões. São notórias as discussões sobre Projeto de engenharia (principalmente em Vermaas et al (eds.), 2009, e em Meijers et al (eds.), 2009) e sobre o papel da modelagem na engenharia (principalmente em Meijers et al (eds.), 2009).

¹⁰ Esses eventos são o *Workshop on Philosophy of Engineering* 2007 e 2008 e o *Forum on Philosophy, Engineering and Technology* de 2010.

Sobre epistemologia, Bunge (1985), Meijers et al (eds.) (2009) e Pitt (2000) são três obras que discutem o assunto. Contudo, nenhuma das três o trata da mesma pergunta que aqui se formulou - o que diferencia o bom do ruim conhecimento em engenharia. Meijers et al (eds.) (2009) discute principalmente a epistemologia dos artefatos, enquanto Bunge (1985) se concentra na epistemologia da ciência. Pitt (2000) se concentra em ressaltar a diferença entre o conhecimento em ciência e em tecnologia, ressaltando que o conhecimento usado em engenharia difere do usado na ciência.

2.2.3 Resultados do mapeamento sistemático

Essa seção irá apresentar os principais congressos, livros, periódicos, autores e centros de pesquisa do mundo no tema “Filosofia da Engenharia”.

O principal congresso sobre o assunto é o fPET (*Forum on Philosophy, Engineering & Technology*)¹¹. Esse congresso, citado por Meijers (2009) como o principal no assunto, teve três edições (com nomes diferentes). Analisaram-se os autores nos anais das três edições e as universidades nos quais trabalham, para identificar quem eram os autores mais atuantes e as principais universidades¹². A tabela abaixo apresenta os resultados.

¹¹ <http://philengtech.org/>.

¹² Foram computados na coluna “total”, além da quantidade de trabalhos publicados nos congressos, os capítulos publicados em Van de Poel & Goldberg (eds.) (2010), um livro derivado dos artigos do congresso de 2007.

Tabela 1 - Principais autores de artigos nos congressos em Filosofia da Engenharia

Autor	Universidade	Total
VAN DE POEL, Ibo	Delft University of Technology, Netherlands	6
FRITZSCHE, Albrecht	Universitat Stuttgart, Germany	5
GOLDBERG, David E.	University of Illinois at Urbana-Champaign	5
LI, Bocong	Graduate University of Chinese Academy of Sciences, China	4
BROOME, JR. Taft H.	Howard University, US	4
PIRTLE, Zach	Arizona State University	3
ABBOTT, Russ	California State University, US	3
VERMAAS, Pieter	Delft University of Technology, Netherlands	3
GRIMSON, William	Dublin Institute of Technology	3
POLS, Auke	Eindhoven University of Technology, NL	3
BOWEN, W Richard	i-NewtonWales	3
DAVIS, Michael	Illinois Institute of Technology	3
MOSES, Joel	MIT, US	3
MONK, John	Open University Milton Keynes, UK	3
FARBER, Darryl	Penn State University	3
ROBISON, Wade	Rochester Institute of Technology	3
LUEGENBIEHL, Heinz C.	Rose-Hulman Institute of Technology, US	3
MORIARTY, Gene	San Jose State University	3
KOEN, B. V.	The University of Texas at Austin	3
BELL, Sarah J.	University College London	3
PITT, Joseph C.	Virginia Tech	3
MITCHAM, Carl	Colorado School of Mines	2
ZHU, Qin	Dalian University of Technology	2
KREUK, M. K. de	Delft University of Technology, Netherlands	2
KROESEN, Otto	Delft University of Technology, Netherlands	2
OTTENS, Maarten	Delft University of Technology, Netherlands	2
VAN LOODSRECHT, M. C.	Delft University of Technology, Netherlands	2
ZWAAG VAN DER, Sybrand	Delft University of Technology, Netherlands	2
MURPHY, Mike	Dublin Institute of Technology	2
De VRIES, Marc J.	Eindhoven University of Technology, NL	2
GEDGE, Dennis J.	Engenheiro consultor	2
MACKEY, Robert	Independent Scholar	2
MICHELFEELDER, Diane P.	Macalester College	2
BULLEIT, W. M.	Michigan Tech	2
McCARTHY, Natasha	Royal Academy of Engineering	2
HEIN, Andreas. M.	Technical University of Munich, Germany	2
DIDIER, Christelle	Université Catholique de Lille	2
CHILVERS, Andrew J.	University College London	2
DANIELSON, Peter	University of British Columbia	2
DURBIN, Paul	University of Delaware	2
PRICE, Raymond L.	University of Illinois at Urbana-Champaign	2
VOJAK, Bruce A.	University of Illinois at Urbana-Champaign	2
FOX, Andrew	University of Plymouth	2
PAPADOPOULOS, C.	University of Puerto Rico	2
COECKELBERG, Mark	University of Twente	2
GRIFFIN, Abbie	University of Utah	2
HAYDEN, N. J.	University of Vermont	2
RADDER, Hans	VU University Amsterdam, NL	2
GUNN, Alastair	Waikato University	2
PAN, Enrong	Zhejiang University, China	2

Fonte: O Autor

Dessa lista de autores, no quesito universidades, destaca-se a quantidade de pesquisadores associados à *Delft University of Technology*. De fato, um dos maiores grupos de pesquisa em Filosofia da Engenharia do mundo é formado pelas três universidades da Holanda: *Delft University of Technology*, *Eindhoven University of Technology* e *University of Twente*. Esse grupo, chamado *3TU.ethics*¹³ discute (1) questões morais em projeto de engenharia e Pesquisa e Desenvolvimento, (2) questões morais no uso e regulação da tecnologia, e (3) valores na engenharia e na sociedade, além de questões individuais tratadas por cada pesquisador.

Estudaram-se os principais professores e pesquisadores do *3TU.Ethics* para verificar em que periódicos os mesmos publicaram. Analisaram-se as publicações dos pesquisadores Ibo Van de Poel, Anthonie Meijers, Peter Kroes, Pieter Vermaas, Peter-Paul Verbeek, Jeroen van den Hoven e Tsjalling Swierstra. Além desses, tentou-se analisar também as publicações dos cinco principais autores na listagem de publicações nos congressos¹⁴. A tabela abaixo apresenta os resultados.

¹³ <http://www.ethicsandtechnology.eu/>, consultado em 20 de novembro de 2010.

¹⁴ Contudo, dessa listagem, não foi possível encontrar os currículos de Albrecht Fritzsche, David Goldberg e Li Bocong. Dessa forma, dos cinco que mais publicaram nos congressos só foram analisadas as publicações de Ibo Van de Poel e Taft Broome.

Tabela 2 - Principais periódicos em Filosofia da Engenharia

Periódico	Trabalhos	JCR	ISSN	Disponível desde	Qualis
Science, Technology & Human Values	6	1.926	0162-2439	1999	Não
Krisis: Tijdschrift voor Empirische Filosofie	5	Não	0168-275X	Não	Não
Science and Engineering Ethics	5	0.563	1353-3452	2003	Não
Studies in History and Philosophy of Science	4	0.178	0039-3681	1995	A2 filosofia
Humanities and Technology Review	3	Não	1076-7908	Não	Não
Philosophical Explorations	3	Não	1386-9795	2004	Não
Research in Engineering Design	3	1.320	0934-9839	1997	Não
Algemeen Nederlands tijdschrift voor Wijsbegeerte	2	Não	0002-5275	Não	Não
Ethics and Information Technology	2	Não	1388-1957	Não	Não
Nanoethics: ethics for technologies that converge at the nanoscale	2	Não	1871-4757	Não	C interdiscipl.
Techné: Research in Philosophy and Technology	2	Não	1091-8264	Não	Não
Australian Journal of Professional and Applied Ethics	1	Não	1328-7265	Não	Não
British journal for the philosophy of science	1	0.867	0007-0882	1996	Não
Design studies	1	1.115	0142-694X	1995	A2 Eng. III
Ethiopian Journal of the Social Sciences and Humanities	1	Não	1810-4487	Não	Não
Free Inquiry	1	Não	0272-0701	Não	Não
Human Studies	1	0.395	0163-8548	1978	B1 Educação
IEEE Technology and Society Magazine	1	0.450	0278-0097	1988	Não
International Journal of Applied Philosophy	1	Não	0739-098X	Não	Não
International Journal of Critical Infrastructures	1	Não	1741-8038	Não	Não
Journal of Business Ethics	1	3.874	1573-0697	1997	A1 admin.
Journal of Medicine and Philosophy	1	0.712	0360-5310	1993	B1 sociologia
Journal of the Australian Computer Society	1	0.429	1443-458X	2003	Não
Phenomenology and the Cognitive Sciences	1	Não	1568-7759	2002	A2 Filosofia
Social studies of science	1	1.343	1460-3659	1999	A2 interdiscipl.
Synthese : An International Journal for Epistemology, Methodology and Philosophy of Science	1	0.477	0039-7857	1997	A2 eng. III
Systems Research and Behavioral Science	1	0.689	1092-7026	1997	A1 adm.
Research Policy	1	2.655	0048-7333	1995	A1 eng. III
Journal of Engineering Mechanics	1	0.792	0733-9399	1990	A1 eng. I
Science Communication: An Interdisciplinary Journal of the Social Sciences	1	0.886	1075-5470	1999	Não
Journal of Engineering Education	1	1.093	1069-4730	2006	Não

Fonte: O Autor

Pela análise realizada, destacam-se os periódicos Science, Technology & Human Values e Science and Engineering Ethics. Contudo, nenhum dos dois é avaliado atualmente pelo sistema de avaliação da Qualis/CAPES. Os únicos que já foram avaliados pelo sistema Qualis foram o *Studies in History and Philosophy of Science*, A2 para filosofia, e o *Nanoethics*, C para interdisciplinar. Ou seja, para a engenharia,

em especial para a área de engenharia de produção, publicar nesses periódicos vale o mesmo: nada¹⁵. Entretanto, vale ressaltar que esse campo parece se caracterizar pela publicação prioritariamente em livros, ao invés de em artigos. Muitos dos principais livros mais atuais são compêndios de trabalhos feitos por diversos autores. A tabela abaixo apresenta os principais livros encontrados no assunto.

Tabela 3 - Principais livros em Filosofia da Engenharia

Autores	Título	Ano
de Poel, Ibo van and David E Goldberg	Philosophy and Engineering:: An Emerging Agenda	2010
Vermaas, P E, P A Kroes, Andrew Light, and Steven Moore.	Philosophy and Design: From Engineering to Architecture.	2009
Meijers, Anthonie W.M, Dov M Gabbay, Paul Thagard, and John Woods	Philosophy of Technology and Engineering Sciences	2009
Olsen, Jan Kyrre Berg, Evan Selinger, and Sren Riis.	New Waves in Philosophy of Technology	2009
Olsen, Jan Kyrre Berg, Stig Andur Pedersen, and Vincent F Hendricks	A Companion to the Philosophy of Technology	2009
Dusek, Val	Philosophy of Technology: An Introduction	2006
de Vries, Marc J	Teaching About Technology: An Introduction to the Philosophy of Technology for Non-Philosophers	2006
Koen, B V.	Discussion of the Method : Conducting the Engineer's Approach to Problem Solving.	2003
Pitt, Joseph C.	Thinking About Technology : Foundations of the Philosophy of Technology.	2000
Mitcham, Carl	Thinking Through Technology: The Path Between Engineering and Philosophy	1994
Vincenti, Walter G.	What Engineers Know and How They Know It: Analytical Studies From Aeronautical History.	1993
Ihde, Don.	Philosophy of Technology: An Introduction.	1993
Ferguson, Eugene S.	Engineering and the Mind's Eye.	1992
Bunge, Mario Augusto.	Treatise on Basic Philosophy: Volume 7: Epistemology and Methodology III: Philosophy of Science and Technology Part I: Formal and Physical Sciences Part II: Life Science, Social Science and Technology	1985
Bunge, Mario Augusto.	Treatise on Basic Philosophy: Volume 5: Epistemology & Methodology I: Exploring the World	1983
Bunge, Mario Augusto.	Treatise on Basic Philosophy: Volume 6: Epistemology & Methodology II: Understanding the World	1983

Fonte: O Autor

2.3 Filosofia da Engenharia é incipiente no Brasil

Essa seção irá apresentar que o tema Filosofia da Engenharia é incipiente no Brasil, já que pela busca realizada não se encontrou a discussão em nenhuma das fontes consultadas. Na busca realizada, encontrou-se um tema com nome similar e assunto diferente - Filosofia da Tecnologia. Apesar disso, o tema parece ter raízes nas discussões de alguns autores brasileiros que, embora não afirmem que estão fazendo

¹⁵ Até que a comissão de avaliadores decida qual deve ser a pontuação referente ao periódico, considerando todo o campo de Engenharias III e não somente a discussão sobre Filosofia da Engenharia.

Filosofia da Engenharia, dão contribuições importantes para o tema. Algumas delas não são escritas no formato de livros e artigos, mas sim discursos e reflexões dos mesmos.

2.3.1 Zero resultados relevantes no Google

Como forma de verificar se havia resultados discutidos amplamente no assunto, foi realizada uma pesquisa no Google, veículo popular de busca. A tabela abaixo mostra a quantidade de entradas em cada expressão-chave utilizada pela busca por expressão exata (entre aspas).

Tabela 4 - Quantidade de entradas por palavra-chave no Google

Expressão-chave			Entradas	Expressão-chave			Entradas
Filosofia	da	Engenharia	498	Engenharia	da	Filosofia	8
Filosofia	com	Engenharia	2	Engenharia	com	Filosofia	5
Filosofia	e	Engenharia	1,29	Engenharia	e	Filosofia	3,46
Filosofia	na	Engenharia	30	Engenharia	na	Filosofia	6
Filosofia	em	Engenharia	9	Engenharia	em	Filosofia	0
Filosofia	sobre	Engenharia	0	Engenharia	sobre	Filosofia	4
SOMA			1,777	SOMA			3,483
Philosophy	of	Engineering	201.000				
Philosophy	in	Engineering	226.000				
SOMA			427000				

Fonte: O Autor, em 25 de Janeiro de 2011.

Apenas 498 entradas foram retornadas usando-se a expressão exata, “filosofia da engenharia”. Dessas, nenhuma era realmente relevante para o assunto que se queria discutir. Eram apenas fragmentos de frase como “a filosofia da engenharia simultânea”, “filosofia da engenharia integrada”. Ou seja, usava-se filosofia como sinônimo de “forma de pensamento”, não relacionado ao contexto buscado. Esse já é um primeiro indício de que não há esse tema sendo sistematicamente discutido no Brasil. Destaca-se também a diferença significativa entre a quantidade de resultados em inglês (201.000) e em português (498).

2.3.2 Zero resultados no Scielo, BDTD, Banco de Teses da CAPES, Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPQ, Estante Virtual e Livrarias Nacionais

Para realizar a busca por artigos e livros nacionais no tema, ou seja, literatura técnica (em detrimento de qualquer entrada relacionada no Google), optou-se por buscar na base de periódicos Scielo¹⁶, na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD-IBICT¹⁷), no Banco de Teses da CAPES¹⁸, no site de sebos Estante Virtual¹⁹ e na Livraria Cultura²⁰.

Nenhum resultado relevante foi encontrado ao se buscar nessas fontes, como evidenciado pela tabela abaixo. Na Livraria Cultura foram encontrados 4 livros ao utilizar as palavras-chave em inglês. Trata-se de livros que são importados por esse vendedor, que já tinham sido identificados através da *Amazon*²¹.

Tabela 5 - Quantidade de resultados por palavras-chave em cada base brasileira

		Filosofia	Philosophy
		Engenharia	Engineering
Scielo	Entradas	21	7
	Relevantes	0	0
Estante Virtual	Entradas	5	0
	Relevantes	0	0
Banco de Teses CAPES	Entradas	155	0
	Relevantes	0	0
BDTD	Entradas	187	0
	Relevantes	1	0
Livraria Cultura	Entradas	0	4
	Relevantes	0	4

Fonte: O Autor, em 15 de novembro de 2010.

Realizou-se também uma busca no diretório de grupos de pesquisa do CNPQ²². Seis grupos foram encontrados, ao se buscar pelas palavras “filosofia” e “engenharia”: engenharia ambiental (UNIR), história e filosofia da ciência no ensino (CEFET-RJ), Laboratório de Concepção e Análise do Design (UFRJ), Laboratório de Estudos Internacionais (UFSM), Núcleo de estudos sobre produção enxuta e sustentável (IFES) e Pesquisa Aplicada em Telemática Educativa (IFCE). Desse modo, ressalta-se que nenhum dos grupos procurados trata diretamente de Filosofia da Engenharia.

¹⁶ www.scielo.org, consultado em 15 de novembro de 2010.

¹⁷ <http://bdt.d.ibict.br>, consultado em 15 de novembro de 2010.

¹⁸ <http://capesdw.capes.gov.br/capesdw/>, consultado em 15 de novembro de 2010.

¹⁹ www.estantevirtual.com.br, consultado em 15 de novembro de 2010

²⁰ www.livrariacultura.com.br, consultado em 15 de novembro de 2010.

²¹ www.amazon.com, consultado em 15 de novembro de 2010.

²² <http://dgp.cnpq.br/buscaoperacional/>, em 16 de janeiro de 2011.

2.3.3 Filosofia da Tecnologia não é Filosofia da Engenharia

A única tese relevante foi a dissertação de mestrado de Rossano Soares Tavares, “Reflexões sobre uma filosofia da tecnologia no pensamento de John Dewey”, de 2007, da PUC/SP. Nesse material, Tavares (2007) discute as diferenças entre ciência e tecnologia e define o que ele chama de filosofia da tecnologia. Tavares (2007) afirma que “a grande diferença entre ciência e tecnologia está no fato de que esta oferece a possibilidade da descoberta casual de alguma solução para um problema nem mesmo antes imaginado” (TAVARES, 2007: 47). Além disso, para ele, “Filosofia da Tecnologia é a discussão dos problemas e possíveis questionamentos que a tecnologia possa suscitar” (TAVARES, 2007: 82).

O campo de Filosofia da Tecnologia parece mais bem evoluído do que Filosofia da Engenharia no Brasil. No Google foram encontrados 15.300 entradas (contra 498 em Filosofia da Engenharia) e uma quantidade significativa de resultados²³, incluindo um grupo de pesquisa que discute o tema, o Grupo de Pesquisa Filosofia da Tecnologia do Programa de Pós-Graduação em Filosofia da UNISINOS²⁴.

As discussões em Filosofia da Tecnologia no Brasil parecem circunscritas ao que definiu TAVARES (2007:82): a discussão do papel social da tecnologia. O próprio grupo da UNISINOS define seu escopo como:

“Trata-se do problema da tecnologia. Do problema concernente à tecnociência e seu grande impacto na vida global contemporânea, incluindo aí a própria Filosofia. Pergunta-se, então, pela essência da técnica e pela condição humana diante da tecnologia. Pelos efeitos da tecnologia e das tecnociências e seus impactos na ordem da produção de subjetividade, das relações sociais e do meio-ambiente. Pergunta-se pelas novas relações de poder emergentes no contexto da sociedade tecnocientífica. E pelas implicações teóricas e conceituais nos domínios da Ética, da Estética, da Política e da Ciência contemporâneas. Problema de enorme complexidade e abrangência.

Projeto de investigação filosófica e transdisciplinar no qual são estudados autores como Aristóteles, M. Heidegger, M. McLuhan, T. Lenoir, Félix Guattari, P. Lévy, M. Heim, W. Benjamin, J. Baudrillard, W. Flusser, Andrew Feenberg, M. Dascal, De Masi, Bauman, Capra, Castells, Bruno Latour, Umberto Galimberti, Gilbert Hottois, Hans Jonas, Simondon, T. Engelhardt, entre outros.

Busca-se construir um conceito de técnica e tecnologia, a partir de pressupostos antropológicos, éticos, estéticos e políticos situados na tradição iluminista e renascentista,

²³ Em 25 de janeiro de 2011, na busca por expressão exata, “filosofia da tecnologia”.

²⁴ <http://groups.google.com/group/filosofia-da-tecnologia?pli=1>, em 20 de novembro de 2010.

de um lado e na revolução ecosófica e pós-modernista de outro. Procura-se investigar e elucidar conceitos fundamentais no debate da antropologia filosófica contemporânea, tais como "pós-humano", "hiper-humano", "transumano".

(<http://groups.google.com/group/filosofia-da-tecnologia>, em 20 de novembro de 2010).

Pela própria definição dos grupos de pesquisa em Filosofia da Tecnologia, esse trabalho não se alinha diretamente com esses grupos²⁵, reforçando que aqui se tenta discutir outra coisa²⁶. Coisa essa que, pela busca realizada, é inédita no Brasil.

Como efeito de comparação, a quantidade de trabalhos em inglês em filosofia da engenharia é maior do que a quantidade de trabalhos em filosofia da tecnologia (201 mil contra 105 mil). Em português, entretanto, essa proporção é completamente diferente: 498 contra 15.300.

Tabela 6 - Comparação de entradas no Google em português e inglês sobre Filosofia da Tecnologia e sobre Filosofia da Engenharia

Expressão-chave			Entradas
Filosofia	da	Engenharia	498
Filosofia	da	Tecnologia	15.300
Philosophy	of	Engineering	201.000
Philosophy	of	Technology	105.000

Fonte: O autor, em 25 de janeiro de 2011.

Há, na produção de livros no país, alguns trabalhos em Filosofia da tecnologia. Destacam-se as obras de Milton Vargas (VARGAS (org.), 1994; VARGAS, 1994; VARGAS, 1981), Alvaro Vieira Pinto (PINTO, 2005a; PINTO, 2005b), Luiz Pinguelli Rosa (ROSA, 2006; ROSA, 2005), além de outros autores (MORAIS, 1988; GAMA, 1987; MARTINS, 1975). Contudo, nenhum desses livros trata especificamente da questão da filosofia da engenharia, mas sim de filosofia da tecnologia – a temática da inserção e neutralidade da tecnologia na sociedade.

²⁵ Além de ser uma discussão sobre um assunto diferente, a perspectiva sobre ciência, engenharia e tecnologia adotada nesse trabalho (interação entre os 3 elementos) é diferente da adotada pelo grupo de pesquisa citado (tecnociências). Essas perspectivas serão discutidas no capítulo 3.

²⁶ Os elementos necessários para que se discuta a diferença entre engenharia e tecnologia serão apresentados nos capítulos 4 e principalmente 5. O capítulo 5, com base nesses elementos, irá endereçar frontalmente essa diferença.

2.3.4 Os Precursores da Filosofia da Engenharia no Brasil

O fato de não haver trabalho *sobre* Filosofia da Engenharia no Brasil não significa dizer que não há trabalho *em* Filosofia da Engenharia, ou seja, que traga reflexões sobre engenharia. O que se está dizendo é que, para usar os termos de Silva (2009), pode ser que haja estudos primários em Filosofia da Engenharia no Brasil, mas que segundo a pesquisa realizada não há estudo secundário sobre Filosofia da Engenharia, que discuta os estudos primários.

De fato, há indícios de alguns estudos primários em Filosofia da Engenharia. Parte deles são de tradição oral, apenas ditos mas não escritos por seus autores, e outra parte são trabalhos com outro objetivo, mas que possuem algum tipo de reflexão sobre filosofia da engenharia, como o de Miguel de Simoni²⁷. Esse autor, em suas obras, discute o papel da engenharia de produção como meio de desenvolvimento da população do Brasil. Na parte das reflexões pessoais não sistematizadas como livros e artigos, há reflexões usadas nesse trabalho, em particular as dos professores Domício Proença, Luiz Meirelles, Roberto Bartholo e Heitor Caulliraux. Certamente, outros engenheiros e estudiosos do assunto - sobretudo os professores e demais profissionais que têm a chance de refletir sobre a profissão de engenharia - desenvolvem outras reflexões fora do escopo de contatos que se deram na trajetória formativa do autor. Contudo, quantas dessas reflexões são publicadas? Por que não são? Quantas são discutidas com os colegas? Parece que aqui o que falta é o reconhecimento de que essas não são reflexões isoladas e que a maior contribuição que se poderia dar ao assunto no Brasil é se criar um ambiente de discussão de questões em Filosofia da Engenharia - um simpósio, fórum, congresso ou revista.

²⁷ Miguel de Simoni foi professor da Engenharia de Produção na COPPE/UFRJ. Falecido em 2002, suas obras influenciam fortemente a identidade do tipo de engenharia que se pratica nessa instituição.

3 A interligação entre Engenharia e Ciência Aplicada

*"O filósofo, como o entendo, é um explosivo terrível na presença do qual tudo está em perigo".
- Friedrich Nietzsche*

Uma discussão que precisa ser conduzida nesse trabalho é sobre a interligação entre a ciência e engenharia. É importante ter em mente que há a visão, que parece preponderante entre os leigos, de que engenharia é ciência aplicada.

De um lado, existe a visão de que a engenharia seria ciência aplicada. A esse respeito, Vincenti (1993) é a obra fundamental. Nesse trabalho, derruba-se essa visão ao evidenciar-se que a ciência e a engenharia são diferentes em seus fins, nos meios que utiliza para produzir conhecimento e pela própria natureza do conhecimento gerado. A proposta de Vincenti é que a engenharia, ainda que possa aplicar ciência, não é igual a ciência aplicada. Ele completa:

“A maioria das pessoas, quando prestam atenção à engenharia, tendem a pensar nela como ciência aplicada. Engenheiros modernos são vistos como profissionais que coletam seus conhecimentos a partir de cientistas e, por um processo ocasionalmente dramático, mas provavelmente pouco interessante intelectualmente, usam esse conhecimento para produzir artefatos materiais. Desse ponto de vista, **estudar a epistemologia da ciência deve automaticamente envolver o conteúdo de conhecimento da engenharia. Engenheiros sabem por experiência que essa visão é errada**, e nas décadas recentes historiadores da tecnologia produziram evidências narrativas e analíticas na mesma direção. Desde que engenheiros tendem a não ser introspectivos, entretanto, e filósofos e historiadores (com algumas exceções) têm sido limitados quanto à sua expertise técnica, o caráter do conhecimento de engenharia como uma espécie epistemológica está sendo examinado em detalhes somente agora. Esse livro é uma contribuição para esse esforço” (VINCENTI, 1993: 3, ênfase adicionada).

Ainda que seja usado para entender as relações entre ciência e engenharia, a ideia de que engenharia e ciência possuem uma área em comum, de interseção, talvez não seja o melhor modelo para se entender aquilo que se está querendo dizer nesse trabalho. Para discutir a interseção entre engenharia e ciência, é necessário primeiro ter em mente quais seriam os elementos em interseção. Os mesmos podem ser diversos: primeiro, o indivíduo que exerce as atividades de ciência (“cientista”) ou que exerce as atividades de engenharia (“engenheiro”). Segundo, os corpos de conhecimento que estão na ciência, na engenharia e, forçosamente, em ambos. Terceiro, as atividades e projetos realizados por engenheiros e por cientistas. Quarto, o método usado por

engenheiros e cientistas. Quinto, as tecnologias criadas pela engenharia e usadas pelos cientistas.

Tudo isso depende, contudo, de uma questão primária: como se define ciência, engenharia e tecnologia. Portanto, nesse capítulo primeiro se irá discutir possíveis formas de se definir ciência, engenharia e tecnologia, para em seguida tratar das interseções entre ciência e engenharia, em diferentes perspectivas de elementos nos conjuntos.

3.1 Abordagens de discussão do problema de definir ciência e engenharia

Radder (2009:24-25) diferencia três tipos de modelos de relacionamento entre ciência, tecnologia e engenharia. O primeiro tipo é o que ele chama de modelos de primazia. Nesses modelos, a maior importância é dada à ciência, ou à tecnologia, ou à engenharia. Segundo Radder (2009), a visão de primazia da ciência (tecnologia/engenharia como ciência aplicada, ciência como a principal atividade) é geralmente dada pela “tradição de Humanidades”, enquanto que a “tradição da engenharia” defende geralmente a primazia da engenharia. Para Radder (2009:25), uma primazia conceitual da tecnologia pode ser vista na Filosofia da Tecnologia de Heidegger. Ihde (1979) apud Mitcham (1994: 97), por exemplo, defende duas formas de se discutir a ideia de ciência e tecnologia: uma posição, idealista, assume que a tecnologia nasce da ciência; a segunda, materialista, assume o oposto. Ambas essas posições são modelos de primazia.

A segunda perspectiva é a de “rede sem costura” (*seamless web*), que assume que tecnologia, ciência e engenharia são tão correlacionadas que não podem ser distinguidas com precisão. A ideia da tecnociência integra essa perspectiva.

O terceiro tipo de perspectiva é a que Radder (2009) chama de “abordagem interativa”. Esse tipo de perspectiva se caracteriza por enxergar ciência, tecnologia e engenharia como entidades independentes e que interagem. Essa é a perspectiva que se adota aqui.

Duas são as principais razões para adoção da perspectiva de “abordagem interativa”, ou seja, que ciência, tecnologia e engenharia são diferentes e se relacionam. A primeira é o trabalho de Vincenti (1993) e de todos que discutem características

específicas do conhecimento e da atividade de engenharia²⁸. Não foi encontrado contra-argumento tão bom ou melhor que o de Vincenti (1993) para caracterizar a engenharia como diferente da ciência: uma diferença em finalidades, em meios para obtenção e na própria natureza do conhecimento obtido e utilizado por essas duas entidades (descritas no capítulo 4 desse trabalho). Em segundo lugar, o trabalho de Mitcham & Schatzberg (2009), que trata da possibilidade de adoção de diferentes perspectivas filosóficas para a busca de uma definição para algo.

Mitcham & Schatzberg (2009) buscam uma definição de tecnologia e *engineering sciences*. Os autores descrevem esse como uma expansão de um trabalho anterior, Mitcham (1994), onde se definiu perspectivas diferentes para analisar a tecnologia (tecnologia como produto, como processo e como corpo de conhecimento). Os dois autores distinguem cinco abordagens diferentes em direção a definir algo:

- (1) a abordagem etimológica, baseada nas origens dos termos (Mitcham & Schatzberg, 2009:28-29);
- (2) a abordagem de definições essenciais, que especificam condições necessárias e suficientes para algo ser membro de uma classe (Mitcham & Schatzberg, 2009:29);
- (3) a abordagem prescritiva, que fornece frases imperativas que instruem ou comandam como uma palavra deve ser usada (Mitcham & Schatzberg, 2009:29);
- (4) a abordagem linguística, que foca nas palavras mais do que nas coisas (Mitcham & Schatzberg, 2009:30-31);
- (5) a abordagem pragmatista, que “busca definições que funcionem bem em contexto, negando que exista algo como uma definição pura ou uma definição que não serve a algum propósito” (Mitcham & Schatzberg, 2009:31-32).

Em seguida, os mesmos realizam uma análise etimológica da palavra tecnologia e da palavra técnica e avaliam os diferentes usos e valores atribuídos às mesmas pela Engenharia, pelas Humanidades e pelas Ciências Sociais. Mitcham & Schatzberg (2009), então, tomam duas posições. A primeira, defendem o ponto de vista pragmatista ao buscar uma definição, negando a existência de uma definição pura ou perfeita para ciência, tecnologia e engenharia. Os autores fazem isso ao colocar que as visões de cada comunidade (Engenharia, Humanidades e Ciências Sociais) para

²⁸ Por exemplo, Koen (2003), Ferguson (1992), Dym et al (2009), Simon (1996), Brockman (2009).

tecnologia, ciência e engenharia variam muito e dependem do contexto, dificultando o estabelecimento de uma definição única (Mitcham & Schatzberg, 2009:33). Além disso, há dificuldades de tradução e de contexto.

Portanto, parece que os autores consideram mais apropriado que se defina tecnologia, ciência e engenharia de uma determinada forma e se lide com questões que devem ser respondidas por qualquer definição. Isso retira a carga da busca por uma definição “pura” e geral desses três elementos e permite que, uma vez que se tenha estabelecido apropriadamente os três elementos (lidando com as questões que os autores colocam), se possa avançar para além desse debate de termos, pré-consequências das definições. Nas palavras dos autores:

“Uma definição é fortemente relacionada com uma quantidade de questões filosóficas de interesse mais geral. Mas uma definição, quando considerada no nível mais básico de isolar o fenômeno ou os fenômenos para serem nomeados e classificados, não determina o conteúdo por si mesmo numa forma mais profunda ou interpretativa. Foi, isso o que, pelo menos em parte, quis dizer Martin Heidegger [1954] quando afirmou que a essência da tecnologia não é nada tecnológico. Na perseguição a uma definição mais profunda, interpretativa – seja em filosofias da tecnologia que se levantam a partir dos contextos de ciência e engenharia, das humanidades, ou das ciências sociais – seria apropriado considerar pelo menos as seguintes dez questões básicas, mas não ordenadas e nem mutuamente excludentes:

1. a tecnologia tem alguma característica definidora interna ou essencial?
2. Se a tecnologia tem uma característica ou características essenciais ou necessárias, como elas podem ser distinguidas de características acidentais ou contingentes?
3. Qual a relação entre tecnologia e natureza?
4. Qual a relação entre tecnologia e ação humana? (a partir do momento que a tecnologia pode ser definida como um tipo de ação humana, então um conjunto de assuntos em filosofia da ação, ética e teoria política se torna relevante).
5. A tecnologia é uma ou muitas, uma unidade ou uma pluralidade? Isto é, é mais acurado falar em “tecnologias” ao invés de “tecnologia”? Se uma pluralidade, quais são as melhores formas de entendê-la dessa forma?
6. Quais, se existem, são as “partes” (ou divisões internas) da tecnologia (ou das tecnologias)?
7. Existe continuidade histórica no desenvolvimento de tecnologia (ou tecnologias)?
8. Qual é a relação entre tecnologia (tecnologias) e ciência (ciências)?
9. Qual a relação entre tecnologia (tecnologias) e engenharia (engenharias)?

10. Qual a relação entre tecnologia (ou tecnologias) e outros aspectos da vida humana (cultura, linguagem, religião, arte, sociedade, política, economia etc.)?

Possíveis respostas para essas questões serão fortemente influenciadas por como a tecnologia é separada de outros aspectos do mundo. Respostas a essas questões terão então implicações substantivas para outras questões, tais como se a tecnologia é ou não neutra, autônoma, boa, bela e mais. **Adotar a abordagem pragmatista para uma definição implica que qualquer definição precisará ser tomada em diálogo com ou através de uma reflexão crítica de suas implicações. Uma definição não é algo que pode ser colocado independente de seu contexto**” (Mitcham & Schatzberg, 2009:58-59).

Além disso, a visão de Mitcham & Schatzberg (2009) permite que se abandone essa discussão de limites ou de conceitos em benefício do avanço da discussão substantiva subsequente. Em outras palavras, pode-se assumir que os três são diferentes e avaliar as implicações disso, em termos de entendimento adicional que se consegue quando se usa essa visão ao invés das visões alternativas, focando mais esforços nos desdobramentos e qualidades de cada visão do que na busca de uma definição perfeita.

3.2 Origens históricas da visão de unidade entre ciência e engenharia

De tudo que podemos, o que devemos ensinar às gerações futuras?

Essa foi a pergunta com a qual teve que lidar Vannevar Bush. Segundo Goldman (2004:164), o autor do relatório “Ciência, a Fronteira Infinita”²⁹ para o presidente Roosevelt em 1945 foi o primeiro a definir engenharia como ciência aplicada.

Goldman (2004:165) afirma ainda que o relatório de Bush foi responsável pela criação da Fundação Nacional de Ciência dos Estados Unidos³⁰, NSF, que nos anos 80 rejeitou a ideia de existir pesquisa em engenharia. Goldman (2004) afirma que:

“A posição da NSF era que pesquisa significava conhecimentos novos, e que o conhecimento estava somente ao alcance da ciência. Engenheiros meramente aplicavam conhecimento de formas práticas, o que implicava que quaisquer assuntos intelectualmente interessantes colocados pelo conhecimento técnico estavam no domínio da ciência, e não da engenharia. A filosofia da ciência, por exemplo, rapidamente virou uma respeitada subdisciplina da filosofia, estudada desde o século XIX por importantes pensadores da ciência e da filosofia. Ela foi complementada no

²⁹ “*Science, the Endless Frontier*”, em inglês.

³⁰ US National Science Foundation (NSF).

século XX pela ascensão da história da ciência e sociologia da ciência como disciplinas escolares. A filosofia da engenharia, em contraste, é virtualmente desconhecida no mundo anglo-americano, e a história e sociologia da engenharia são subespecialidades marginais, no melhor dos casos” (GOLDMAN, 2004: 165).

As consequências para os Estados Unidos dessa definição de engenharia como ciência aplicada em 1945 foram a priori positivas, pois as universidades americanas cumpriram seu papel de absorver a oferta massiva de mão de obra ex-combatente da 2ª Guerra Mundial. Além disso, os EUA se tornaram a maior potência em tecnologia do mundo. O povo em geral, e até mesmo os engenheiros, aceitaram naquele momento engenharia como ciência aplicada.

Porém, discutindo-se a sério, engenharia realmente é só ciência aplicada? Há razões que levam a crer que Vannevar Bush e a NSF estavam errados, e que já está na hora de se mudar isso.

3.3 Primeira perspectiva: o indivíduo

Discutindo a perspectiva do indivíduo que exerce as atividades de ciência ou de engenharia, é importante notar que a visão de que só cientistas fazem ciência e só engenheiros fazem engenharia é ingênua. Engenheiros, principalmente aqueles que possuem forte base de formação em ciência, podem exercer atividades científicas, mesmo não sendo diplomados para tal, e frequentemente o fazem. Da mesma forma, cientistas (físicos, químicos, biólogos etc.) podem exercer, e exercem, atividades de projeto que um leigo consideraria “engenharia” (defende-se aqui que não necessariamente essas atividades de projeto são engenharia, visto que o que diferenciaria o engenheiro seria o uso do método de engenharia (Koen, 2003) e que “os engenheiros não são os únicos projetistas profissionais” (SIMON, 1996: 111)).

A chave para entender essa falsa contradição “ciência é feita por cientistas - engenharia por engenheiros, mas há coisas que engenheiros fazem que parecem ciência e coisas que cientistas fazem que parecem engenharia, logo engenharia e ciência possuem uma interseção” é pensar em chapéus. Sim, o profissional graduado em engenharia usa o chapéu de engenheiro a maior parte do tempo. Entretanto, ele foi treinado como engenheiro. Por isso mesmo, quando é necessário, ele “se vira” com o que tem disponível ou expande a fronteira daquilo que é sabido (Koen diria, “ele cria

uma heurística para enriquecer seu sota”³¹). Quando é necessário, o engenheiro atua como cientista (ou algo próximo a um cientista) – ele foi treinado para isso, muito porque, como afirma Simon, “as escolas de engenharia gradualmente viraram escolas de física e matemática” (Simon, 1996:111). Ensine Karatê a um engenheiro e aquilo fará parte de seu sota. O mesmo vale para o cientista: seja porque é necessário ganhar a vida porque pesquisa aplicada é mais bem remunerada do que pesquisa pura, seja porque ele legitimamente quer encontrar um sentido prático para sua pesquisa, há atividades que o cientista faz que são de projeto, que fogem da esfera descrição-explicação-previsão, que é típica da ciência³². Porém, o que se vai defender nesse caso? Que só porque o engenheiro às vezes usa o chapéu de cientista e porque o cientista às vezes usa o chapéu de engenheiro a Engenharia e a Ciência possuem uma interseção? Qual seria o objeto em interseção, nesse caso? O indivíduo? Se for assim, a direção de automóveis, a culinária, a família, o futebol e o churrasco também possuem interseção com a engenharia, porque um mesmo indivíduo pode ocupar diversos papéis sociais como motorista, cozinheiro, pai ou mãe de família, jogador ou jogadora de futebol e churrasqueiro. Se for só isso, tudo bem, engenharia e ciência possuem uma interseção, que é o indivíduo capaz de exercer ou que exerce ambas as atividades.

3.4 Segunda perspectiva: corpos de conhecimento

Uma segunda forma de encarar a interseção entre engenharia e ciência é entre corpos de conhecimento que estão no conjunto da engenharia, no conjunto da ciência e em ambos. Essa visão de que “há elementos de conhecimento que estão só no domínio da engenharia, outros estão só no domínio da ciência e outros que estão nos dois, logo há interseção entre engenharia e ciência” pode ser melhor discutida ao se tomar exemplos de conhecimentos. Há casos de corpos de conhecimento que nitidamente todo engenheiro(a) e cientista diria que estão na engenharia e não na ciência: técnicas de construção usando concreto armado, formas de assentar tijolos, métodos de realizar furos em materiais, formas de gerir equipes de trabalho, métodos para escolher localização de plantas industriais, maneiras de construir uma subestação de energia elétrica. Há outros exemplos que nitidamente todo engenheiro(a) e cientista diria que

³¹ A visão de Koen (2003) vai ser detalhada no capítulo 5. Sota, como será visto, é o acrônimo para estado da arte, ou seja, o conjunto de heurísticas (conhecimentos) de um engenheiro.

³² Isso será detalhado no capítulo 4.

estão nos dois conjuntos: leis de Newton, lei da conservação de massas, a estrutura do DNA, funcionamento de uma célula, a anatomia humana, leis da termodinâmica, análise de volume de controle, aproximação dos corpos rígidos. Tomemos agora exemplos de conhecimentos que estão inequivocamente na ciência, mas não na engenharia. Um exemplo de conhecimento nessa categorização poderia ser a astronomia. Saber que há uma galáxia a 100 anos-luz da Terra serve apenas para o propósito de satisfazer a curiosidade humana, mas não faz parte do corpo de conhecimento da engenharia, hoje.

Todo o problema é que engenheiros são gulosos. Poder-se-ia definir realmente uma lista de alguns conhecimentos que estão no domínio de conhecimento da ciência e não no da engenharia hoje, no dia 16 de janeiro de 2011. E se verificássemos essa lista no dia 16 de janeiro de 2012? E em 2022? E daqui a 20 anos? Daqui a 100 anos? Daqui a mil anos? A ciência dificilmente vai se interessar um dia por estudar (descrever-explicar-prever) formas de assentar tijolos. Por outro lado, a engenharia provavelmente vai se interessar por usar (projetar algo com, prescrever um comportamento, uso ou função para) fenômenos de descarga elétrica provenientes do spin dos elétrons em materiais compósitos formados por Terras Raras. E vai se interessar em projetar formas de vida alternativa na estrela Slanvanganda Xiriganbanda, que fica a 250 anos-luz da Terra, daqui a 2 mil anos³³.

Como diria Koen (2003:57), “conhecer a melhor heurística é usar a melhor heurística”. Logo, se alguém diz que hoje há uma parte dos corpos de conhecimento da ciência que não está também nos corpos na engenharia, rebata: até quando? Caso se queira realmente definir uma interseção entre os corpos de conhecimento da engenharia e da ciência, muito simples: toda a ciência potencialmente está englobada dentro dos corpos de conhecimento da engenharia. Cedo ou tarde. É só uma questão de tempo e necessidade.

Agora podemos inverter a discussão e dizer que não é o caso de que engenharia é ciência aplicada (e também não é o caso do que está implícito, que ciência é autoritariamente superior à engenharia), mas sim que a engenharia contém a ciência dentro dela. Prova-se, pelo absurdo dessa proposição, já que sabemos que a ciência

³³ Engenharia cósmica parece estranho hoje? Peguemos uma carona com Marty McFly, de “De Volta para o Futuro”, para o ano de 1985 e diga na rua que existe um homem que consegue criar uma cabra em laboratório, sem que haja cruzamento de macho e fêmea. Agora volte 200 anos. Mais 200. Em 1585, essa hora você e todos os seus descendentes estão queimando na fogueira e sua casa está sendo queimada para não deixar nenhum resquício dessa sandice de dizer que há maneiras de produzir vida que não seja pela forma como Deus quis.

não está dentro da engenharia³⁴, que querer discutir a interseção entre ciência e engenharia, que usar a ideia de conjuntos que possuem uma interseção é errado, porque leva ao absurdo.

O que ocorre é que são planos de valoração diferentes. Realmente se poderia discutir se nanocosméticos é física, química ou biologia, se está na interseção dessas três áreas ou não, se as equações de Maxwell são física, química ou matemática, e assim sucessivamente. Poderia ser infrutífero, mas seria possível. Seria possível porque todas são ciências, portanto fazem parte do mesmo plano epistêmico, buscam as mesmas coisas – descrever, explicar, prever. Mas a engenharia? A engenharia não. Alguém que defenda que há o conjunto engenharia, o conjunto ciência e uma região hachurada entre os dois conjuntos onde há uma interseção vai realmente ter que se ver lidando com fronteiras móveis ao longo do tempo e do espaço dessa região pelo próprio desenvolvimento tecnológico, e terá que lidar com uma mentira no dia que a engenharia engolir coisas que não são dela.

É fundamental ter em mente que engenharia é uma coisa, ciência é outra coisa, que existe transferência de conhecimentos da ciência para a engenharia, como diz Vincenti (1993), discutido a fundo no capítulo 4, mas que não faz sentido falar em interseção porque o próprio processo de transferência muda *qualitativamente* a natureza do conhecimento e os juízos de valor que os partidos epistêmicos nas duas esferas fazem dele. Alguém que ignore isso e queira sustentar a visão de interseção terá que explicar, também, que engenharia está em interseção com astrologia, corte de cabelo, terapia motivacional, moda feminina, yôga e dança contemporânea, porque basta ser útil para o sota de um engenheiro ou para um projeto específico (e muitas vezes esses exemplos realmente são úteis, principalmente em engenharia de produção) que a engenharia irá englobar os conhecimentos específicos dessa atividade. A ideia que engenharia possui interseção com tudo só leva a uma conclusão: engenharia é tudo. E como engenharia é heurística (capítulo 5), tudo é heurística. Alguém que queira lidar com a interseção em engenharia e ciência na perspectiva dos corpos de conhecimento das duas áreas terá que lidar com a gula infinita da engenharia e com o fato de que a ideia de que há conhecimentos que estão em ambos e conhecimentos que só estão em um e outros que só estão em outro

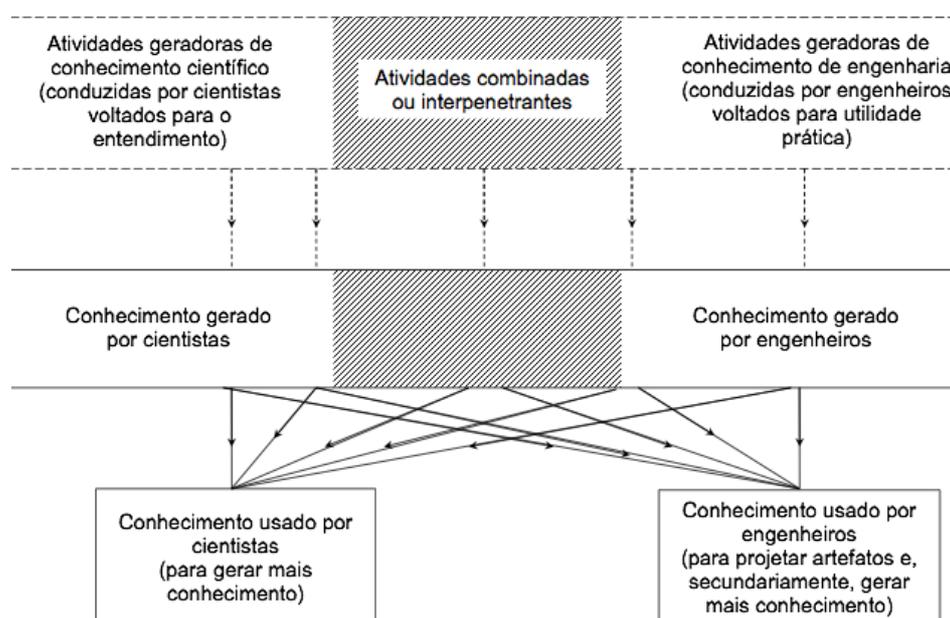
³⁴ Não se irá detalhar esse ponto pelo simples fato de que ao ler isso diversos colegas cientistas estarão ávidos a explicá-lo bem enfaticamente a quem ainda não tenha entendido claramente que ciência não é um sub-ramo da engenharia, contida completamente e portanto subordinada a ela.

produz absurdos indefensáveis caso não se considere que o plano epistêmico da engenharia é diferente do da ciência.

3.5 Terceira perspectiva: Atividades realizadas

A terceira perspectiva é acerca das atividades e projetos realizados por engenheiros e cientistas. Vincenti (1993) defende em seu framework que há atividades muito parecidas realizadas por engenheiros e cientistas, de modo que essas atividades até mesmo se confundem.

Figura 1- Diagrama de conhecimento e suas atividades geradoras



Fonte: Vincenti (1993: 226)

A figura de Vincenti (1993) pode ser usada de duas maneiras. A primeira, usada pelo autor, por todos os demais autores que se leu sobre filosofia da engenharia e também defendida por esse trabalho é mostrar que há diferenças nítidas e claras entre ciência e engenharia. A segunda, que se apresenta nesse capítulo, é mostrar que ainda que haja diferenças marcantes, há áreas onde essa separação é mais tênue, o que vai contra os pontos defendidos no restante do trabalho e contra toda a tradição histórica do partido epistêmico com o qual esse trabalho se alinha.

Vincenti (1993: 227) afirma:

“a distinção entre engenharia e ciência se torna menos objetiva no nível da geração de conhecimento e, especialmente, nas atividades que o geram (linha superior, tracejada). Essa dificuldade bem conhecida é exemplificada pela carreira de Irving Langmuir, cujos 40 anos no Laboratório de Pesquisas da General Electric foram

examinados num valioso artigo de Robert Reich. Os estudos de Langmuir sobre (dentre outras coisas) a física de filamentos incandescentes e a condução de eletricidade através de gases em altas voltagens levou tanto a entendimentos científicos fundamentais quanto a informação técnica essencial para o desenvolvimento e projeto de novos produtos da GE. Por suas contribuições, Langmuir recebeu um Prêmio Nobel em química, bem como os maiores prêmios das sociedades de engenheiros americanos. O exemplo de Langmuir, ainda que talvez atípico, não é único; a geração de conhecimento para ciência e engenharia ocorre de uma forma deliberada e combinada, ainda que nem sempre pelo mesmo indivíduo, em qualquer número de laboratórios de pesquisas industriais e governamentais e em departamentos de ciência aplicada e às vezes de engenharia em universidades. Nessas instituições engenheiros e cientistas trabalham lado a lado na mesma pesquisa, e alguns indivíduos, como Langmuir, desafiam a classificação como um ou como outros. O conhecimento que eles produzem serve tanto para conhecimento quanto para projeto. (...) **Instâncias de separação, no entanto, existem. (...) A distinção epistemológica é de prioridade e grau de propósito, ao invés de de método. Ainda que deliberadamente nebulosa, ela é real. Até mesmo Reich achou essa distinção necessária; para estabelecer seu ponto de que Langmuir trabalhou simultaneamente tanto como cientista quanto como engenheiro, ele se refere ao longo de seu artigo aos objetivos diferentes de entendimento científico e utilidade de engenharia**” (VINCENTI, 1993: 227-228, ênfase adicionada).

Dessa passagem de Vincenti (1993), alguns pontos são importantes. Primeiro, que há exemplos de projetos de pesquisa que interessam tanto a cientistas quanto a engenheiros. Segundo, que há projetos que geram resultados tanto para engenheiros quanto para cientistas. Terceiro, que o fato de que Reich entende explicitamente, no trecho com ênfase, que Langmuir possui dois papéis, distintos, e não o mesmo papel. Ele vai além e discute a ideia da interseção entre engenharia e ciência na perspectiva dos indivíduos e contribui para mostrar que ela é ingênua, visto que não se cria outro rótulo, uma amálgama entre cientista e engenheiro, um “cienteiro” ou “engenheirista”. Não se quer, nesse trabalho, negar que a transferência da ciência é uma das atividades geradoras de conhecimento, e nem que a ciência é uma excelente fornecedora de heurísticas para o engenheiro. Pelo contrário, isso se afirma e discute amplamente nos capítulos 4 e 5. Porém, o que se defende aqui é que a diferença ciência e engenharia é muito mais importante e digna de nota do que a semelhança, para o ponto que se quer construir nesse trabalho.

Além disso, o mesmo autor ainda ressalta uma diferença no que dispara uma iniciativa em ciência e em engenharia. Na engenharia, o que dispara uma necessidade

é sempre um problema que é colocado a um dispositivo ou sistema (VINCENTI, 1993: 202). Essas demandas podem surgir entre tecnologias ou dentro de uma mesma tecnologia. As razões entre tecnologias, por sua vez, se dividem em dois tipos: fontes internas à tecnologia e considerações intratecnológicas. O quadro sinótico abaixo resume essas formas.

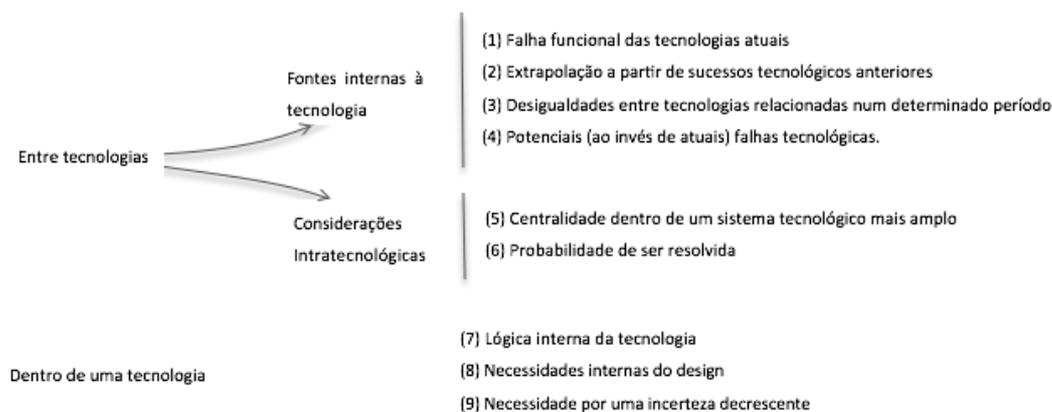


Figura 2 - Quadro sinótico de motivações para o avanço do conhecimento em engenharia

Fonte: Baseado em VINCENTI (1993: 202-204).

Vincenti (1993) também afirma que:

“uma circunstância interessante merece nota: o termo *conhecimento de engenharia*, como eu entendo que ele é costumeiramente empregado, se refere ao conhecimento *usado* por engenheiros. *Conhecimento científico*, por contraste, usualmente significa o conhecimento *gerado* por cientistas. **Essa prática provavelmente reflete o fato de que cientistas são percebidos principalmente como produtores de conhecimento e engenheiros como usuários. Só recentemente acadêmicos começaram a olhar seriamente para engenheiros e atividades de engenharia como produtores de conhecimento. Ainda que eu tenda a ir com o uso da linguagem costumeira, eu não me alinho à percepção costumeira.**

O que se segue, então, [no livro de Vincenti] é basicamente um detalhamento das atividades na metade engenharia do espectro. O conhecimento originário da metade ciência vai ser agrupado como “transferência da ciência”, sem nenhuma tentativa de entrar nas atividades que o geram. **Ainda que eu entre em detalhes com o lado engenharia do diagrama (em acordo com o tema do livro), eu não faço nenhuma tentativa para analisar o lado científico. Essa abordagem é consistente com o material histórico, que se concentra nas fontes de conhecimento da engenharia.** Esse foco, por sua vez, reflete a já mencionada premissa – certa, na minha estimativa – de que o conhecimento usado no projeto normal provém principalmente da atividade de engenharia.

(...) Enquanto que a engenharia é uma arte, é uma arte que utiliza (cada vez mais) conhecimento de ciência desenvolvida e em desenvolvimento. **Isso é bem diferente de dizer, entretanto, que ciência é a única (ou até mesmo a maior) fonte e que engenharia é ciência aplicada**” (VINCENTI, 1993: 228-230, itálico no original, negrito adicionado).

Reforçando o que Vincenti (1993) afirma, esse autor tomou uma decisão de não discutir em detalhes as atividades provenientes da ciência que geram conhecimento para a engenharia (“a interseção”), decisão essa que segundo ele é consistente com o material histórico, primeiro porque o conhecimento usado para o projeto normal provém das atividades de engenharia e segundo, pode-se inferir a partir do terceiro trecho em negrito, porque isso daria força à visão que Vincenti (1993) tenta combater de que engenharia é um sub-ramo subordinado que apenas consome os lampejos de genialidade da ciência (primeiro trecho em negrito).

De fato, é inegável que muito do conhecimento da engenharia provém da ciência (o que será discutido nos capítulos 4 e 5), e que, como diz Koen (2003:86), “a ciência possui um papel de heurística na engenharia”, mas afirmar que todo o conhecimento em engenharia vem da ciência é leviano. Trata-se de uma briga para além do conteúdo empírico e da discussão substantiva de um campo de conhecimento. Todo o problema de discutir a interseção no nível das atividades não é o conteúdo da discussão substantiva em si, mas sim os efeitos práticos que isso causa nas comunidades epistêmicas interessadas. As pessoas diminuem mesmo, no concreto, no mundo real, a importância dada aos engenheiros caso eles sejam vistos como meros consumidores de conhecimento e caso a ciência seja vista como a principal fonte de conhecimento para a engenharia. Discutir a interseção, enxergar o mundo dessa forma, é perigoso justamente porque dá margens a essas interpretações. E esse problema, que pode parecer externo à discussão acadêmica, pelo contrário, é fundamental e faz parte dela, afinal de contas, como diz Lakatos (1978), “cientistas possuem a casca grossa”, de modo que há mais na atividade e na filia a uma ou outra ideia na academia do que somente o mérito substantivo do argumento.

3.6 Quarta perspectiva: O método da engenharia e o método da ciência

Dizer que o método da engenharia possui uma interseção com o método da ciência é o mesmo que dizer que a ciência possui uma interseção com a religião.

Assim como na discussão de atividades (seção anterior), há, de fato, uma contribuição do método científico ao método da engenharia, que, assim como é pontuado ao longo do trabalho, é uma contribuição nos moldes de uma heurística, nos termos definidos por Koen (2003) (capítulo 5). A engenharia pega tudo que lhe for útil, até mesmo – veja só – o método científico. Até o ponto que ele deixa de ser útil, momento no qual se usa outra coisa. Todo o problema é que essa não deve ser a discussão mais importante, porque reforçar a interseção reforça o entendimento errôneo de que o método da engenharia é uma versão piorada, fajuta e pouco rigorosa do método científico.

Por mais que a engenharia possa usar o método científico, não se pode mais dizer que é o mesmo método. O engenheiro deturpa, caso se queira usar uma palavra de sentido negativo, a pureza do método científico. O engenheiro adapta, caso se queira uma positiva, as inadequações contextuais do método científico. Em ambas as visões, o que interessa é que uma coisa é o método científico usado por um cientista para produzir ciência, e **outra** coisa é o método científico usado por um engenheiro para produzir engenharia. São dois elementos parecidos, mas diferentes. Cada um em sua esfera, e não na interseção.

Na ciência, para Lakatos (1978), há dentro de um programa de pesquisa, progressivo ou regressivo, aquelas verdades que não se pode contestar. São iguais aos dogmas religiosos? Sim, são. Mas a ciência não surge justamente para superar... o mito? Sim, ela surge. O problema é que tem que se ter um ponto de apoio em algum lugar. Toda a questão é que a ciência tem diante de si, e luta constantemente contra isso ainda que seja impossível vencer, o axioma básico de que a lógica não produz verdade por si. É preciso que se tome algo como verdade e então se construa um sistema lógico. Agora, dizer que ciência e religião possuem uma interseção só porque ambas são parecidas porque tomam para si dogmas indiscutíveis e protegem esses dogmas com teorias auxiliares é de uma fraqueza indefensável. Assim como assumir que o método científico possui uma interseção com o método de engenharia só porque eles são parecidos.

3.7 Quinta perspectiva: produtos gerados pela engenharia e usados pela ciência

Uma forma de entender uma interseção entre engenharia e ciência é considerar que o uso da tecnologia gera conhecimentos científicos. Por exemplo, teve que se usar a engenharia para construir o telescópio Hubble, que tira fotos de galáxias distantes,

que contribui para a ciência. O mesmo vale para microscópios, que viabilizaram uma série de descobertas científicas. Há uma interseção porque para construir o Hubble, muitas das tecnologias empregadas foram construídas através de transferência da ciência, como por exemplo as leis da ótica em física. O Hubble, por sua vez, gera ciência.

Embora a tecnologia seja útil para fins da ciência, não se pode dizer que a ciência constrói tecnologia. Se mais tecnologia implica em mais ciência, mais ciência não implica necessariamente em mais tecnologia.

3.8 Exemplo para discussão das perspectivas: projeto de experimentos

Para concluir a discussão, um exemplo. Um engenheiro deseja projetar um minhocário e, para isso, realiza um projeto de experimento. Seleciona 5 cidades com climas diferentes, com 5 tipos de terra diferentes, especifica os experimentos e os realiza para verificar em que condições as minhocas melhor crescem, para projetar o minhocário ideal.

Sob a primeira perspectiva, do indivíduo, alguém poderia dizer que há interseção se houver engenheiros ou engenheiras e cientistas trabalhando no mesmo projeto, ou se a mesma pessoa trabalhar como engenheiro e como cientista. Com todos os problemas já discutidos desse tipo de argumento.

Sob a segunda perspectiva, dos corpos de conhecimento, haverá realmente um problema para dizer o que está na ciência e não está na engenharia, que parece insolúvel. Qual é o critério de recorte? Alguém realmente conseguiria defender o critério da aplicação imediata ou qualquer outro critério que seja? Composição química do terreno fará parte do problema de engenharia. Sístole diastética da 3ª cavidade na 5ª articulação do corpo da minhoca também...

Sob a terceira perspectiva, das atividades, estamos diante de um caso legítimo de interseção: uma atividade que envolve tanto ciência quanto engenharia. Um exemplo tão bom quanto o de Langmuir.

Sob a quarta perspectiva, do método, caso se use o método de engenharia (que pode ser resumido em uma frase: tudo é heurística (capítulo 5)) o experimento estará inviável cientificamente. Por outro lado, caso se use o método científico, o projeto científico pode estar fora do que define um projeto de engenharia (mudança, restrições, recursos, prazos, objetivos) (capítulo 5).

Desconsiderando a primeira e a segunda perspectivas, que não parecem ficar de pé durante muito tempo, realmente há uma interseção ao se analisar do ponto de vista das atividades. Sim, parece que são dois projetos em um só, um preocupado com a ciência, outro com a engenharia. É puramente uma questão de perspectiva, de copo meio cheio ou meio vazio. Ou se olha para o projeto e se percebe que há engenheiros e cientistas trabalhando, e portanto há interseção. Ou se olha para os resultados pretendidos, e se percebe que as finalidades são bem diferentes, e que portanto são duas coisas distintas que dividem o mesmo espaço-tempo, e que portanto a interseção não é o mais importante, ainda mais num mundo onde as pessoas já tem por senso comum a interseção e os engenheiros já vivem os efeitos nefastos provocados por quem só enxerga a interseção e portanto a subordinação da engenharia à ciência. Encerrando a discussão, essa segunda forma de olhar parece gerar resultados práticos mais agradáveis para os engenheiros: engenharia não é ciência aplicada, que é o que será discutido no próximo capítulo.

4 As diferenças entre Engenharia e ciência aplicada

"Ciência é o que você sabe. Filosofia é o que você não sabe"
- Bertrand Russell

Nesse capítulo, serão apresentadas algumas diferenças entre a ciência aplicada e a engenharia, como forma de ressaltar que a engenharia possui uma natureza específica e que, portanto, filosofia da ciência e filosofia da engenharia, bem como história da ciência e história da engenharia, são campos de conhecimento diferentes.

4.1 O argumento histórico

“No princípio, Deus criou a terra” (Gênese, 1:1).

O primeiro argumento que destrói a ideia de engenharia como ciência aplicada é histórico. Dusek (2006) afirma que:

“Muito da tecnologia contemporânea é ciência aplicada. Contudo, definir tecnologia simplesmente como ciência aplicada é errado tanto historicamente quanto sistematicamente. Se ciência é entendida como a combinação de experimentos controlados com leis matemáticas da natureza, então a ciência tem somente 400 anos. (...) A tecnologia de alguma forma ou outra vai até as ferramentas de pedra dos ancestrais humanos há milhões de anos. Claramente, com esse entendimento de ciência e tecnologia, ao longo da maior parte da história humana, a tecnologia não era ciência aplicada” (DUSEK, 2006: 40).

Koen (2003: 85) vai ao encontro da visão de Dusek (2006) e é categórico ao afirmar: “a tese de que engenharia é ciência aplicada falha porque o conhecimento científico nem sempre esteve disponível e nem sempre está disponível hoje”.

Koen (2003) explicita seu primeiro ponto, de que a ciência nasceu depois da engenharia:

“Ciência, usando a palavra em qualquer sentido próximo à sua conotação atual, é uma invenção humana relativamente nova. Muitos historiadores creditam aos filósofos naturais Ionianos, no século VI A.C. sua criação. Certamente, antes do início da investigação sistemática os humanos adquiriram um conjunto de ideias sobre o mundo suficientes para que eles conseguissem reunir comida, construir abrigo e enterrar os mortos. (...) Esse estado da arte era suficiente, de um certo modo, para que se construíssem pontes, canais de irrigação, represas, casas e sepulcros. Nisso se encontrava o nascimento da engenharia.

(...) Com a ciência ainda para ser descoberta, a engenharia antiga dificilmente poderia ser definida como ciência aplicada” (KOEN, 2003: 85-86).

Caso alguém quisesse definir a engenharia moderna como ciência aplicada, deixando de lado a engenharia antiga e o próprio fato de que a engenharia nasceu primeiro - não podendo, portanto, ser originária da ciência - Koen (2003) também demonstra a fragilidade da definição de engenharia no século XX como ciência aplicada:

“E quanto aos dias atuais? O conhecimento científico ainda está indisponível para algumas, talvez para a maioria, das decisões tomadas pelo engenheiro [ou engenheira] moderno. O projeto de um sistema para colocar o homem na lua não poderia ter dependido somente da ciência aplicada porque ninguém nunca tinha ido à lua antes e, assim, ele não poderia saber precisamente qual ciência aplicar. A temperatura exata, pressão, campo gravitacional e composição da lua eram desconhecidos. Sem ter a ciência, como você a aplica? Ainda assim, o homem colocou seu pé na lua no dia 20 de julho de 1969” (KOEN, 2003: 86).

Graças à engenharia. Graças àquilo que se usa quando “não sei” é a resposta do cientista. Quando a vagueza e a imprecisão tomam seu lugar e nem todas as variáveis relevantes são controladas, sequer conhecidas. Nesse momento, quando o problema se torna difícil e não há a mãe ciência para ser aplicada e socorrer, o homem tem que usar seu impulso mais antigo, aquilo que o fez primeiro sobreviver à luta na Savana africana. Criar. Usando a engenharia.

4.2 O argumento da sistematicidade

O segundo argumento contra a visão de engenharia como ciência aplicada é relacionado ao que Dusek (2006) chamou de sistematicidade. O autor afirma que a ciência segue um método pré-estabelecido, enquanto a tecnologia é assistemática, acontecendo eventualmente por acasos ou sorte (DUSEK, 2006: 40-41). Esse é o caso do vidro de segurança, da penicilina, dos Post-its e de outras tecnologias que foram desenvolvidas como “efeitos colaterais” a partir de outros objetivos.

Koen (2003:86) também apresenta seu argumento sobre esse ponto:

“Às vezes o engenheiro não usa o conhecimento científico disponível que se encaixa em seu problema. (...) Como os recursos definem um problema de engenharia, um engenheiro deve tomar suas decisões considerando a quantidade de recursos que lhe foi alocada. Desenvolver, adaptar e aplicar o conhecimento científico sempre gera custos. Em alguns casos o engenheiro é tão pobre que ele só pode confiar em sua experiência passada, intuição, folclore e palpites educados para resolver seus problemas, enquanto que em outros casos ele é rico o suficiente para usar ciência. (...) Simplesmente não é o caso

afirmar que o engenheiro usa sempre a ciência quando ela está disponível, independente de seus custos” (KOEN, 2003: 86).

Todo engenheiro teve seu ídolo televisivo. Indiana Jones, MacGyver, Robert Langdon. Ah, como seria bom se MacGyver pudesse usar alguns dias nos melhores laboratórios calculando a resistência mais adequada e a densidade mais apropriada para elaborar a melhor maneira de escapar de suas inúmeras aventuras. Como isso não era viável, para a felicidade dos telespectadores, era mesmo o caso de construir mais uma de suas engenhocas. Assim é o trabalho dos engenheiros: usar o que der, não o que quiser, incluindo a ciência.

4.3 O argumento das origens do conhecimento em engenharia e ciência

Ferguson (1992: xi) rebate a ideia de que todo o conhecimento provém da ciência:

“Essa era científica assume muito prematuramente que qualquer conhecimento que possa ser incorporado em artefatos de tecnologia deve ter se derivado da ciência. Essa premissa é um pouco de folclore moderno, que ignora as muitas decisões não científicas, tanto pequenas quanto grandes, feitas por tecnólogos enquanto eles projetam o mundo em que habitamos. Muitos objetos de uso cotidiano foram claramente influenciados pela ciência, mas as suas formas, dimensões e aparência foram determinadas por tecnólogos - artesãos, engenheiros e inventores - usando modos não científicos de pensamento. Facas de cozinha, pontes, relógios e aviões são como são porque ao longo dos anos seus projetistas e construtores estabeleceram suas formas, estilos e texturas” (FERGUSON, 1992: xi).

Vincenti (1993) expande esse argumento. Em seu livro *“What Engineers Know and How They Know it”*, o autor apresenta várias formas de obtenção do conhecimento em engenharia que não a transferência a partir da ciência.

Vincenti (1993) defende que existe uma diferença acerca da natureza do conhecimento em engenharia e em ciência, embora seja claro que a engenharia usa de conhecimentos de ciência (ainda que o inverso não seja tão frequente). Vincenti (1993), sobre esse assunto, relaciona as atividades geradoras de conhecimento para engenharia (dentre as quais está a transferência a partir da ciência) e os tipos de conhecimento definidos por ele. A tabela abaixo resume as ideias desse autor.

Tabela 7 - Sumário de categorias de conhecimento e atividades geradoras

Atividades	Tipos de conhecimento em engenharia					
	Conceitos fundamentais de Projeto	Critérios e especificações	Ferramentas teóricas	Dados quantitativos	Considerações práticas	Instrumentalidades de Projeto
Transferência da ciência			X	X		
Invenção	X					
Pesquisa teórica em engenharia	X	X	X	X		X
Pesquisa experimental em engenharia	X	X	X	X		X
Prática do Design		X			X	X
Produção				X	X	X
Teste Direto	X	X	X	X	X	X

Fonte: VINCENTI (1993: 235).

Para Vincenti (1993: 229), o conhecimento em engenharia pode ser advindo de:

1. Transferência da ciência;
2. Invenção;
3. Pesquisa teórica em engenharia³⁵;
4. Pesquisa experimental em engenharia³⁶;
5. A prática do projeto³⁷;

³⁵ Vincenti (1993: 231) ressalta que a pesquisa teórica em engenharia se assemelha com a pesquisa teórica em ciência. Contudo, ela é diferente sobretudo nos resultados, já que na pesquisa em engenharia a ênfase é dada na aplicação, no teste de alternativas, métodos, materiais e cursos de ação, enquanto a ciência tem a ênfase na iluminação. Vincenti afirma que “a pesquisa em engenharia possui o objetivo último de produção de conhecimento útil para o projeto (bem como para a produção e para a operação); a pesquisa científica foca basicamente em explicação e entendimento” (Vincenti, 1993: 231).

³⁶ Para Vincenti (1993: 231), a pesquisa experimental em engenharia é indispensável como a maior fonte dos dados quantitativos para o projeto, além de fornecer conceitos analíticos e modos de pensar.

³⁷ Para Vincenti (1993:232-233) o engenheiro com mais prática de projeto, mais experiência, pode tomar decisões com base em casos anteriores e em suas experiências prévias. É notória a importância da experiência para qualquer profissão, razão pela qual, por exemplo, pilotos de avião são medidos pela quantidade de suas horas de voo.

6. Produção³⁸;

7. Tentativa direta (com protótipos e com a própria operação)³⁹.

Essas maneiras diversas de se obter conhecimento em engenharia derrubam a ideia de que todo o conhecimento em engenharia provém da ciência. Nem mesmo indiretamente o conhecimento obtido pela produção ou pelo uso por consumidores se relaciona com a ciência. Enquanto a ciência está encastelada em busca da verdade, a engenharia está lá fora, aprendendo com o mundo.

Vincenti (1993:208-220) detalha também os tipos de conhecimento em engenharia.

1. Conceitos fundamentais de projeto⁴⁰;
2. Critérios e especificações;
3. Ferramentas teóricas⁴¹;
4. Dados quantitativos;
5. Considerações práticas⁴²;
6. Instrumentalidades de projeto⁴³.

³⁸ Vincenti (1993: 233) defende que o próprio ato de produzir um artefato em larga escala é um fator importante para aprendizado sobre o projeto. As perdas no chão de fábrica, bem como as dificuldades e limitações de segurança do trabalho, transporte e estocagem, por exemplo, fornecem conhecimentos valiosos para o engenheiro de uma maneira que nenhum teste, experimento, invenção ou mesmo ciência conseguiria.

³⁹ Para Vincenti (1993: 233-234), há conhecimentos que só são obtidos quando se usa, de fato, a tecnologia. Testes são conduzidos com protótipos completos e com lotes-piloto de produtos, para verificar suas falhas e a própria aceitação do consumidor comum ao produto. O conhecimento obtido por *recalls* ou mesmo por acompanhamentos de satisfação e problemas de usuário (como fazem muitos softwares e sistemas operacionais que permitem a notificação de erros e travamentos) é precioso para formar a base de conhecimentos em engenharia.

⁴⁰ Para Vincenti (1993: 208), isso envolve princípios operacionais e configurações normais de um artefato.

⁴¹ Para Vincenti (1993: 213), isso envolve tanto conceitos intelectuais para pensar sobre projeto até métodos matemáticos e teorias para fazer cálculos de projeto.

⁴² Para Vincenti (1993: 217), essas considerações nascem da experiência prática e geralmente não são colocadas em teorias, tabulações ou programações de computador, tendo que ser aprendidas na prática e não em livros.

⁴³ Vincenti (1993: 219) define esse item como procedimentos, formas de pensar e habilidades de julgamento fundamentais para realizar um projeto.

4.3.1 Exemplos e detalhes de tipos de conhecimento em engenharia

A tabela abaixo detalha os tipos de conhecimento em engenharia.

Tabela 8 - Sumário de categorias de conhecimento de Vincenti e seus detalhamentos

Categoria	Sub-categoria	Grupo
Conceitos fundamentais de Projeto	Princípios operacionais	
	Configurações normais	
Critérios e Especificações	Critérios - Máximo, mínimo	
	Especificações e limites	
Ferramentas teóricas	Métodos e Teorias Matemáticas	Ferramentas Matemáticas sem conteúdo Físico
		Conhecimento Matemático Estruturado Essencialmente Físico
		Teorias baseadas em conhecimento científico mas motivadas por uma classe tecnológica
		Teorias fenomenológicas
		Premissas quantitativas
Ferramentas Intelectuais		
Dados quantitativos	Descritivo	
	Prescritivo	
Considerações Práticas		
Instrumentalidades de Projeto	Procedimentos	
	Formas de pensar	
	Habilidades de julgamento	Julgamentos técnicos altamente especializados
		Considerações políticas

Fonte: Baseado em Vincenti (1993: 207-222).

A. Conceitos fundamentais de Projeto

A primeira categoria, Conceitos fundamentais de Projeto, pode ser dividida em duas partes: Princípios Operacionais e Configurações Normais. Para o autor:

“Esses conceitos podem existir somente implicitamente na cabeça do projetista, mas eles precisam estar lá. Eles são dados⁴⁴ para o projeto, ainda que não enunciados. Eles são absorvidos - por osmose, por assim dizer - por engenheiros enquanto amadurecem, talvez até mesmo antes de entrar no treinamento formal da engenharia” (VINCENTI, 1993: 208).

Os Princípios Operacionais são a explicação sobre como um determinado artefato funciona:

“Projetistas precisam conhecer antes de tudo o que Michael Polanyi chama de Princípio Operacional do dispositivo. Isso significa, nas palavras de Polanyi, “como suas partes características... realizam sua função especial em combinação com uma operação geral para atingir um propósito” - em resumo, como o dispositivo funciona” (VINCENTI, 1993: 208).

⁴⁴ No original, *givens*. O autor adota esse termo no sentido de serem elementos de entrada, condições de contorno que não podem ser alteradas, mas devem ser consideradas.

Além disso, o autor coloca que os princípios operacionais definem o que é sucesso e o que é falha para um dispositivo, bem como define também a que categoria pertence o dispositivo:

“É o princípio operacional que fornece o critério através do qual sucesso ou fracasso é julgado no sentido puramente técnico. Se um dispositivo funciona de acordo com seu princípio operacional, isso conta como um sucesso; se alguma coisa quebra ou de outra maneira dá errado de forma que o princípio operacional não é alcançado, o dispositivo é uma falha” (VINCENTI, 1993: 209).

“O princípio operacional também, com efeito, define o dispositivo. Os membros de um grupo de veículos se qualificam, por exemplo, como aviões - como contra, digamos, helicópteros, que obtêm elevação por rotores - somente se eles possuírem o princípio operacional colocado por Cayley (um dispositivo é, portanto, definido por sua natureza técnica, não sua econômica ou outro uso)” (VINCENTI, 1993: 209).

Além de Princípios Operacionais, os Conceitos Fundamentais de Projeto envolvem também as Configurações Normais para um dispositivo. Vincenti define esse segundo elemento como “a configuração preferida para um dado dispositivo com uma dada aplicação” (VINCENTI, 1993: 209), onde por aplicação se entende a própria definição de Princípio Operacional. Num exemplo:

“Projetistas de automóveis de hoje geralmente (mas não invariavelmente) assumem sem pensar muito que o veículo deles deve ter quatro rodas (contra possivelmente três) e um motor na parte da frente, refrigerado por líquido. Outras características podem ser deixadas em aberto para serem decididas no curso do projeto (se, por exemplo, a força deve ser aplicada nas rodas da frente, de trás ou nas quatro)”. (VINCENTI, 1993: 210).

B. Critérios e Especificações

A importância de critérios e especificações, para Vincenti, é possibilitar ao projetista sair de metas e desejos qualitativos em relação ao seu objeto e chegar até medidas concretas de desempenho, que amarrem meios de validação do projeto.

Para o autor, em alguns casos os critérios podem ser mais imediatos de se obter e homogêneos. Em outros casos, os critérios e especificações são mais difíceis de levantar e subjetivos. Vincenti (1993:212) também reitera a importância de se obter critérios que sejam universais para uma classe de objetos, de forma a facilitar a compreensão e uso por parte do engenheiro, assim como que se obtenha valores e limites para cada critério.

C. Ferramentas teóricas

Para Vincenti, as ferramentas teóricas dos engenheiros podem ser divididas em duas partes. A primeira, Métodos e Teorias Matemáticas. A segunda, Ferramentas Intelectuais:

“Para realizar suas funções de projeto, engenheiros usam uma vasta gama de ferramentas teóricas. Essas incluem conceitos intelectuais para se pensar sobre projeto assim como métodos matemáticos e teorias para fazer cálculos de projeto. Os conceitos e métodos formam um espectro desde coisas geralmente consideradas como parte da ciência até itens de caráter peculiar à engenharia” (VINCENTI, 1993: 213).

O esquema abaixo representa a ideia de Vincenti (1993) para os Métodos e Teorias Matemáticas.

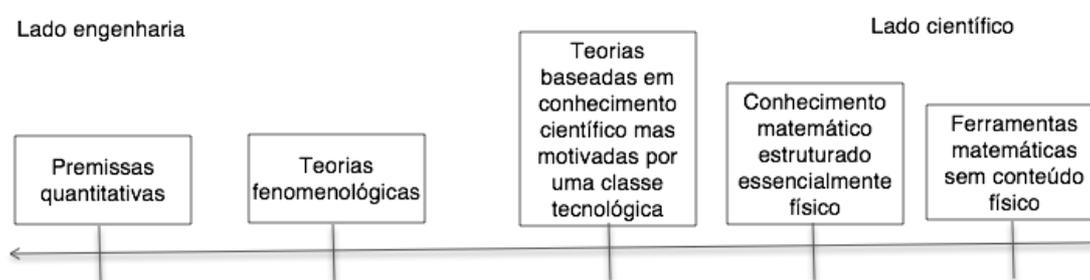


Figura 3 - Esquema das Ferramentas teóricas para Vincenti (1993)

Fonte: Baseado em Vincenti (1993: 213-215)

Em seu espectro, o autor pontua a existência de ferramentas matemáticas sem conteúdo físico. No lado mais próximo da ciência, duas categorias são propostas: conhecimento matemático estruturado essencialmente físico e ferramentas matemáticas sem conteúdo físico. Ambos os tipos de conhecimento precisam ser reformulados para serem aplicáveis a problemas de engenharia (Vincenti, 1993: 214) e estão inseridos no âmbito da ciência.

A próxima categoria envolve teorias baseadas em conhecimento científico, porém motivadas e limitadas por uma classe tecnológica (ou até mesmo por um dispositivo específico). Esse grupo possui características comuns à esfera da ciência, ou seja, possuem poder explicativo e são estruturadas matematicamente (VINCENTI, 1993: 214). Contudo, como Vincenti pontua:

“Seu caráter essencialmente ligado à engenharia, entretanto, aparece no fato que elas iriam “perder todo seu interesse” e serem esquecidas se a classe de fenômenos ou dispositivos aos quais elas se aplicam, por algum motivo tecnológico, econômico ou social, deixar de

ser útil. Exemplos dessas teorias essencialmente de engenharia ligadas a uma classe de fenômenos são aquelas que lidam com mecânica dos fluidos (aqui ilustrada pela análise de volume de controle), transferência de calor e elasticidade de corpos rígidos” (VINCENTI, 1993: 214).

O grupo seguinte, teorias fenomenológicas, já sai da esfera da ciência. Para Vincenti:

“elas servem somente para cálculos de engenharia. Os engenheiros as inventam porque eles têm que continuar com seu trabalho de projeto e o fenômeno em questão é muito pouco entendido ou muito difícil de lidar de outra maneira.(...) Um exemplo de teoria fenomenológica é a teoria de elemento-lâmina para hélices, que assume que as forças num elemento de corda de uma pá de hélice pode ser obtida por dados experimentais para o mesmo perfil de pá num voo retilíneo apropriado” (VINCENTI, 1993: 215).

O último grupo dessa primeira subcategoria é denominado premissas quantitativas. Essas premissas, para Vincenti (1993:215), são introduzidas para cálculos mas muito cruas para serem chamadas de teorias. Por exemplo, assumir que a aceleração da gravidade é igual a 10 m/s^2 para facilitar os cálculos, ou desprezar o atrito em alguma aplicação específica.

A outra subcategoria ressaltada por Vincenti é chamada “Conceitos Intelectuais”. Esses conceitos podem ser derivados de teorias científicas ou de questões práticas, serem explicitamente matemáticas ou então físicas. O autor, por considerar essa subcategoria muito ampla, não a detalha amplamente. Exemplos para essa sub-categoria seriam as noções de energia, massa, espaço e corrente elétrica, bem como noções como eficiência, feedback, volume de controle e camada-limite.

D. Dados quantitativos

Engenheiros também demandam dados quantitativos para seus trabalhos. Esses dados podem ser de dois tipos: descritivos (como constantes físicas, propriedades de substâncias e de processos físicos) ou prescritivos (como especificações de processo) (VINCENTI, 1993:216-217).

E. Considerações Práticas

Além das categorias anteriores, os engenheiros também necessitam de considerações práticas que lhe permitam executar os projetos. Para Vincenti, considerações práticas são:

“Considerações menos precisamente definidas derivadas da experiência prática, considerações que frequentemente não se prestam a teorização, tabulação ou programação num computador. A maioria dessas considerações são aprendidas no trabalho, ao invés de na escola ou através de livros” (VINCENTI, 1993: 217).

Essas considerações práticas podem emergir tanto do projeto, quanto na produção ou na operação de uma tecnologia. Além disso, ocasionalmente essas considerações práticas são codificadas e viram dados quantitativos (VINCENTI, 1993: 219).

F. Instrumentalidades de Projeto

Nessa categoria, Vincenti destaca três grupos: procedimentos, formas de pensar e habilidades de julgamento.

Em termos de procedimentos, Vincenti (1993: 220) detalha dois tipos genéricos de expedientes usados por engenheiros: a divisão de um sistema maior em subsistemas e a busca por uma solução satisfatória, já que a otimização geralmente não é alcançada em engenharia.

Sobre formas de pensar, Vincenti (1993: 220-221) destaca a importância do pensamento por analogias e, principalmente, se baseando na visão de Eugene Ferguson, do pensamento por imagens. Vincenti, se baseando no trabalho de Ferguson, afirma que “projetistas fora de série são invariavelmente pensadores visuais fora de série” (VINCENTI, 1993: 221).

Nas habilidades de julgamento, Vincenti destaca dois tipos: julgamentos técnicos altamente especializados e considerações políticas e sociais (VINCENTI, 1993:222).

4.4 O argumento dos objetivos em engenharia e em ciência

Vincenti (1993: 197) e Simon (1996: 111-118) fazem a distinção entre duas formas diferentes de conhecimento: o conhecimento descritivo e o prescritivo. Os autores associam o conhecimento descritivo com a ciência e o prescritivo com a engenharia.

Defende-se que essa dicotomia pode ser extrapolada ao se acrescentar dois outros verbos além de descrever e prescrever: explicar e prever⁴⁵. A ciência está interessada em descrever, se possível explicar (o que está sendo descrito) e de preferência conseguir prever o que irá acontecer. Uma excelente ciência é aquela que permite descrever, explicar e prever.

A engenharia, por outro lado, está interessada somente em prescrever⁴⁶. O restante é meio para prescrever. Dito de outra forma, do ponto de vista da engenharia, é custo⁴⁷. Uma excelente engenharia é aquela que prescreve a melhor solução possível, de preferência gastando o mínimo possível de recursos para pagar uma descrição, explicação e previsão.

É possível estabelecer, portanto, uma diferença acerca da própria natureza mais fundamental do conhecimento em engenharia e em ciência. Uma “partícula mínima e indivisível” de conhecimento em engenharia é uma prescrição - um “faça X para atingir Y no contexto Z” (VAN AKEN, BERENDS & VAN DER BIJ, 2007: 35). O mesmo “átomo de conhecimento” em ciência é, se excelente, uma descrição, explicação e previsão e, se nem tão excelente assim, o máximo possível com esse objetivo - um “o sistema está exibindo o comportamento A por conta do conjunto de fatores B e a tendência é que ele no futuro exiba o comportamento C”.

⁴⁵ Nota do autor: se está praticamente certo de que essa distinção em torno dos quatro conceitos (descrever, explicar, prever e prescrever) foi proposta por algum outro autor. Contudo, não conseguiu se identificar quem o propôs, de modo que a referência não foi feita, embora provavelmente ela devesse ter sido.

⁴⁶ Uma questão levantada pelo professor Antonio Augusto Passos Videira é se a engenharia não estaria interessada em construir, ao invés de prescrever. Isso é verdade para os casos onde o engenheiro possui um controle tal da situação que ele consegue construir. Contudo, muitas vezes o melhor que pode ser feito é dizer o que seria necessário que outros fizessem. Um exemplo claro disso é a engenharia de produção, que será discutida no capítulo 5. Por ser mais geral, optou-se portanto por afirmar que a engenharia se interessa em prescrever.

⁴⁷ Eventualmente esses custos são desejáveis, ou seja, são investimentos, através dos quais o engenheiro espera, por exemplo, obter melhores previsões para poder prescrever melhor.

4.5 O argumento das bases filosóficas em engenharia e ciência

Caso se discuta a engenharia e a ciência do ponto de vista da filosofia ocidental, ambas são diferentes. Goldman (2004: 167:168) recorre a essa esfera para demonstrar as diferenças entre ciência e engenharia. O autor utiliza dois grupos de conceitos: o primeiro, o “Princípio da Razão Suficiente”⁴⁸ (PRS), criado pelo filósofo grego Anaximandro de Mileto, porém mais atribuído a Gottfried Leibniz (o famoso físico e filósofo contemporâneo a Newton). O segundo, o que Goldman (2004) chamou de “Princípio da Razão Insuficiente” (PRI) para caracterizar a engenharia. Ainda que Goldman (2004: 167) ressalte que esses grupos de conceitos não são completamente únicos, exclusivos e exaustivos (ou seja, pode haver imperfeições), na tabela abaixo Goldman (2004) contrasta ambas as lógicas.

Tabela 9 - Dois clusters de conceitos cognatos: os princípios da razão suficiente (PRS) e da razão insuficiente (PRI)

Princípio da Razão Suficiente	Princípio da Razão Insuficiente	(continuação)	
		Princípio da Razão Suficiente	Princípio da Razão Insuficiente
Intelecto	Vontade	Abstrato	Concreto
Realidade	Experiência	Teoria	Prática
Conhecimento	Crença	Contemplação	Ação
Verdade	Opinião	Entendimento	Uso
Certeza	Probabilidade	Previsão	Antecipação
Objetividade	Subjetividade	Único	Plural
Universalidade	Particularidade	Fechado	Aberto
Absoluto	Relativo	Atemporal	Histórico
Necessidade	Contingente	Utópico	Contextual
Dedução	Indução		

Fonte: GOLDMAN (2004: 168).

Essa comparação deixa evidente uma realidade: a engenharia é contingente⁴⁹. A ideia de algo universal⁵⁰ caracteriza bem o conhecimento ideal em ciência. Como se definiu

⁴⁸ *Principle of Sufficient Reason*, em inglês.

⁴⁹ Uma visão bastante interessante de contingência é a leitura do professor Roberto Bartholo acerca da obra de Richard Rorty, em especial de Rorty (2007). O professor Bartholo defende que Rorty traça em sua obra a ideia de que “A” Verdade, com “v maiúsculo e artigo definido”, não existe; que “A” Verdade está inserida em um discurso e que, portanto, a tentação do artigo definido é perigosa: de tentar se estabelecer, num momento, “O” Discurso sobre “A” Verdade. Assim, deve-se entender todo discurso como “um” discurso sobre “uma” verdade. Inclusive esse.

na seção anterior, o “átomo de conhecimento” perfeito da ciência⁵¹ tem a pretensão de ser uma descrição, explicação e previsão aplicável a todos os casos.

De Vries (2006), a esse respeito, ressalta que embora a ciência seja universal, a engenharia depende do contexto:

“Uma outra diferença [entre ciência e engenharia] é que o conhecimento científico é o mesmo independente se você está na lua, na Terra, na água ou no ar: a fórmula da gravidade é sempre a mesma (somente a constante gravitacional difere entre situações). O conhecimento tecnológico geralmente é mais específico: ele é relacionado a uma situação específica e não automaticamente aplicável a todas as outras situações” (DE VRIES, 2006: 45).

Talvez o melhor exemplo de universalidade na ciência, ou pelo menos um bom exemplo, seja o princípio de Pitágoras - “num triângulo retângulo, a soma dos quadrados dos catetos é igual ao quadrado da hipotenusa”. Para qualquer triângulo retângulo, em qualquer momento do tempo. Universalmente aceito, válido, independente da vontade do triângulo, de sua opinião política, do material que seja feito. De que raça o tiver construído - humanos, animais, vegetais, minerais ou extraterrestres. Como Goldman (2004) afirma, “para os filósofos trabalhando na lógica do PRS, os conceitos associados com o PRI são o que precisam ser transcendidos para se alcançar o conhecimento, a verdade e a certeza” (GOLDMAN, 2004: 168, ênfase no original).

A engenharia não possui a mesma visão filosófica⁵². Caso se aceite a ideia posta na seção anterior acerca do “átomo de conhecimento” perfeito da engenharia, “faça X para atingir Y no contexto Z”, o próprio fato de que na definição o contexto está presente demonstra que a engenharia está imersa num ambiente contingente por definição. Onde as coisas dependem. Onde não há absoluto. Onde a solução técnica possui prazo de validade. Onde ela é melhor, ou não, dependendo do contexto. Onde o problema é definido dependendo do observador, em conjunto com o observado e com quem se interessa pelo mesmo.

⁵⁰ Nota do autor: agradeço ao professor Antonio Augusto Passos Videira por ressaltar que a característica distintiva do conhecimento científico é sua universalidade, ou seja, aplicável a todos os casos, e não uma pretensão de ser absoluto e atemporal.

⁵¹ Tinha se definido esse elemento como algo semelhante a “o sistema está exibindo o comportamento A por conta do conjunto de fatores B e a tendência é que ele no futuro exiba o comportamento C”.

⁵² Nota do autor: Agradeço ao professor Luiz Antonio Meirelles, por me chamar atenção a essa visão durante a elaboração desse trabalho.

Para ser universal, a ciência tenta simplificar e abstrair (modelar) a realidade. A tecnologia não pode fazer o mesmo, pois precisa lidar com toda a complexidade do mundo real:

“Podemos dizer que a ciência trabalha com abstração e idealização de forma a tornar a realidade mais adequada para a descrição matemática. A tecnologia, por outro lado, quase por definição tem que trabalhar com a realidade concreta em toda sua complexidade” (DE VRIES, 2006: 45).

“O uso de modelos particularmente nos confronta com a tensão que encontramos nas *engineering sciences* entre idealização e abstração como uma forma de desenvolver e testar teorias e designs, e do outro lado a necessidade de se ter o conhecimento concreto e exato porque no fim será a realidade complexa em toda sua completude que teremos que manipular em engenharia” (DE VRIES, 2006: 51).

Além da diferença entre universalidade e opinião, é fundamental que se apresente a também a importância e a centralidade do conceito de verdade em ciência, para que possa se diferenciar a engenharia e sua menor preocupação acerca desse conceito. Ruiz (2005), embora seja apenas uma voz, traz uma excelente discussão a esse respeito:

“Para pensarmos os efeitos de poder da ciência, temos que mergulhar na gênese genealógica do discurso científico. Nessa gênese, encontramos-nos com um primeiro elemento constitutivo da ciência: a verdade. A verdade mais do que um conceito é um símbolo. O que é verdade ou o que deve ser considerado mais verdadeiro ou menos verdadeiro faz parte do jogo de poder em que se inserem as práticas sociais.

(...) Nem toda verdade é igualmente verdadeira em cada momento histórico ou para cada pessoa.

(...) Cada forma de verdade constrói a mediação histórica que a legitima. (...) Nenhuma outra forma de verdade parece fugir à historicidade, e conseqüentemente à relatividade, como faz a verdade científica. Essa parece ser a única forma de verdade que escapa às influências históricas, conseqüentemente relativas. A verdade científica apresenta-se como a única verdade pura, livre de aderências culturais ou ideológicas. Ela se auto-constitui uma verdade natural” (RUIZ, 2005: 169-171).

A visão, introduzida no capítulo 5, de engenharia como uso de heurísticas marcadas historicamente por um autor e uma data, apresenta frontalmente a contradição entre o discurso emancipatório do contexto (universalizante) que a ciência se arroga e o discurso relativista e dependente do contexto que marca a prática da engenharia. Isso reforça, portanto, que são dois sistemas de valor diferentes o da ciência e da engenharia.

Goldman (2004: 168-171) remonta a origem da “guerra” entre o PRS e o PRI no nascedouro do período de ouro da Filosofia Ocidental: a briga de Platão - e sua racionalidade universalista, em busca da verdade pelo belo - contra os Sofistas - contingentes. Como coloca Ruiz (2005):

“Nesse conflito de poder se produz um deslocamento no procedimento de validação da verdade. O critério de validação da verdade desloca-se do ritual para o conteúdo. (...) A verdade não é mais validada pelo ato da enunciação, mas pelo conteúdo que enuncia. (...) Nesse conflito se enuncia uma nova figuração: a do verdadeiro e do falso. Não é qualquer verdade que se autolegitima pela autoridade de quem a pronuncia. (...) É nesse conflito que a verdade do sofista começa a perder terreno frente à verdade da natureza. A verdade do sofista legitima-se pela argumentação endógena do próprio discurso; é uma verdade retórica porque a retórica é constitutiva de qualquer discurso. No entanto, a verdade socrática estabelecerá o critério da razão como validação de qualquer forma de verdade. Essa razão está em relação a uma essência natural das coisas. É nessa essência que agora se descobre a verdade natural do ser” (RUIZ, 2005: 174).

Ainda que haja sérias dúvidas se Goldman (2004) está correto em associar o PRI com o que defendiam os sofistas, o que importa é que a filosofia socrática venceu o debate e o PRS se tornou dominante frente ao que Goldman (2004) considera que seja o PRI dos sofistas. Poder-se-ia discutir o que poderia acontecer caso Sócrates não tivesse existido, ou caso os Sofistas tivessem tido mais sucesso que Sócrates. A ciência e a filosofia seriam embasadas no mito, no dogma, e não no Princípio da Razão Suficiente. A Filosofia certamente não seria o amor ao saber. A Filosofia provavelmente nunca teria existido para superar o mito, e nem mesmo esse trabalho, que depende desses dois troncos, existiria.

Contudo, não será esse o foco da discussão aqui - se a vitória de Sócrates foi boa ou ruim. De fato, o sistema de valores da filosofia socrática, o PRS, parece ser superior enquanto critério de mediação para validação da verdade. Entretanto, o que interessa de fato, para esse trabalho, é mostrar que os sistemas são diferentes. É ótimo que a ciência e a filosofia sejam como são – é justamente por causa disso que é possível separar o joio do trigo, a verdade da mentira, o charlatão do justo. Mas a engenharia não nasceu para isso. O PRI é insuficiente enquanto critério de separação do verdadeiro e falso, mas essa não é sua finalidade. A engenharia é diferente da ciência. Engenharia, por isso, não é ciência, filha da ciência, prima da ciência, enteada da ciência. É, no máximo, uma colega de trabalho.

4.6 Acerca da conceituação de *Engineering Sciences*

Muitos autores⁵³ lançam mão do conceito de *Engineering Sciences*, ou ciências da engenharia, para qualificar conhecimentos que não são encarados usualmente como ciência e nem como engenharia.

O fato é que alguns tipos específicos de conhecimento não eram reconhecidos como ciência pelos cientistas - eles eram “falsos”, ou seja, não se aproximavam da verdade. Tampouco eram reconhecidos como “engenharia” pelos engenheiros praticantes, pois eram muito teóricos. Eles estavam numa zona cinzenta, que cientistas diziam que não era ciência, e engenheiros diziam que não era engenharia. Resolveram chamar de “*Engineering Sciences*”. Três exemplos que podem ser classificados como “*Engineering Sciences*” são a Aproximação dos Corpos Rígidos, a Análise de Volume de Controle e as Leis de Newton, que, como já apresentado, Vincenti (1993: 214) classifica como “teorias baseadas em conhecimento científico, porém motivadas e limitadas por uma classe tecnológica”.

A Aproximação dos Corpos Rígidos, por exemplo, considera que, para um determinado sistema (pode-se imaginar um corpo, tal como uma barra de ferro), o somatório das forças e momentos internos do sistema (provocados pelas interações entre as partículas do material) é igual à zero. Do ponto de vista da ciência, essa hipótese é insuficiente caso se queira descrever e explicar com precisão os fenômenos que acontecem no mundo real (por exemplo, o envergamento da barra). Do ponto de vista da engenharia, entretanto, a Aproximação dos Corpos Rígidos é boa porque facilita enormemente os cálculos e permite que se extraia de um problema aquilo que é mais relevante. Contudo, isso não é o que os engenheiros costumam chamar de Engenharia, já que é apenas uma teoria, uma determinada forma de entender a realidade, que foi aprendida desde a faculdade e geralmente nas aulas de física – ou seja, é um tipo de conhecimento em engenharia, e não a engenharia ela mesma. Ela não garante uma solução, pelo contrário: a aproximação de corpos rígidos é só um pequeno expediente teórico associado a uma trabalhadeira de contas, criação e adaptação ao contexto para resolver um problema – isso sim, o que se considera tipicamente “engenharia”.

⁵³ Por exemplo, De Vries (2006), Vincenti (1993), Gabbay, Thagard & Woods (eds.) (2009); Van de Poel & Goldberg (eds.) (2010), Olsen, Pedersen & Hendricks (eds.) (2009).

Defende-se que o problema que se tem com essa classificação é puramente com o nome “Ciências da Engenharia”, *Engineering Sciences*, e não com a identificação desse grupo que de fato possui características particulares que o difere dos demais.

A denominação *Engineering Sciences* é ruim. Dois são os motivos: o primeiro, porque dá a falsa impressão de que engenharia é um sub-ramo da ciência: ciências sociais, ciências humanas, ciências ambientais, ciência da computação, ciência da engenharia. A Academia Brasileira de Ciências (ABC) usa a expressão ciências da engenharia, por exemplo. Na China há a *National Academy of Engineering*. Nos Estados Unidos também. No Reino Unido, a *Royal Academy of Engineering*. Há no Brasil a Academia Brasileira de Letras. Há a Academia Brasileira de Ciência. Mas a Academia Brasileira de Engenharia não possui a mesma força, é praticamente inexistente. Os engenheiros brasileiros realmente se veem “em casa” dentro da ABC⁵⁴?

O segundo motivo pelo qual *Engineering Sciences* é uma denominação ruim é que ele dá a falsa impressão que pode-se avaliar o bom e ruim conhecimento nesse meio com os mesmos critérios que se usa para avaliar a ciência.

Para avaliar o conhecimento pertinente em ciência, há toda a discussão em Filosofia da Ciência, que pode ser melhor sintetizada no critério de Lakatos (discutido no capítulo 6). Resumidamente, bom para ciência é o conhecimento que explica evidências que nenhum outro explica e que prediz evidências que nenhum outro prediz. Numa frase, o conhecimento é tão melhor quando mais se aproxima da verdade e da universalidade - mas não necessariamente da utilidade prática.

O que faz a Aproximação dos Corpos Rígidos ser tão boa? Primeiro, porque ela é prática: reduz o tempo e o esforço para se resolver um problema. Segundo, porque ela clarifica a percepção do que é importante num problema. Deve-se notar também que a Aproximação, por si só, não garante uma solução para o problema e que ela é válida somente em alguns casos, dependendo do contexto, e não em todos os casos.

Talvez seja bastante difícil discordar do parágrafo anterior. Não por acaso, os quatro elementos que serviram para caracterizar o valor da aproximação dos corpos rígidos são as quatro características de uma heurística para Koen (2003)⁵⁵.

⁵⁴ Há, no Brasil, o Clube de Engenharia, mas notoriamente não se compara o peso de uma Academia Brasileira com o peso de um Clube. Além disso, existe a figura da Academia Nacional de Engenharia - ANE, mas na prática a influência dela é baixíssima ou inexistente frente ao prestígio e a importância que as mesmas organizações possuem em outros países. Basta verificar o site e a lista de membros da ANE.

⁵⁵ Essa visão de Koen (2003) será apresentada em detalhes no capítulo 5.

Portanto, a Aproximação dos Corpos Rígidos não é ciência, nem científica. Nem quer ser, e nem deveria. Heurística. Uma heurística. Apenas isso, apenas uma heurística. Dado isso, propõe-se aqui que os engenheiros e os cientistas parem de chamar o grupo do qual a aproximação faz parte de ciências da engenharia. Trata-se de um conjunto de heurísticas. O nome dado por Koen (2003) para um conjunto de heurísticas é estado da arte, ou sota [*state of the art*, em inglês]. Portanto, propõe-se rebatizar a *Engineering Science* como *Engineering Sota*, ou em português Sota da Engenharia⁵⁶.

⁵⁶ Não se oponha a mudar o nome. Aqueles que se oporem a mudar o nome provavelmente o farão pela lei do menor esforço, e não por discordar dos motivos para a mudança: dá mais trabalho explicar para o interlocutor o que é um sota do que dizer ciência da engenharia, mesmo sabendo que engenharia não é ciência.

O que esses interlocutores têm em mente é que terão que explicar que sota é a sigla em inglês para estado da arte, *state of the art*, e que isso é o conjunto de heurísticas, e que terão que explicar o que é uma heurística e saber de cor as quatro características de Koen (2003) - e que isso tudo dá muito trabalho. A esses, uma solução de engenheiro: ao invés dessa explicação toda, use uma sigla fictícia para sota. Por exemplo, “soluções otimizadoras para tratamento adicional, que é um termo técnico da engenharia para todas aquelas coisas que sabemos que não são ciência mas que funcionam tão bem como se fosse para ajudar a resolver os problemas”. Esse tipo de “abobrinagem” é típico da postura pragmática da engenharia quando o que se quer é uma anuência pronta, já que a responsabilidade segue sendo mesmo do engenheiro ou da engenheira. E ele ou ela tem aquela postura profissional de que “se garante”.

5 Uma definição de Engenharia

"Os filósofos limitaram-se a interpretar o mundo de diversas maneiras; o que importa é modificá-lo".
- Karl Marx

Esse capítulo tem como objetivo a apresentação de uma definição para engenharia, construída por Koen (2003). Irá se apresentar inicialmente que a melhor forma de definir engenharia é através do método de engenharia. Em seguida, se apresentará a visão de Koen (2003) sobre o que é o método de engenharia. A próxima parte do capítulo discute críticas de Koen (2003) a definições alternativas de engenharia (não baseadas no método de engenharia). Discute-se a seguir um exemplo completo sobre a ideia de heurísticas, as vantagens do uso dessa definição e o posicionamento de que tudo é heurística.

O capítulo termina apresentando o papel fundamental da engenharia de produção no contexto da filosofia da engenharia e, mostrando que através da engenharia de produção, a melhor definição de engenharia é realmente através do método e que engenharia não é sinônimo de tecnologia.

5.1 Possíveis abordagens para o problema de definir engenharia

Com base em que elemento deve-se definir engenharia?

O Wikipedia define engenharia como:

“A engenharia é a ciência e a profissão de adquirir e de aplicar os conhecimentos matemáticos, técnicos e científicos na criação, aperfeiçoamento e implementação de utilidades, tais como materiais, estruturas, máquinas, aparelhos, sistemas ou processos, que realizem uma determinada função ou objetivo”

(<http://pt.wikipedia.org/wiki/Engenharia>).

A Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO) define a engenharia de produção como⁵⁷:

“Compete à Engenharia de Produção o projeto, a implantação, a operação, a melhoria e a manutenção de sistemas produtivos integrados de bens e serviços, envolvendo homens, materiais, tecnologias, informação e energia. Compete ainda especificar, prever e avaliar resultados obtidos destes sistemas para a sociedade e meio ambiente, recorrendo a

⁵⁷ A definição da ABEPRO foi criada a partir da definição do Instituto de Engenheiros Industriais Americanos (IIE), que por sua vez usou a definição a partir da Sociedade para Administração Científica, fundada por Frederick Winslow Taylor, considerado por muitos o pai da engenharia de produção.

conhecimentos especializados da matemática, física, ciências humanas e sociais, conjuntamente com os princípios e métodos de análise e projeto de engenharia” (www.abepro.org.br).

O Cadastro Brasileiro de Ocupações (CBO), do Ministério do Trabalho e Emprego, define a profissão de engenheiro civil como:

“Elaboram projetos de engenharia civil, gerenciam obras, controlam a qualidade de empreendimentos. Coordenam a operação e manutenção do empreendimento. Podem prestar consultoria, assistência e assessoria e elaborar pesquisas tecnológicas” (<http://www.mtecbo.gov.br/cbosite/pages/pesquisas/BuscaPorTituloResultado.jsf>).

O mesmo CBO define a profissão de arquiteto como:

“Elaboram planos e projetos associados à arquitetura em todas as suas etapas, definindo materiais, acabamentos, técnicas, metodologias, analisando dados e informações. Fiscalizam e executam obras e serviços, desenvolvem estudos de viabilidade financeira, econômica, ambiental. Podem prestar serviços de consultoria e assessoramento, bem como estabelecer políticas de gestão” (<http://www.mtecbo.gov.br/cbosite/pages/pesquisas/BuscaPorTituloResultado.jsf>).

O que há de comum nessas definições mais populares?

Todas as definições são baseadas no que o profissional faz. O Wikipedia (tanto em português quanto em inglês) define engenharia com base no que o engenheiro faz - projetar. A definição do Wikipedia em português é ainda mais nefasta, porque considera que engenharia é aplicar ciência.

Quando se define engenharia com base no que o engenheiro faz, incorre-se no problema evidenciado pelo CBO. O que realmente diferencia, com base nas definições, o trabalho do engenheiro civil e do arquiteto? Nada. Contudo, qualquer um que já tenha cursado engenharia civil - ou arquitetura - se sentirá até mesmo ofendido quando alguém disser que as duas profissões são iguais, pois esses profissionais sabem que são bem diferentes.

Para além da visão pertinentíssima, nesse exemplo, trazida por Abbott (1988), de que o que define a fronteira de atuação uma profissão é o contexto político e a inserção social da mesma, é necessário encontrar um elemento para definir o que é engenharia.

Foi a esse problema, de definir o que diferencia a engenharia frente a todas as demais profissões e frente a ciência, que o engenheiro e professor Billy Vaughn Koen dedicou sua carreira. A agudeza da definição de Koen (2003) acerca do que é engenharia parece ser, até o momento, sem igual.

Para Koen (2003), o que define a engenharia não é o que o engenheiro faz, e nem os resultados que ele alcança ou pretende alcançar. Artesãos desenvolvem tecnologia, inventores também. Homens das cavernas também. Cientistas, médicos, arquitetos, biólogos e matemáticos usam equações, microscópios, maquetes, modelos, teorias.

Para Koen (2003), se não é o objetivo e nem as ferramentas, o que diferencia a engenharia de todas as demais profissões é o método. O método de engenharia é a característica inefável, encantadora, única. Não só é elaborar planos, projetos, aplicar conhecimentos científicos, gerenciar obras, operar e melhorar que torna alguém engenheiro. É o método da engenharia. Método esse do qual todo engenheiro deve se orgulhar, e que será motivo de estudo.

5.2 Uma definição de engenharia a partir do método de engenharia

*“Projeto sem desenhos: o caminho do artesão.
Projeto com desenhos: o caminho do engenheiro”
(FERGUSON, 1992: 3-4)*

Para Koen (2003), “o método de engenharia é o uso de heurísticas para causar a melhor mudança numa situação pobremente entendida dentro dos recursos disponíveis” (KOEN, 2003: 28).

Essa definição de Koen (2003) pode ser desmembrada em seis características principais, as quais serão apresentadas separadamente no que se segue:

- (1) Heurística;
- (2) O conjunto de heurísticas, chamado de estado da arte, ou sota⁵⁸.
- (3) Melhor;
- (4) Mudança;
- (5) Pobremente entendida;
- (6) Recursos disponíveis.

5.2.1 Uma heurística

O cerne da visão de Koen sobre o conhecimento em engenharia é afirmar sua natureza heurística. Para Koen (2003), “Uma heurística é qualquer coisa que forneça uma ajuda ou direcionamento plausível na solução de um problema, mas que em última

⁵⁸ O acrônimo para *state of the art*.

análise seja injustificado, incapaz de justificação e potencialmente falho” (KOEN, 2003: 28).

O autor ainda apresenta quatro características de uma heurística (KOEN, 2003: 29):

1. Uma heurística não garante uma solução;
2. Ela pode contradizer outras heurísticas;
3. Ela reduz o tempo de busca para resolver um problema;
4. Sua aceitação depende do contexto imediato ao invés de um padrão absoluto.

A proposta teórica de que todo conhecimento em engenharia possui natureza heurística vem ao encontro da visão filosófica do Princípio da Razão Insuficiente, apresentado no capítulo anterior. No fundo, Koen (2003) afirma a contingência ao fugir da visão de conhecimento absoluto, e confirma isso ao propor que todo o conhecimento é de natureza heurística, não somente o da engenharia. Em sua proposição, Koen (2003) engloba o conhecimento científico, a matemática, a física, a aritmética e a lógica⁵⁹.

Embora sejam diferentes em suas formas de lidar com o problema da definição da natureza do conhecimento em engenharia, as perspectivas de Vincenti (1993) e Koen (2003) parecem ser complementares. Enquanto com a contribuição de Vincenti (1993) se discute analiticamente o que é o conhecimento em engenharia, em sua essência e substância, em Koen (2003) se discute a visão de mundo diante desse conhecimento, ou seja, como o sujeito deve se posicionar diante daquilo que seria a engenharia e seu método.

Por exemplo, na definição do uso de teorias fenomenológicas como ferramentas teóricas (um dos tipos de conhecimento em engenharia), Vincenti afirma que:

“Teorias fenomenológicas, no todo, raramente são rigorosas fisicamente e podem até mesmo ser demonstradas erradas em alguma medida. Elas são usadas porque funcionam, ainda que de forma imperfeita, e porque não há melhor ferramenta analítica disponível” (VINCENTI, 1993: 215).

Essa consideração de Vincenti (1993) converge perfeitamente a característica de falibilidade de uma heurística. Da mesma forma, a categoria de conhecimento Considerações Práticas de Vincenti (1993) parece possuir uma natureza heurística:

“A experiência em projeto também produz conhecimento útil em outras práticas de projeto. Esse conhecimento geralmente toma a forma de regras de mão de projeto (...). A

⁵⁹ Para simbolizar o que é heurística, e diferenciar do que não é, Koen (2003) grifa as palavras que representam as heurísticas sublinhando a segunda letra de cada palavra que seja uma heurística. Portanto, nessa passagem, ao propor que lógica, matemática, aritmética e física são heurísticas, o autor escreve lógica, matemática, aritmética e física. Entretanto, nesse trabalho não será usada a mesma notação, já que não se quer discutir se esses elementos são ou não heurísticas (vide nota anterior).

comunidade de projeto sabe por anos de experiência que para aviões a jato bem sucedidos a proporção de impulso dos motores e o peso da aeronave carregada sempre tem que ser algum valor entre 0,2 e 0,3. Esse conhecimento fornece uma checagem grosseira conforme um novo projeto se desenvolve; se a proporção calculada sai desse intervalo, o projetista suspeita de mau julgamento ou erros de cálculo. Regras de mão derivadas da experiência em projeto aparecem em todos os ramos da engenharia” (VINCENTI, 1993: 218-219).

Koen (2003) detalha exemplos de heurísticas de fatores de segurança como “use um fator de segurança de 1.2 para molas”, “use um fator de segurança de 1.5 para aviões comerciais” e “use um fator de segurança de 2.0 para uma passarela” (KOEN, 2003: 68-69), que são o que Vincenti (1993) consideraria como critérios e especificações em seu trabalho. Da mesma forma, heurísticas de “determinação de postura”, como “quantifique ou expresse todas as variáveis em números, sempre dê uma resposta e trabalhe na margem dos problemas solúveis” (KOEN, 2003: 69) seriam como “Instrumentalidades de Projeto” dos tipos “formas de pensar” e “habilidades de julgamento”, na conceituação de Vincenti (1993). Van Aken, Berends & Van der Bij (2007: 35) usam o conceito de regras tecnológicas, que são prescrições com o formato “se você quer alcançar Y no contexto Z, faça X (ou algo parecido com X)” (VAN AKEN, BERENDS && VAN DER BIJ, 2007:35). As regras tecnológicas são um exemplo de heurística, embora existam heurísticas de outros tipos que não são necessariamente regras tecnológicas.

5.2.2 Sota, Estado da Arte, é o conjunto de Heurísticas

Koen (2003) define estado da arte como “o conjunto de heurísticas usado por um engenheiro específico para resolver um problema específico num tempo específico” (KOEN, 2003: 42).

Em sua proposição, Koen (2003) utiliza a nomenclatura $sota|_{pessoa, data}$ para representar o conjunto de heurísticas e, como proposição central, associa sempre um sota a uma pessoa e um instante de tempo. Portanto, a noção usual de estado da arte como um conjunto de melhores práticas para resolver um problema, na visão de Koen (2003) significaria $sota|_{conjunto\ de\ engenheiros, data}$, ou seja, algo que é a soma dos conhecimentos de um determinado conjunto de engenheiros num determinado instante de tempo. Não existe, portanto, sota descolado de uma pessoa ou grupo de pessoas e nem de um dado momento no tempo (KOEN, 2003: 43-47).

Em termos de implicações, Koen (2003:49) define três possíveis usos para esse conceito de estado da arte:

1. Para comparar engenheiros individuais;
2. Para estabelecer uma regra de julgamento da performance de um engenheiro;
3. Para definir a relação entre o engenheiro e a sociedade.

Sobre a primeira possibilidade de uso do sota, comparação de engenheiros, Koen (2003) discute que os engenheiros devem ser comparados em função de seus sotas na resolução de um problema. O engenheiro que possuir e aplicar o melhor sota na resolução de um problema será o melhor. Não será um valor absoluto⁶⁰, determinado por exemplo pelo peso do crachá e nem do diploma. Tampouco será “o mais científico”, aquele que melhor conhecer os princípios científicos aplicáveis a uma situação.

Sobre a segunda possibilidade, regras de julgamento de um engenheiro, Koen (2003) discute o que legitima o trabalho do engenheiro enquanto profissional, em especial ao investigar aquilo que lhe dá sustentações éticas para o exercício de seu conhecimento.

O autor afirma que:

“A fundamental regra de julgamento em engenharia é avaliar o engenheiro ou seu projeto de engenharia contra o sota que define a melhor prática no momento que o projeto foi feito” (KOEN, 2003: 51).

Koen afirma, adicionalmente, que “já que o sota é uma função do tempo, é preciso ter atenção especial para garantir que o engenheiro é avaliado contra um sota válido no momento que ele fez seu projeto”⁶¹ (KOEN, 2003:52). Além disso, o autor afirma que é um problema muito grande em se estabelecer qual é o sota ideal, o conjunto de melhores práticas, num determinado instante do tempo, e que até mesmo a heurística para se avaliar isso muda ao longo do tempo (KOEN, 2003: 53).

Para a terceira aplicação, Koen (2003) determina o princípio ético, a linha de julgamento que deve determinar a conduta de um engenheiro em sua prática:

“A regra da engenharia é em cada instância escolher a melhor heurística para usar a partir do que o meu sota pessoal considera que seja o sota que representa a melhor prática de engenharia no momento que eu sou instado a escolher” (KOEN, 2003: 57).

Sobre isso, Koen (2003) ainda adiciona que:

“Uma consideração cuidadosa dessa regra mostra que o engenheiro avalia suas ações contra suas percepções pessoais do que constitui o melhor dos mundos em engenharia ao invés de contra uma realidade absoluta, eterna ou necessária. O engenheiro faz aquilo que

⁶⁰ O que reforça novamente a visão de contingência característica da visão filosófica do PRI.

⁶¹ O que dialoga com um problema grande em análises históricas pouco rigorosas, onde se considera o passado à luz do conhecimento disponível no presente - o que leva a análises ingênuas do tipo “se fosse eu lá, não teria cometido esses erros”.

ele sente que seja mais apropriado a ser feito, medido contra essa norma. Em suma, em qualquer dada instância o engenheiro usa a heurística que representa sua ‘melhor aposta’ sobre o que fazer a seguir, considerando todas as coisas. Mas o que mais ele (ou qualquer um de nós) poderia fazer? Conhecer a melhor heurística é usar a melhor heurística” (KOEN, 2003: 57, ênfase no original).

Esse terceiro ponto traz a discussão de que o engenheiro é limitado. Limitado porque é praticamente impossível que um único engenheiro conheça todas as heurísticas (ou seja, que $sota|_{\text{engenharia}, t}$ seja igual à $sota|_{\text{engenheiro}, t}$, qualquer que seja o engenheiro) para um problema e que é altamente provável que $sota|_{\text{engenheiro}, t+1}$ seja melhor do que $sota|_{\text{engenheiro}, t}$. O que está em jogo, e o que cabe ao engenheiro, portanto, é conhecer tudo⁶², para ter acesso à melhor heurística no momento que for necessário aplicá-la⁶³. Koen (2003) também parte do pressuposto de que o engenheiro que possui um determinado tipo de relacionamento com a sociedade pautado pelas regras que ele define está dentro de uma organização. Esse pressuposto pode não ser válido, sobretudo caso se considere a situação de um engenheiro que projeta a sociedade, como é o caso do planejamento quinquenal chinês, onde toda a economia é planejada. Para esse específico caso, a visão de Koen (2003) não é válida, pois há outras regras que pautam a relação entre engenharia e sociedade.

5.2.3 Um método para causar Mudança

Para Koen (2003), a ideia de que engenheiros causam mudança é amplamente aceita sem necessidade de discussões elaboradas (KOEN, 2003: 11). Essa visão é bastante convergente com a ideia de Brockman (2009) sobre o que é engenharia. Ambos os autores defendem que engenharia começa com a existência de um problema: há que haver algo que se deseja mudar para existir a engenharia, já que as demais heurísticas (melhor, incerteza da situação e recursos) são todas relacionadas com a primeira: o que se quer fazer com a situação é mudá-la. Não entendê-la, nem representá-la esteticamente: mudá-la⁶⁴.

⁶² O tudo do engenheiro, nesse caso, é maior do que o tudo do cientista, que pode escolher somente os programas de pesquisa progressivos e aqueles regressivos nos quais ainda acredita (para usar os termos de Lakatos).

⁶³ A discussão sobre o que ensinar aos engenheiros será retomada no capítulo de conclusão.

⁶⁴ O professor Domício Proença Jr. possui uma fala muito boa para ilustrar essa relação. “Quando o problema aconteceu”? História. “Onde o problema acontece”? Geografia. “Por que o problema acontece”? Filosofia. “O que as pessoas acham do problema”? Psicologia. “Resolver o problema”? Engenharia.

Koen (2003:12), contudo, ressalta a existência de quatro dificuldades práticas que o engenheiro enfrenta quando vai conduzir uma mudança:

- (1) O engenheiro não sabe onde está;
- (2) Não sabe para onde vai;
- (3) Não sabe como ele vai chegar até lá;
- (4) Não sabe se alguém atribuirá algum valor aos resultados da mudança.

Em Brockman (2009:44), as discussões (1), (2) e (3) de Koen (2003) são tipos básicos diferentes de problemas em engenharia, a partir dos quais os demais são originados: problemas onde só se sabe o estado inicial, onde só se sabe o estado final que se quer alcançar e onde só se sabe uma etapa que se quer ou se tem que realizar, sem saber nem o estado inicial nem o final. Essa proposição é bastante interessante, pois elucida bem quais são os tipos básicos de problemas em engenharia. Todos os problemas em engenharia são uma combinação desses três casos, pois é necessário que haja pelo menos um dos três elementos - onde se vai, onde se está, por onde se quer ir - para haver um problema definido em engenharia.

A esse respeito, Pidd (1998:68) distingue entre três conceitos: enigmas, problemas e confusões. Enigmas, para Pidd (1998), são situações onde a formulação do problema e a solução são acordadas entre o grupo. Por exemplo, um quebra-cabeças ou palavras-cruzadas. Nesse tipo de elemento, um algoritmo é aplicável. Pidd (1998:68) define também problemas como situações onde se possui acordo sobre a formulação, mas não sobre a solução. Confusões, por sua vez, são situações onde não se possui acordo nem sobre a formulação nem sobre a solução (PIDD, 1998:68).

Muito do trabalho do engenheiro ao mexer com mudanças é levar uma situação do estado de confusão ao estado de problema. Ou seja, formular o problema. Um bom engenheiro precisa possuir heurísticas para formular o problema, de uma forma tal que ele esteja “bem definido” - seja lá o que o grupo de interessados atuantes entender por isso. Mudança, portanto, pode ser também conseguida ao se formular um problema⁶⁵.

5.2.4 A importância de considerar recursos disponíveis

Sobre recursos, Koen (2003) afirma numa síntese que:

⁶⁵ Formular o problema, dessa forma, pode ser resolver o problema, caso o engenheiro tenha a formulação como seu problema.

“Um problema em engenharia é definido e limitado por seus recursos, mas os recursos verdadeiros devem ser considerados. Porque nós tendemos a pensar somente em termos dos recursos esgotáveis, porque nós confundimos recursos nominais e reais e porque nós desconsideramos a eficiência de alocação de recursos e a possibilidade de trocar um tipo pelo outro, geralmente os recursos verdadeiros são difíceis de determinar” (KOEN, 2003:15).

Uma vez que o autor afirma que é fundamental que se estabeleça de fato quais são os recursos de um problema em engenharia, ele fornece algumas indicações sobre como identificá-los corretamente:

“Para determinar se algo deve ser considerado como recurso, realize esse teste simples: imagine dois times de engenheiros idênticos em todos os aspectos, menos um. Se o produto final de um time é julgado como preferível ao produto do outro, então a diferença entre os dois times deve ser tomada como recurso. Como exemplo, considere dois times de engenheiros com o mesmo número de membros, mesma educação e mesma quantidade de tempo e dinheiro à sua disposição. Um time, entretanto, é mais experiente em resolver problemas similares ao proposto. Experiência prévia com problemas similares geralmente produz um projeto melhor. Experiência prévia com problemas similares deve, portanto, ser considerada um recurso, ainda que obviamente não seja esgotável” (KOEN, 2003: 14, ênfase no original).⁶⁶

5.2.5 Engenheiros querem realizar a melhor mudança, dentro do possível

Ao terceiro elemento, Melhor, Koen (2003) dedica a maior parte de sua atenção, porque dele decorrem mudanças importantes na noção de Melhor do ponto de vista da Filosofia Ocidental, que provêm da noção platônica da forma ideal. Como Koen (2003) está interessado em propor o método geral a partir do método da engenharia, se faz necessário para ele descrever em detalhes esse ponto, principalmente para os filósofos e não engenheiros.

A ideia que Koen (2003) detalha para os não engenheiros é a noção de *Trade off*, conflito. Sobre esse respeito, o autor afirma que:

“O engenheiro chama o processo de balancear a melhoria em um critério contra a piora em outro de *trade off*. Uma pessoa não pode obter o melhor de todos os mundos possíveis (...). O máximo que alguém pode torcer para ter é o melhor no mundo real, combinado” (KOEN, 2003: 18).

Dessa forma, fica claro que para o autor a ideia de melhor é uma heurística, já que considera não uma idealização, mas algo que depende de recursos, contexto e pontos

⁶⁶ No caso da engenharia de produção, como será discutido no fim desse capítulo, essa separação se torna mais difícil, porque mesmo que os dois times possuam os mesmos recursos a solução será diferente. Portanto, no contexto da engenharia de produção essa heurística de Koen não é válida.

de vista - o do projetista e de todos aqueles relacionados com o projeto - não sendo, de forma alguma, único. Koen (2003), cabal, afirma que “o melhor que nós podemos fazer não é o melhor; o melhor que nós podemos fazer é o melhor que nós podemos fazer” (KOEN, 2003:23). Vincenti (1993) se aproxima dessa ideia de melhor de Koen ao afirmar que:

“Ainda que eles provavelmente se vejam como otimizadores, no final das contas, por conta das complexidades e incertezas dos problemas, eles chegam até nada mais do que aquilo que Herbert Simon chamaria de “satisfatório”, isso é, não a de fato melhor solução, mas uma que seja satisfatória” (VINCENTI, 1993: 220).

5.2.6 Engenheiros atuam numa situação Incerta

Pode-se definir que a incerteza nas situações é subdividida em três fatores:

- (1) Problemas em engenharia são mal estruturados;
- (2) Problemas em engenharia são de final aberto;
- (3) Seu contexto de definição é social.

Para Koen (2003: 24), os problemas em engenharia são mal estruturados porque não se possui todas as informações necessárias para sua solução. O engenheiro precisa, muitas vezes, garimpar as informações necessárias e nem sempre elas estão disponíveis - seja porque não existem, porque os custos para obtê-las são proibitivos ou porque algum interlocutor não quer que a informação seja obtida. Por conta disso, Dym et al (2009:10) definem problemas de engenharia como mal estruturados pois:

“suas soluções não podem ser encontradas ao se aplicar fórmulas matemáticas ou algoritmos de uma maneira rotineira ou estruturada. A matemática é tanto útil quanto essencial no projeto de engenharia, mas muito menos nos estágios iniciais quando “fórmulas” são tanto indisponíveis quanto inaplicáveis. Na verdade, alguns engenheiros acham que projeto é difícil simplesmente porque eles não podem retroceder em conhecimento estruturado e formulado - mas é isso que também faz do projeto uma experiência fascinante” (DYM et al, 2009:10).

Brockman (2009:5) e Dym et al (2009) definem problemas de engenharia como de fim aberto, ou seja, problemas que admitem mais de uma solução. Para Dym et al (2009):

“Eles tipicamente possuem várias soluções aceitáveis. A unicidade, tão importante em muitos problemas de matemática e análise, simplesmente não se aplica a soluções de

projeto. Na verdade, é muito frequente que os projetistas trabalhem para reduzir ou limitar o número de soluções de projeto que eles consideram para que não sejam oprimidos pelas possibilidades” (DYM et al, 2009:10).

Esse ponto dialoga bastante com a ideia de melhor e de *trade off*, já apresentada. Não se trata aqui de se ter uma melhor solução ou então duas satisfatórias. Os problemas de engenharia podem admitir soluções melhores num critério - custo, por exemplo - mas piores em outro - qualidade, por exemplo - de forma irremediável. Cabe, portanto, ao grupo, escolher qual das duas será adotada - o que nos leva à terceira consideração.

Em engenharia, como Pidd (1998:73) coloca, problemas são “construtos sociais”. Ou seja, são elementos socialmente definidos⁶⁷, onde não é apenas o projetista que define o que é o problema e qual é a melhor solução. Isso é especialmente verdade em problemas com “humanos dentro”, como será discutido em mais detalhes no fim desse capítulo. Em problemas usuais, engenheiros precisam dialogar com a direção das organizações, trabalhadores, beneficiários e eventuais prejudicados com os resultados do projeto para negociar com eles o que é o problema e que solução será posta. Em alguns casos, etapa por etapa, o que exige uma capacidade exímia de trato político por parte do engenheiro.

5.3 Críticas a definições alternativas do método de engenharia

Koen (2003:83-85) discute e critica quatro definições alternativas de engenharia:

- (1) Engenharia como uma sequência de passos;
- (2) Engenharia como ciência aplicada;
- (3) Engenharia como tentativa e erro;
- (4) Engenharia como uma atividade de solução de problemas.

Sobre a primeira abordagem, listar uma sequência de passos que descrevem o que é fazer engenharia, Koen (2003) afirma que essa definição do que é o método de engenharia é insuficiente por quatro motivos:

- (a) Primeiro, porque as descrições não necessariamente convergem entre si e porque refletem a visão excêntrica de cada autor (KOEN, 2003: 84). Koen reporta que “entre os dois extremos acabados de apresentar [duas definições de engenharia

⁶⁷ Nota do autor: Agradeço ao professor Heitor Caulliraux por me introduzir a essa visão e ao autor Michael Pidd.

como sequência de passos], eu encontrei 25 variações no tema antes de parar de contar” (KOEN, 2003: 84).

- (b) Segundo, porque o engenheiro não pode simplesmente seguir linearmente a sequência de passos - “ele precisa circular livremente pelo plano proposto, interagindo, voltando atrás e pulando etapas quase que aleatoriamente” (KOEN, 2003:84).
- (c) Terceiro, porque nenhuma das estruturas propostas contém todo o conjunto de heurísticas necessárias para se definir o método de engenharia. “Onde somos aconselhados a fazer pequenas mudanças no sota? A alocar recursos ao elo mais fraco? A usar regras de mão simples? A essência da engenharia não é capturada nos comandos: analise, sintetize e avalie” (KOEN, 2003:85).
- (d) Quarto, a sequência de passos é insuficiente porque “é altamente improvável que em sua prática real engenheiros sigam qualquer estrutura proposta para explicar seu trabalho” (KOEN, 2003:85).

Sendo assim, se as pessoas que propõem uma definição de sequência de passos não acreditam que os engenheiros de fato sigam completamente aquela sequência de passos, essa proposta não pode ser usada para definir e excluir do grupo “engenheiro” quem não a segue (KOEN, 2003:85).

Entretanto, Koen (2003) reconhece o valor de se usar uma morfologia (sequência de passos) para explicar o que é o método de engenharia, como uma forma de ensinar ao engenheiro novato o que precisa ser feito – em outras palavras, como uma heurística específica para aprendizado.

Sobre a segunda forma, engenharia como ciência aplicada, Koen (2003) é mais uma voz a ser contrária a esse tipo de definição, dentre tantos autores da mesma vertente Koen (2003:85) afirma que:

“A tese de que engenharia é ciência aplicada falha porque o conhecimento científico nem sempre esteve disponível e nem sempre é disponível agora, e porque mesmo que disponível, nem sempre é apropriado que ele seja usado” (KOEN, 2003: 85).

Portanto, para Koen (2003) a ideia de que a engenharia é ciência aplicada cai por terra e resta somente a heurística “aplique ciência quando apropriado” (KOEN, 2003:87).

A terceira definição alternativa, de engenharia como tentativa e erro, é a proposta de Vincenti (1993). Vincenti (1993) defende a proposição de Donald Campbell chamada

de “variação cega e retenção seletiva”. Esse modelo propõe 3 grupos de elementos: elementos para introduzir variação, processos de seleção consistentes e mecanismos para propagar e/ou preservar as variações selecionadas (VINCENTI, 1993: 242).

Nessa lógica, a forma de aumento do conhecimento em engenharia acontece através do teste de possibilidades de design, do erro e da retenção daquelas soluções que deram certo. Esse, portanto, é um modelo de tentativa e erro.

Vincenti (1993: 246) ressalta três mecanismos através dos quais funciona a lógica de variação cega: (1) busca por experiências passadas com situações similares para achar conhecimento que tenha se provado útil, (2) incorporação conceitual de quaisquer novas características que venham a mente e (3) filtragem mental das variações concebidas para escolher aquelas que tenham mais chances de funcionar.

Sobre os processos de seleção, há dois mecanismos que aumentam seu poder: (1) substituição de experimentos parciais ou testes completos de simulação por testes de prova ou uso cotidiano e (2) condução de testes analíticos em lugar de tentativas físicas (VINCENTI, 1993: 246).

Vincenti (1993: 256) afirma ainda que “muito do desenvolvimento da engenharia moderna pode ser visto como um vasto projeto para aumentar o poder do processo de seleção de variações”. Sobre a acumulação de conhecimento em engenharia, o autor afirma que:

“O critério para reter uma variação em engenharia deve ser, em última análise, *ela ajuda no projeto de alguma coisa que funcione como solução de algum problema prático?* (a ‘no projeto’ teríamos que adicionar ‘na produção’ e ‘na operação’ se quisermos cobrir todos os aspectos da engenharia). O critério para o conhecimento científico, independente da forma como coloquemos, deve certamente ser diferente, ainda que qualquer definição levante questões fundamentais e debatíveis na filosofia da ciência. Tomando por empréstimo uma frase de Alexander Keller ao descrever o interesse de vida dos cientistas, eu formularia mais ou menos da seguinte forma: Ele ajuda em entender ‘*algumas características peculiares do universo?*’” (VINCENTI, 1993: 254; ênfases no original).

O modelo de variação cega e retenção seletiva parece explicar muito bem o processo de acumulação progressiva de conhecimento em engenharia, mas deixa de lado a quantidade de sucessos em projetos de engenharia. Se fosse por tentativa e erro puramente o processo de acumulação, a quantidade de erros de fato seria maior. A esse respeito, Koen (2003) afirma que:

“Muitos engenheiros modernos elevaram a tentativa e erro aleatória a ser uma técnica entre outras para resolver problemas difíceis para a definição do método de engenharia ele mesmo.

A engenharia, no entanto, não se reduz a um procedimento simples de tentativa e erro. Na engenharia, uma grande variedade de projetos não são tentados aleatoriamente e então medidos contra uma resposta absoluta, depois da qual as falhas são eliminadas e as mais bem sucedidas retidas. O problema com essa análise é que o engenheiro profeta é bom demais. A taxa de sucessos na engenharia em relação ao total de tentativas é inesperadamente alta. (...) Qualquer explicação do método de engenharia precisa ser capaz de explicar essa alta taxa de sucesso. (...) Em grande parte, o engenheiro é bem sucedido demais em tudo que ele tenta para que a simples e aleatória tentativa e erro seja a resposta” (KOEN, 2003: 87).

Sobre a quarta definição alternativa, de engenharia como uma atividade de resolução de problemas, Koen (2003) a reduz a um caso particular de aplicação de heurísticas (que é a sua própria definição). Não de qualquer heurística, mas de um conjunto particular.

Dois argumentos são colocados: o primeiro, que a definição do que é um problema varia de uma pessoa para outra. Tendo isso em vista, o autor propõe que o que determina o que é problema são as heurísticas de valor do sota de cada pessoa. “Essa ambiguidade em saber o que constitui um problema num sentido absoluto é a primeira razão porque a identificação de engenharia como resolução de problemas é, no melhor dos casos, uma heurística” (KOEN, 2003: 88).

O segundo argumento do autor é que a definição comete a falácia teleológica, isto é, atribui a um autor conhecimento de elementos do futuro. Isso se materializa quando se percebe a explicação de por que a taxa de sucessos para projetos de engenharia é tão alta (que inviabiliza a definição de engenharia como tentativa e erro). Para Koen (2003:89):

“ele [o engenheiro] evita cuidadosamente problemas que ele sabe que não pode resolver. Com efeito, o engenheiro é um bom profeta porque ele só faz profecias auto-cumpríveis. Em outras palavras, **um engenheiro escolhe um projeto baseado menos em sua deseabilidade do que em sua exequibilidade**. O sota do engenheiro não somente contém heurísticas para causar mudanças, mas também heurísticas para mostrar a ele que mudanças ele pode causar. O engenheiro chama essa heurística de estudo de viabilidade. (...) Qualquer engenheiro que estivesse praticando em 1981 diria que nem um avião que iria a Mach 10, nem uma aterrissagem humana em Plutão e nem uma planta de geração de energia baseada em fusão nuclear eram viáveis naquele tempo. Ele nunca iria ousar estabelecer esses como objetivos de engenharia e, se por acaso eles fossem estabelecidos, esperar que eles fossem alcançados” (KOEN, 2003:89, negrito adicionado, itálico no original).

Numa síntese, portanto, Koen (2003), defende nesse segundo argumento que engenharia não é resolução de problema porque ela não resolve qualquer problema - apenas aqueles formulados de uma determinada maneira e selecionados cuidadosamente pelo engenheiro para serem resolvidos. Maneira essa que, segundo o autor, depende de um subconjunto de heurísticas de cada engenheiro. Com isso, ele reduz a ideia do método de engenharia como resolução de problemas, orientada a objetivo e determinada por um alcance de necessidades como um caso específico de sua proposição mais geral (a de método de engenharia como aplicação de um conjunto determinado de heurísticas para causar a Melhor Mudança numa situação Incerta dentro dos Recursos disponíveis). Barnes (1977:22) traz também um exemplo de como engenheiros escolhem cuidadosamente um problema, considerando todos os interesses envolvidos no mesmo:

"O custo da aplicação do estudo de movimentos e de tempos deve sempre levar em conta o retorno de capital esperado. Se uma operação está sendo considerada para uma melhoria, o grau até o qual o processo será desenvolvido para se obter a solução do problema dependerá dos benefícios potenciais. A definição do problema, a análise e a pesquisa de soluções possíveis serão tratadas de maneira superficial se a operação for temporária, se o volume for pequeno ou se a economia potencial for desprezível. Ao contrário, um estudo pormenorizado poderá ser justificado quando se tratar de um trabalho que envolva muitos operários, matérias-primas de valor e equipamentos caros" (BARNES, 1977: 22).

5.4 Tudo é heurística

Frente às definições apresentadas, poder-se-ia questionar que tipo de entendimento adicional é obtido ao entender o método de engenharia como um método heurístico, ao generalizar toda a engenharia como heurística. Além disso, pode-se discutir que característica distintiva há entre o conhecimento de engenharia e os demais tipos de conhecimento.

Koen (2003) apresenta uma proposta sobre o que é o método de engenharia e, por consequência, sobre o que é heurística. Para além da discussão estrita sobre as qualidades da engenharia, Koen (2003) está afirmando uma posição filosófica a respeito da teoria do conhecimento, em sentido amplo, para além da própria esfera da engenharia. Portanto, não é a posição de Koen (2003) afirmar que o conhecimento de engenharia é único por ter natureza heurística, frente a um outro tipo de natureza para o conhecimento em ciência, filosofia, arte e outras áreas. Pelo contrário: Koen (2003) defende que a natureza do conhecimento, qualquer que seja ele, é heurística. O autor resume essa visão em uma frase: tudo é heurística.

A posição filosófica heurística, de Koen (2003), tem por consequência o fato de que se pode entender a engenharia como heurística, mas que se pode, também, entender a ciência, a filosofia e a arte como heurística. Uma consequência interessante disso é que as mesmas características de uma heurística, usadas para definir o conhecimento em engenharia, podem ser usadas para definir o conhecimento em ciência (ou em filosofia, ou em arte). Quando Koen (2003) afirma que tudo é heurística, o autor defende que o conhecimento em ciência também não garante uma solução, pode se contradizer, reduz o tempo de busca para resolver um problema e que sua aceitação depende do contexto.

A principal característica distintiva entre o conhecimento de engenharia e o conhecimento científico é que o conhecimento em engenharia não pretende ser universal, como é o conhecimento científico. A regra da engenharia não é a regra da lei universal, é a regra “no conjunto de casos com os quais lidamos, fizemos dessa forma e até aqui obtivemos esses resultados. Portanto, pode ser uma boa ideia fazemos da seguinte forma no problema com o qual nos deparamos agora”. Entretanto, parece impossível negar que ambas são heurísticas e que todos os engenheiros sabem que a ciência pode falhar, e falha. Portanto, uma lei científica para um engenheiro significa “a ciência até aqui prevê que vai acontecer B, portanto seria ideal que fizéssemos A”.

5.5 Exemplo para discussão da utilidade de heurísticas

Algumas heurísticas de uso cotidiano pelo professor de engenharia podem ser levantadas. A tabela abaixo contém um conjunto de exemplos de heurísticas na prática do professor.

Tabela 10 - Lista de heurísticas para dar aula usadas por um professor

Heurística
Para estimular a participação de um grupo de alunos, se aproxime deles
Quando um aluno faz uma pergunta, responda para todos
Quando um aluno faz uma pergunta muito baixo, repita em voz alta, para que todos possam acompanhá-la
Se um aluno fizer uma pergunta que você sabe que nem todos irão entender a resposta, dê um breve resumo para todos e responda especificamente para o aluno
Se um aluno fizer uma pergunta para a qual você não quiser dar diretamente a resposta, indique um livro a ele
Se a turma estiver sonolenta, faça piadas
Oscile o tom de voz constantemente, especialmente depois do almoço
Use vídeos e recursos de mídia nas aulas
Nunca leia os slides
Para dar um tom intimista à aula, sente-se no canto da mesa
Se a turma estiver muito tímida, chame um aluno para o quadro
Se alguém lhe fizer uma pergunta para a qual você deveria saber a resposta, mas não sabe, explique até onde você conhece naquele assunto e indique um livro
Se a aula for muito longa, faça mudanças na organização espacial da sala para manter a atenção da turma
Se a turma for muito heterogênea em conteúdo prévio, dê a aula para a média e mescle com indicações de livros com assuntos mais avançados e com rápidas recapitulações e resumos básicos
Use jogos e dinâmicas educacionais para facilitar o aprendizado
Dê exercícios
Antes de tudo, crie uma imagem positiva de você
Seja cortês e educado
Não fale muito rápido, e nem muito devagar
Os silêncios são tão ou mais importantes numa fala do que as palavras
Não fique se encostando no quadro ou na parede
Não tenha vícios de fala ('né', 'tá certo', 'entendeu')
Sempre use a respiração completa e não force a voz... você vai precisar
Termine as aulas sempre com um gran finale

Fonte: O autor

Essa lista de heurísticas compõe o sota de uma pessoa, mas nem todas podem, e devem, ser usadas ao mesmo tempo. É importante também que nenhuma delas é absoluta, todas devem ser usadas em contexto.

Uma questão que merece discussão é a utilidade de se ter uma lista de heurísticas como essa. Um método tem a utilidade de formular uma maneira, geralmente uma sequência de passos, para facilitar ou explicar a execução de algo. Definir o método de engenharia como heurísticas, como uma lista, tal qual a do exemplo, de onde não se sabe o que fazer, quando usar cada uma e nem por onde começar, seria mais útil do que formular uma sequência de passos para serem cumpridos?

Ainda que no caso em discussão a forma de ensino não pareça ser por uma sequência específica de passos, mas sim por uma lista de “dicas”, ou seja, de heurísticas, é necessário se qualificar os mecanismos de aprendizado para além do exemplo.

Primeiro, é importante se ter em mente que o trabalho de engenharia possui natureza intelectual, cognitiva (o que será discutido melhor no exemplo do capítulo 6). Não é de se esperar que haja um método-padrão para a atividade de engenharia, uma única e melhor forma de se realizar o trabalho do engenheiro. Nem o do professor. Portanto, uma sequência de passos não parece ser a melhor forma de ensiná-lo ou descrevê-lo.

Segundo, há formas específicas de aprendizado para tipos diferentes de conhecimento⁶⁸. Há conhecimentos que são melhor aprendidos em leitura e discussão com outros – por exemplo, conhecimentos dialógicos como o da filosofia e história. Outros conhecimentos só são aprendidos por meio de repetição exaustiva, até que o ato fique mecânico. Por exemplo, tocar violino. Há também determinadas formas de conhecimento que só são aprendidos por experimentação individual. Por exemplo, cozinhar ou atuar numa peça teatral. Nessa categoria específica, por mais que se leia, por mais que se aprenda com os mais velhos, por mais que se veja outros fazendo, é necessária uma construção de identidade no processo de trabalho que só se realiza no momento da prática. Há também, por fim, conhecimentos que são aprendidos vendo e ouvindo as experiências dos mais antigos – por exemplo, ser político.

A natureza do trabalho do professor, bem como a natureza do trabalho do engenheiro, envolve todas essas dimensões de conhecimento e aprendizado. Contudo, o que afasta o engenheiro do filósofo e o aproxima do professor, do ator, do cozinheiro, é o fato de que seu trabalho é predominantemente aprendido por meio de prática individual para automação de atos básicos e construção de identidade, além de por experiências tácitas dos anteriores. Essas últimas, no máximo, só podem ser ensinadas por heurísticas, reconstruções daqueles que a viveram, que possuem todas as limitações levantadas por Koen (2003). Insights impossíveis de descrever *a priori* ou em tempo real.

Qualquer um que já participou de peça de teatro, cozinhou ou deu uma aula sabe que aquele tipo de atividade não é “uma ciência exata”, mas sim um ofício. Assim também é o trabalho do engenheiro: um ofício, e não uma ciência. Que se ensina de pai para filho, de mestre a discípulo, que possui uma componente tácita tal que caso se rompa a linha sucessória entre mestre e discípulo há uma ruptura completa da

⁶⁸ Nota do autor: essa caracterização de tipos de aprendizado para naturezas de conhecimento específicas foi construída originalmente pelo professor Domício Proença Junior.

manutenção de identidade daquela linhagem. Isso, embora possa acontecer também na filosofia ou na ciência, é uma característica muito mais acentuada em ofícios do que em ciências.

Desse modo, o que se ensina de engenheiro para engenheiro é a experiência de vida. Se boa parte do que o jovem engenheiro irá aprender virá de sua própria prática e experimentação do mundo, o melhor que o professor de engenharia pode ensinar ao aluno é toda a sua experiência. E isso, para um engenheiro novato, representa muito. Para o novato, possuir uma lista de heurísticas pode ser a diferença entre o sucesso e o fracasso em inúmeras situações. Para o mais experiente, construir uma lista de heurísticas pode ser uma atividade extremamente difícil, pois exige uma enorme dose de auto-reflexão.

Uma heurística se constrói sempre por uma reconstrução de seu autor. Quando, no exemplo, uma das heurísticas é “não tenha vícios de fala”, a mesma foi construída por base em experiências, no caso negativas, de professores que tiveram resultados insatisfatórios por ter vícios de fala. Considerando apenas as experiências daqueles que formulam ou concordam com essa heurística, sem a mínima pretensão de ser uma regra geral.

Formular uma heurística geralmente é tarefa bastante difícil. Requer algum grau de certeza de seu autor que para aquele contexto parece ser útil que se ensine aquilo a outras pessoas (o que é bem diferente de que aquilo é verdadeiro, ou mesmo que vá funcionar). Portanto, uma heurística é talvez uma esperança, é algo que vale a pena que se tenha em mente no momento que alguém vai realizar algo. Ou algo que vale a pena ser ensinado ou dito a alguém. Essa é, talvez a maior utilidade de uma heurística: transmitir a alguém, ou a si próprio, o que é necessário se levar em consideração quando se for praticar. Um meio de compartilhar e explicitar o conhecimento tácito. Conhecimento, nesse caso, que se insere no plano epistêmico da engenharia, portanto se afastando dos ideais de verdade e universalidade, característicos do plano da ciência.

5.6 Vantagens da definição de engenharia como uso de heurísticas frente à definição de engenharia como ciência aplicada

Uma grande questão para se discutir é qual é a vantagem prática de se enxergar engenharia como uso de heurísticas – não subordinada à ciência - ao invés de usar a visão de engenharia como ciência aplicada (subordinada).

Ao entender engenharia como ciência aplicada, reforça-se a visão da Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) como uma sequência de passos, tais como pesquisa pura – pesquisa aplicada – desenvolvimento do produto – desenvolvimento do processo de produção – teste-piloto – produção – análise pós-consumo – remanufatura ou reciclagem – desuso.

Uma empresa que considerar que a engenharia é uma consequência da ciência irá alocar recursos em pesquisa pura e pesquisa aplicada, ou seja, em ciência, esperando que um dia se crie produtos. Essa visão de passos, para quem pensa dessa forma, gera o arquétipo de um “tubo”, onde no início há a pesquisa em ciência (geralmente a pesquisa aplicada, já que pesquisa básica não interessa diretamente as organizações) e no final, espera-se, há um produto de excelente desempenho no mercado. Para essas pessoas, para gerar mais produtos, tem que se alocar mais insumos no início, ou seja, em pesquisa aplicada. Não há outra etapa para alocar recursos que não a etapa supostamente inicial, da qual todas as demais dependem.

Entender que a engenharia não está subordinada a ciência e que a ciência não é a única fonte de conhecimento para a engenharia faz com que seja possível investir no meio desse processo e obter resultados mais eficientes e eficazes. Se alguém quiser produzir mais produtos inovadores numa organização hoje, onde qualquer gerente investiria? No setor de pesquisa e desenvolvimento, provavelmente. O *processo* de pesquisa e desenvolvimento é entendido como pertencente estritamente ao *setor* de pesquisa e desenvolvimento. Lá, onde existem cientistas – ou pessoas que queriam ser cientistas – que desenvolverão novas tecnologias de produto e novos conhecimentos científicos. Porém, e quanto às demais atividades que geram conhecimentos para o desenvolvimento de produtos, ou seja, para a engenharia? Investir em Pesquisa & Desenvolvimento usando a concepção de engenharia como heurística, e não como ciência aplicada, permite que se invista em tecnologia de produção e que se entenda que isso *também* é pesquisa e desenvolvimento. O importante é notar que essa é uma mudança qualitativa de olhar: uma mudança de paradigma, saindo do que se poderia

conceituar como “P&D Ciência” para algo que se poderia conceituar como “P&D Engenharia”.

Pode-se discutir se o entendimento que os chineses possuem sobre o que é P&D está mais alinhado com a visão tradicional ou com o que se considerou P&D Engenharia. Wu, Ma & Xu (2006), ao expor a ideia de inovação secundária como aquela que ocorre em produtos com trajetória tecnológica já consolidada, quando se usa engenharia reversa para analisar um produto que já existe, extrair dele suas funcionalidades, copiá-lo e criar uma evolução com tecnologia nacional, estão nitidamente se alinhando com a visão de P&D Engenharia.

O lançamento de produtos chineses como o HiPhone, que é uma cópia do iPhone da Apple, não é explicado pela ideia de P&D Ciência. O HiPhone possui televisão embutida e comporta dois chips – ele possui agregação de valor em relação ao produto original. Não se trata somente de uma cópia piorada. Esse tipo específico de inovação tecnológica não é considerado quando se enxerga Pesquisa de um lado, Desenvolvimento do outro – há coisas demais debaixo do guarda-chuva “Desenvolvimento”. Coisas como a diferença entre engenharia e ciência aplicada, que talvez seja um importante elemento para explicar o sucesso das inovações chinesas até aqui.

Essa é uma diferença sutil, mas que é importante quando se considera a forma pela qual os chineses estão se diferenciando no mundo e pretendem gerar suas inovações. Dado que apenas uma parte do conhecimento de engenharia provém da ciência, alguém que entenda e reconheça que há outras fontes de captação e que investir nelas pode ser mais efetivo poderá avançar na competição mercadológica somente por causa de uma visão diferente. Visão essa de que engenharia não é ciência aplicada.

5.7 Acerca do papel da Engenharia de Produção em Filosofia da Engenharia

O que se quer dizer com “engenharia de produção”, ao invés de engenharia de produção, sem aspas, é que uma parte do que é engenharia de produção possui características particulares interessantes de se ressaltar e diferenciar das outras modalidades de engenharia. Essa parte é aquela que lida diretamente com o humano como parte integrante das soluções geradas, não apenas como usuário.

É possível, inclusive, que essas características específicas que serão ressaltadas existam também no trato de problemas nas outras modalidades que não a engenharia de produção. Todavia, na Engenharia de Produção essas características são aparentemente mais marcantes.

Van Aken, Berends & Van de Bij (2007: 27) tomam outra abordagem e diferenciam esse aspecto com os conceitos de “sistemas sociais” e “sistemas materiais”. Os autores também respondem ao argumento de que é impossível projetar sistemas sociais (ou seja, que o trabalho da engenharia de produção não existe). Para os autores:

“Alguns defendem que o projeto de sistemas sociais, ou a engenharia social, é impossível. Uma pessoa não pode criar sistemas sociais, que possuem propriedades essencialmente imateriais, com base em projeto. Contudo, a prática de *business* mostra que o projeto de sistemas sociais é possível: em *business* é uma prática comum o redesenho de estruturas departamentais, cargos individuais ou procedimentos de trabalho e introduzir esses redeseños com sucessos nas organizações. A mudança planejada é factível. Ainda, é verdade que uma pessoa não pode criar sistemas sociais com base em projeto da mesma forma que uma pessoa criaria no caso de sistemas materiais. Então, no contexto de uma boa solução para problemas de *business* é importante que se estude em detalhes o projeto de sistemas sociais, para ver exatamente o que é descoberto e projetado, e em que medida o projeto de sistemas sociais se diferencia do projeto de prédios e máquinas” (VAN AKEN, BERENDS & VAN DER BIJ, 2007: 27, **negrito no original**).

Várias modalidades de engenharia se definem por sua relação com um determinado produto, uma determinada tecnologia, um artefato. Por exemplo, a engenharia naval, com navios e outras tecnologias de navegação; a engenharia elétrica, com sistemas elétricos; a engenharia civil, com prédios e outros artefatos de construção civil; a engenharia de materiais, com seus compostos e materiais.

O que há de comum entre todos esses exemplos é que nesses produtos o papel do homem é como usuário das tecnologias desenvolvidas.

O que há de diferente em uma parte da engenharia de produção (ou no que Van Aken, Berends & Van der Bij (2007) chamam de engenharia social⁶⁹) é que o homem não é apenas usuário: o homem é parte da solução. Assim, ao projetar um modo de trabalho, o engenheiro de produção projeta o comportamento desejado do humano como parte da solução.

As consequências dessa sutil diferença são drásticas. A primeira diz respeito ao grau de previsibilidade da resposta da solução. O comportamento de pessoas, embora possa ser influenciado, não pode ser controlado tal como se controla quanto de esforço uma viga suporta ou quanto de energia precisa ser fornecida a um motor. Portanto, a capacidade do engenheiro em obter exatamente o resultado esperado num sistema onde o homem é parte da solução e não apenas usuário é intrinsecamente menor. Por consequência, os critérios de julgamento de qualidade de uma solução são menores e menos exatos.

A segunda consequência dessa diferença é que não é possível usar prototipagem. Há uma relação linear e controlada entre estímulos e resposta que permite que se use protótipos de um navio em menor escala, ou de uma parte dele, e se conecte o resultado no mundo real. Contudo, na engenharia de produção onde o homem é parte da solução não é possível realizar testes em laboratório ou em parte da solução e se esperar algum tipo de correlação com o mundo real, sobretudo quando o que está em jogo são sentimentos, comportamentos, visões políticas e pensamentos humanos. Resumindo, nessa parte da engenharia de produção o laboratório não é uma opção: há que ir na prática, no mundo real, com toda sua complexidade, para projetar a solução, sem o amparo do laboratório.

A terceira consequência dessa diferença é quanto a reprodutibilidade da solução técnica por engenheiros diferentes, em momentos diferentes do tempo. Como é necessário ir ao mundo real, e sobretudo interagir com os humanos parte da solução para estimular os comportamentos, sentimentos, visões, ações e pensamentos desejados, cada interação, em cada momento do tempo, irá gerar uma solução um pouco diferente. Como resultado cumulativo de várias interações entre projetista(s) e

⁶⁹ Nota: não se usou o termo “engenharia social” por dois motivos: primeiro, porque há uma denominação preliminar, a engenharia de produção. Segundo, porque o termo no Brasil contém uma outra concepção, mais voltada para projetos geralmente sem fins lucrativos, voltados prioritariamente para parcelas mais pobres da população. Contudo, é perfeitamente possível perceber a relação entre a “engenharia social” dos autores holandeses e a parte específica da engenharia de produção que trata de projeto de trabalho em organizações – nomes diferentes para o mesmo objeto, cada um mais adequado a um contexto.

“projetado(s)”, o resultado final de duas soluções técnicas feitas por engenheiros diferentes em momentos diferentes do tempo será diferente.

Isso fere uma das formas de se avaliar o conhecimento usando as métricas da ciência: a reprodutibilidade dos resultados, a exaustão empírica. A solução gerada por um projeto em engenharia de produção desse tipo nunca será possível de ser recriada, diferente do que acontece na ciência ou nos outros tipos de engenharia, onde a reprodutibilidade da solução é critério de mérito. Dito de outra forma, o que um grupo combinou foi aquilo, nunca foi antes e nunca mais o será de novo, ainda que se coloque as mesmas pessoas novamente juntas. A menor modificação que seja - duas borrifadas de perfume ao invés de uma, um sorriso menos sincero, no lugar de um riso amistoso - irá produzir arranjos diferentes nas relações do grupo. E é isso, esse arranjo, que é projetado pelo engenheiro de produção.

Será discutido no capítulo 6 o problema da epistemologia da engenharia, ou seja, das formas pelas quais se avalia o bom ou o ruim conhecimento em engenharia. De antemão, já se ressalta que ao falar de como avaliar a boa e a ruim solução em engenharia será necessário que o autor diferencie se está falando da classe de problemas de engenharia onde o humano é usuário (ou vítima) ou da classe de problemas em engenharia onde as pessoas são parte da solução.

Uma dificuldade colocada para qualquer engenheiro que tenha entrado nessa discussão é saber se os projetos com os quais trabalha são do tipo “humano inside” ou não.

Duas heurísticas podem ajudar nessa identificação. A primeira, verificar até onde vai a responsabilidade de projeto. Em um projeto pronto de engenharia civil, por exemplo: um edifício. O trabalho do engenheiro civil acaba com o edifício construído, envidraçado, pintado, pronto para se morar ou trabalhar⁷⁰. Próximo passo? As pessoas usam. Outro exemplo: um navio. É dado parabéns ao engenheiro naval quando se lança o navio ao mar e ele flutua, ou quando depois de 15 anos de pleno uso o artefato ainda funciona perfeitamente. E as pessoas? Usam a tecnologia.

Um contraexemplo: um engenheiro de produção quer implantar uma nova forma de medir o desempenho de funcionários. Ele possui uma primeira ideia de como vai

⁷⁰ Embora alguns possam dizer que na engenharia civil ainda há o compromisso do engenheiro com a manutenção predial, é importante notar usualmente se encara isso como dois projetos, e portanto dois contratos, diferentes. Portanto, ainda que haja uma relação a posteriori entre o produto e o projetista depois de pronto, essa relação é de uma natureza que Buber (2006) chamaria de “eu-isso”, ao passo que a relação que se estabelece entre o engenheiro de produção e as pessoas que fizeram parte de seu projeto, e portanto a relação do engenheiro de produção com o seu projeto, é uma relação “eu-tu”, ou pelo menos tende a ser.

fazê-lo. Leva para discussão, os funcionários discordam e os quadros gerenciais gostam. Ele adapta a proposta e o inverso acontece. Mais alguns ciclos e todos cedem um pouco, encontrando-se uma solução de compromisso. Nesse momento, onde o trabalho do engenheiro de produto terminaria, longe do fim se está: o engenheiro de produção só será parabenizado depois que essa nova cultura sair do papel e for realmente implantada, o que depende da ação e do comportamento de todos os envolvidos na empresa. E o uso da solução? O uso é parte do problema do engenheiro de produção e, ainda por cima, é difícil de distinguir onde termina o projeto e onde começa o uso.

Uma segunda heurística, auxiliar, é verificar se existem treinamentos. Se há treinamentos, há o indicativo de que há uso e por consequência usuário (embora possa não ser apenas usuário - razão pela qual essa heurística é apenas auxiliar).

Um engenheiro de computação que desenvolva um sistema e depois o venda é um exemplo de projeto sem pessoas no meio. Já se o mesmo engenheiro for até uma determinada empresa, entender como funcionam seus processos, verificar oportunidades de melhoria e automação de atividades, discutir com os funcionários, fazê-los se comprometer com a nova forma de trabalhar, construir o sistema e auxiliar no seu uso, ele está fazendo um projeto tipicamente com “pessoas dentro”.

5.8 Pela Engenharia de Produção, Engenharia não é Tecnologia

Algumas pessoas podem tentar definir engenharia como tecnologia. Dessa forma, Filosofia da Engenharia seria o mesmo que Filosofia da Tecnologia. Esse segundo tema, inclusive, apresenta trabalhos e grupos de pesquisa no Brasil⁷¹.

Definir engenharia como tecnologia é errado por dois motivos: primeiro, porque há outros desenvolvimentos de tecnologia não feitos pelo engenheiro; segundo, porque essa tentativa de definição exclui elementos da engenharia não relacionados com tecnologia - por exemplo, toda a engenharia de produção⁷².

Alguém poderia dizer que “engenheiro desenvolve tecnologia, então engenharia é igual a desenvolver tecnologias”. Artesãos, inventores, cientistas, designers, médicos, arquitetos e homens das cavernas também desenvolveram e desenvolvem tecnologias. Portanto, não é correto afirmar que há identidade entre tecnologia e engenharia, já que tecnologia é um conjunto mais amplo do que engenharia. Deriva-se daí a pergunta sobre o que diferenciaria, no conjunto tecnologia, o subconjunto engenharia. Para essa pergunta, acredita-se que a melhor resposta seja a de Koen (2003). As heurísticas do engenheiro lhe são peculiares, por isso o diferenciam de todos os outros profissionais que criam tecnologia⁷³.

Entretanto, pode-se aventar a hipótese de que engenharia está totalmente contida em tecnologia, sendo um subconjunto dessa. Essa tentadora visão não é verdadeira ao se considerar a própria engenharia de produção. Como se viu na seção anterior, a engenharia de produção não possui como resultado característico principal um artefato tecnológico, um produto, mas sim uma mudança de comportamento nas pessoas⁷⁴. Dessa forma, engenharia de produção é algo que está no conjunto “engenharia” mas não no conjunto “tecnologia”, derrubando a ideia de que engenharia é um mero subconjunto da discussão de tecnologia.

Algumas pessoas poderiam, como forma de escapar do problema de que há uma parte de engenharia fora de tecnologia, discutir se engenharia de produção é realmente

⁷¹ Isso foi apresentado na seção 2.3.3.

⁷² Há uma discussão sobre o conceito de tecnologia que é praticamente inescapável. Koen (2003) e os demais autores que discutem o assunto costumam considerar tecnologias de produto, mas não tecnologias de organização, que são objeto dessa parte da engenharia de produção. Porém, antes é necessário se discutir se “tecnologias de organização” são tecnologias ou não, já que não estão associadas a um produto físico, mas sim a um modo de comportamento de pessoas.

⁷³ Há uma grande e excelente questão, que não faz parte do escopo desse trabalho, que é a discussão de quais são essas heurísticas peculiares a um engenheiro, que o diferencia.

⁷⁴ Há um filme, “a origem” (cujo título original é *Inception*), de 2010, protagonizado por Leonardo di Caprio, que ilustra bem o que é engenharia de produção: implantar uma ideia na mente das pessoas. Não qualquer ideia, mas uma ideia positiva e de forma tal que a pessoa considere que foi uma inspiração, e não somente algo que alguém a disse.

engenharia⁷⁵. Uma das formas de romper esse impasse é ver que a definição de Koen (2003) consegue perfeitamente envolver a Engenharia de Produção e que, portanto, esse subterfúgio é desnecessário.

No fim das contas, como a definição de engenharia como produção de tecnologia deixa de fora uma parte importante do conjunto de engenharia e a definição de Koen (2003) engloba tudo aquilo que de fato a engenharia é, Koen (2003) é superior.

Alguns autores de Filosofia da Tecnologia (principalmente Bunge, 1985; Meijers et al (eds.), 2009; Dusek, 2006; De Vries, 2006; Mitcham, 1994⁷⁶) não diferenciam engenharia de tecnologia tão claramente quanto fazem entre engenharia e ciência. Isso pode levar a confundir os campos de Filosofia da Tecnologia e Filosofia da Engenharia⁷⁷. Um ganho substancial para a comunidade pode ser a inserção da engenharia de produção na discussão, já que nela se encontram elementos que esclarecem a diferença entre tecnologia e engenharia⁷⁸, e por consequência de Filosofia da Tecnologia e Filosofia da Engenharia.

Tendo isso em vista, afirma-se que as comunidades que discutem Filosofia da Tecnologia não estão discutindo Filosofia da Engenharia, mas apenas a parte da engenharia que tem interseção com tecnologia - acrescida de outros elementos em tecnologia que não são engenharia - artesanato, invenção, ciência, medicina, arquitetura, entre outros.

⁷⁵ Feita por um engenheiro de outra especialidade, no Brasil, essa pergunta ganha mais contornos políticos do que substantivos. Há uma tensão histórica entre engenharia de produção e outras engenharias, no Brasil.

⁷⁶ Alguns desses trabalhos, inclusive, foram as principais referências para a discussão atual em Filosofia da Engenharia.

⁷⁷ Parece que há, cada vez mais, dois campos que se denominam “filosofia da tecnologia”. Um, inspirado principalmente em Heidegger e outros filósofos, que discutem a ética da tecnologia, como as tecnologias afetam a sociedade etc. (presente no Brasil, conforme discutido na seção 2.3.3). Outro, que parece cada vez mais caminhar em direção à Filosofia da Engenharia, investigando não questões éticas, mas sim o próprio processo de criação de tecnologias, o conhecimento usado para isso e as ferramentas cognitivas usadas (modelos, mapas, etc.). Uma contribuição no sentido de elucidar as diferenças entre engenharia e tecnologia parece que poderia fazer com que esse campo de “Filosofia da Tecnologia II” assumisse que está discutindo Filosofia da Engenharia, Filosofia da Arquitetura, Filosofia da Medicina etc.

⁷⁸ Outro ganho na Engenharia de Produção é mostrar que engenharia não é ciência, dado que para muitas coisas que se faz em engenharia de produção não há ciência disponível. Portanto, isso reforça ainda mais que engenharia não é ciência aplicada, mas que ciência tem um papel de heurística na engenharia: “aplique ciência quando apropriado” (KOEN, 2003: 87).

6 Problema em aberto: critérios de avaliação do conhecimento em engenharia

*"Devemos julgar um homem mais pelas suas perguntas que pelas respostas".
- Voltaire*

*"A filosofia faz progressos não por ser mais rigorosa, mas por se tornar mais imaginativa".
- Richard Rorty*

Esse capítulo apresenta a formulação de uma questão de pesquisa em aberto: os critérios para avaliação da qualidade de um conhecimento usando a perspectiva da engenharia. Inicialmente se irá formular o problema em filosofia da engenharia por analogia com a filosofia da ciência, para em seguida expor a temática de pesquisa por meio de um diagrama, discutir a visão da ciência sobre esse diagrama e apresentar, por fim, um exemplo completo para discussão do uso do diagrama como ferramenta cognitiva para se pensar na questão da avaliação de conhecimentos em engenharia.

6.1 Formulação do problema usando a analogia com filosofia da ciência

“Vieram duas prostitutas apresentar-se ao rei. Uma delas disse: “ouve, meu senhor: esta mulher e eu habitamos na mesma casa, e eu dei à luz junto dela, no mesmo aposento. Três dias depois, deu também ela à luz. Ora, nós vivemos juntas, e não havia nenhum estranho conosco nessa casa, pois somente nós duas estávamos ali. Durante a noite morreu o filho dessa mulher, porque o abafou enquanto dormia. Levantou-se ela então, no meio da noite, e enquanto a tua serva dormia, tomou o meu filho que estava junto de mim e o deitou em seu seio, deixando no meu o seu filho morto. Quando me levantei pela manhã para amamentar o meu filho, encontrei-o morto; mas, examinando-o atentamente à luz, verifiquei que não era o filho que eu dera à luz”. - “É mentira! replicou a outra mulher, o que está vivo é meu filho; o teu é que morreu”. A primeira contestou: “Não é assim; o teu filho é o que morreu, o que está vivo é o meu”. E assim disputavam diante do rei.

O rei disse então: “Tu dizes: é o meu filho que está vivo, e o teu é o que morreu; e tu replicas, não é assim; é o teu filho que morreu, e o meu é o que está vivo. Vejamos, continuou o rei; trazei-me uma espada”. Trouxeram ao rei uma espada. “Cortai pelo meio o menino vivo, disse ele, e dai metade a uma e metade à outra”. Mas a mulher, mãe do filho vivo, sentiu suas entranhas enternecerem-se e disse ao rei: “Rogo-te, meu senhor, que dês a ela o menino vivo; não o mateis”; a outra, porém, dizia: “Ele não será nem teu, nem meu; seja dividido”! Então o rei pronunciou o seu julgamento: “Dai, disse ele, o menino vivo a essa mulher; não o mateis, pois é ela a sua mãe”.

Todo o Israel, ouvindo o julgamento pronunciado pelo rei, encheu-se de respeito por ele, pois via-se que o inspirava a sabedoria divina para fazer justiça”. (Reis, 3:16-28).

Como separar o joio do trigo?

O problema bíblico, com o qual teve que lidar o Rei Salomão também é o nosso problema. Quando existem duas versões, duas ideias, duas teorias, como saber qual é a errada? Se fossemos o Rei Salomão, seria fácil: dividir a criança ao meio, metade para cada mãe, e a verdade se revelará. Mas nem sempre podemos fazer isso.

O debate em filosofia da ciência sobre como separar ciência e pseudociência possui ao menos quatro vozes relevantes: Karl Popper, Thomas Kuhn, Paul Feyerabend e Imre Lakatos.

Numa leitura sobre Popper, Lakatos (1978) distingue três entendimentos possíveis das ideias: Popper₀, Popper₁ e Popper₂. Popper₀, o falsificacionista dogmático⁷⁹. Esse para Lakatos (1978:93), nunca foi Popper, embora alguns maus leitores o tenham entendido dessa forma. O segundo é Popper₁, o falsificacionista ingênuo⁸⁰. Popper₂, por sua vez, é o falsificacionista sofisticado. Lakatos (1978:94) afirma que “o Popper real consiste do Popper₁ com alguns elementos de Popper₂”⁸¹.

Thomas Kuhn, por sua vez, introduz a ideia de paradigmas. Para Kuhn (1996), há, no desenvolvimento da história da ciência, momentos pré-paradigmáticos, onde ainda não se formou um padrão ou teoria hegemônica que domina a forma pela qual um fenômeno é entendido. Surge, então, uma teoria dominante, um paradigma. Com o passar do tempo, surgem anomalias, isto é, conteúdos empíricos⁸² não explicados ou previstos pelo paradigma. Com o acúmulo de anomalias, irracionalmente, se instala um período de crise nos cientistas, que ficam insatisfeitos com as explicações atuais e, com isso, nasce um novo paradigma, configurando-se assim uma revolução científica. Lakatos (1978:3-4) rebate essa ideia ao afirmar que a mudança não é irracional e que

⁷⁹ Para Lakatos (1978:13), esse posicionamento se caracteriza pela busca de um experimento crucial, que consiga ser planejado anteriormente, e caso os resultados contradigam a teoria, a mesma tem que ser abandonada.

⁸⁰ Numa síntese, Lakatos (1978:31) afirma que esse posicionamento significa aceitar que qualquer teoria que se abra à refutação experimental é científica.

⁸¹ Popper₂ é, portanto, a projeção do que Lakatos gostaria que Popper tivesse sido. Dessa forma, o posicionamento de falsificacionismo metodológico sofisticado fornece bases para a teoria de Lakatos, dos Programas de Pesquisa Científicos. Esse posicionamento será explícito na visão de Lakatos de como separar ciência e pseudociência.

⁸² Ou teóricos.

essa visão ignora a tenacidade das teorias científicas⁸³, ou seja, que os cientistas não mudam de opinião e abandonam seus velhos paradigmas por causa de anomalias.

Paul Feyerabend defende a ideia do “Tudo Vale”⁸⁴. Feyerabend (1993) defende que os cientistas fazem ciência com tudo aquilo que têm disponível, incluindo seus vícios, virtudes, preconceitos, crenças, influência política, riqueza e poder. Isso elimina a ideia “romântica” do cientista bom, que sempre acredita na verdade e nas melhores opiniões independente de seu ego.

Imre Lakatos, nesse debate, parece ter a melhor visão. Ou, pelo menos, uma excelente visão. Lakatos (1978), criticando e indo além de Popper e Kuhn, complementando Feyerabend⁸⁵, propõe a ideia da Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica. Esses programas são teorias concorrentes, formadas por um “núcleo duro” - as hipóteses que, se forem refutadas, derrubam completamente o programa e que, por isso, seus criadores decidiram que essas não seriam abertas à discussão - e por um “cinturão protetor”, que são hipóteses auxiliares criadas para explicar ou prever as anomalias⁸⁶ com as quais o programa tem dificuldade de lidar.

Na arena da ciência, Lakatos (1978) afirma que os cientistas escolhem a que programa aderir por uma decisão mais “humana” e menos “romântica”, idealizada (convergindo com Feyerabend). Cientistas podem, assim, defender programas regressivos, ou seja, aqueles que estão tendo mais dificuldades de lidar com anomalias, em detrimento de programas progressivos, somente porque acreditam que esse cenário pode mudar - ou porque seus egos, por qualquer motivo que seja, não os permitem mudar para um programa progressivo.

Apesar da riqueza dessa visão de Lakatos, talvez a contribuição definitiva desse autor para a discussão de como diferenciar o joio do trigo, para além da resposta até aqui (faça aquilo que seu ego mandar) é definir o que caracteriza um programa de pesquisa

⁸³ Essa crítica é feita à visão de Popper sobre o falsificacionismo dogmático, mas pode ser estendida à visão de Kuhn, já que Lakatos assume que Kuhn percebe e entende a ideia de falsificacionismo de Popper (Lakatos: 1978,4).

⁸⁴ Essa ideia foi de certo modo incompreendida. A leitura mais usual, popularizada, é de que tudo vale para qualquer um. O que Feyerabend defende, entretanto, é que tudo vale para e somente para aquele que é cientista. Portanto, Feyerabend não critica a ideia de ciência e nem o mérito do cientista, como pode sugerir para aqueles que só leem o título de seu livro, “contra o método”, e acham que entenderam tudo que iria ser dito só por isso.

⁸⁵ Lakatos e Feyerabend eram amigos e possuem uma vasta obra escrita em cartas, num debate filosófico prolífico, até que Lakatos o interrompeu antes do seu fim, pois morreu tragicamente. Talvez por isso Lakatos seja o menos conhecido dos quatro autores, embora sua importância fique bastante clara para qualquer um que leia seus trabalhos.

⁸⁶ “Anomalia” pode ser entendida como evidências empíricas contrárias à teoria ou qualquer outro elemento que contradiga a teoria de alguma maneira.

científico progressivo e regressivo. Com isso, um pesquisador que optar por um programa regressivo poderá fazê-lo. Mas caso faça, não entrará enganado, achando que esse programa regressivo estava progredindo. Lakatos (1978) coloca:

“uma teoria científica T é falsificada se e somente se foi proposta outra teoria T’ com as seguintes características: (1) T’ apresenta, comparativamente a T, um conteúdo empírico adicional. Ou seja, prediz novos fatos, improváveis ou mesmo proibidos à luz de T; (2) T’ explica os resultados prévios de T, ou seja, todo conteúdo não refutado de T é incluído (dentro dos limites do erro observacional) no conteúdo de T’; e (3) algo do conteúdo adicional de T’ é corroborado” (LAKATOS, 1978: 32).

Essa visão de Lakatos (1978), cabal para o debate de como separar ciência e pseudociência, ganhou um complemento notável na obra de Mario Bunge. Bunge (1983) materializa a proposta de Lakatos em variáveis, definindo os termos através dos quais julgar o quão progressivo é um programa de pesquisa.

Bunge (1983b:91) diferencia um campo de investigação e um campo de crenças. Para Bunge (1983b:90-91):

“Um campo $\mathcal{E} = \langle C, S, D, G, F, B, P, K, A, M \rangle$ é um campo epistêmico (ou campo de conhecimento) se, num momento do tempo:

1. C, a Comunidade de pesquisa de \mathcal{E} , é um sistema composto de pessoas que receberam um treinamento especializado, mantêm vínculos de informação fortes entre elas e iniciam ou continuam uma tradição de investigação.
2. S é a Sociedade (em sentido amplo, com sua cultura, economia e política) que hospeda C e encoraja ou ao menos tolera as atividades dos componentes de C.
3. D, o Domínio ou universo de discurso de \mathcal{E} , é a coleção de objetos de estudo de \mathcal{E} ;
4. G, a visão Geral ou plano de fundo filosófico de \mathcal{E} , é composto por teses ontológicas (acerca da natureza dos D’s), princípios epistemológicos (sobre a natureza de investigação nos D’s) e regras éticas (sobre o próprio comportamento dos investigadores em C).
5. F, o plano de fundo Formal de \mathcal{E} , é a coleção de teorias lógicas e matemáticas que são ou podem ser usadas pelos membros de C, estudando os D’s.
6. B, o Background (plano de fundo) específico de \mathcal{E} , é a coleção de itens de conhecimento obtidos em outros campos de investigação e usáveis pelos C’s para estudar D’s.
7. P, a Problemática de \mathcal{E} , é a coleção de problemas (atuais ou potenciais) que podem ser investigados pelos C’s.
8. K, a base de Conhecimento de \mathcal{E} , é a coleção de itens de conhecimento utilizados por C e obtidos por ele em tempos anteriores;

9. A é o conjunto de Objetivos ou Metas dos membros de C com relação aos seus estudos de D's.

10. M, a Metodica (usualmente chamado erroneamente de 'Metodologia') de £, é o conjunto de métodos utilizáveis pelos membros de C em seus estudos de D's.

11. Existe pelo menos um outro campo de pesquisa (contíguo) £', na mesma família de campos de investigação, tal que (a) £ e £' compartilhem alguns itens em seus G, K, A ou M (visão geral, base de conhecimento, objetivos ou metodica); (b) ou o Domínio D de um dos dois campos, £ e £', está inserido no outro, ou cada membro do domínio de um dos campos é um componente de um sistema no domínio do outro.

12. A adesão de cada um dos oito últimos componentes de £ mude, mesmo que devagar, como resultado das investigações no mesmo campo ou em campos correlatos" (BUNGE, 1983b: 90-91).

A partir dessa definição, Bunge (1983b) expande esse conceito e define o que é um programa de pesquisa científico e pseudocientífico. Bunge, a esse respeito, afirma que:

“Qualquer campo de pesquisa que falhe, ainda que aproximadamente, para satisfazer todas as 12 condições acima será não científico. Um campo de pesquisa que as satisfaça aproximadamente pode ser chamado de protociência ou semiciência. E se, em adição, ele estiver evoluindo em direção a atender a todos os requisitos, o campo pode ser chamado de ciência emergente ou em desenvolvimento. Por outro lado, se qualquer campo de pesquisa é não científico, mas é vendido e propagandeado como científico, ele será chamado de pseudocientífico (ou ciência falsa ou de araque⁸⁷)” (BUNGE, 1983b: 203).

As 12 condições a que Bunge se refere estão apresentadas na tabela abaixo. Na primeira coluna, as 12 condições que tornam um campo de pesquisa científico. Na segunda, as condições que o tornam pseudocientífico.

Tabela 11 - Condições para declarar um campo de pesquisa científico ou pseudocientífico

#	Campo científico	Campo pseudocientífico
i	A comunidade de pesquisa C tem as mesmas características daquelas em qualquer outro campo de pesquisa.	C é uma comunidade de crentes que se chamam cientistas ou tecnologistas, ainda que eles não conduzam nenhuma pesquisa científica ou tecnológica.

⁸⁷ Uma tradução livre para a palavra inglesa “*phony*”, que tem o sentido de falso, impostor, uma imitação barata.

#	Campo científico	Campo pseudocientífico
ii	A sociedade hospedeira S de C tem as mesmas características daquelas em qualquer outro campo de pesquisa.	A sociedade hospedeira S suporta C por razões práticas (p. ex., porque £ é um bom negócio) ou tolera C enquanto a relega além da fronteira de sua cultura oficial;
iii	O domínio D de £ é composto exclusivamente (de forma certificada ou putativamente) por entidades reais (ao invés de, digamos, ideias flutuando livremente) do passado, presente ou futuro.	O domínio D de £ contém entidades irreais ou ao menos não certificadamente reais, tais como influências astrais, pensamentos sem corpo, superegos, consciências coletivas, vontade nacional, UFOs e outros parecidos.
iv	A visão geral G de £ consiste de: (a) uma ontologia de coisas que mudam (ao invés de, digamos, uma de coisas fantasmas ou imutáveis); (b) uma epistemologia realística (ao invés de, digamos, uma idealística ou convencionalista) e (c) do <i>ethos</i> ⁸⁸ de busca livre por verdade, profundidade e sistema (ao invés de, digamos, o ethos de fé ou de busca restrita por utilidade, lucro, poder ou consenso).	A visão geral G de £ inclui ou: (a) uma ontologia com aparência de entidades ou processos imateriais, como espíritos descorporizados, ou (b) uma epistemologia que dá espaço a argumentos de autoridade, ou para modos de cognição paranormais acessíveis somente aos iniciados ou àqueles treinados a interpretar certos textos canônicos, ou (c) um ethos que, ao invés de facilitar a busca livre pela verdade, recomenda a ferrenha defesa do dogma, incluindo fraudes caso seja necessário.
v	O plano de fundo Formal F de £ é uma coleção de teorias lógicas e matemáticas atualizadas (ao invés de ser vazio ou formado por teorias formais obsoletas).	O plano de fundo formal F de £ é um tanto modesto. A lógica nem sempre é respeitada, a modelagem matemática é a exceção ao invés da regra. Os poucos modelos matemáticos que foram propostos (p. ex. para fenômenos psíquicos) são intestáveis e portanto falsos.

⁸⁸ Para a enciclopédia Britannica Online, o conceito de *ethos* sempre é definido em contraste com o de *pathos*. *Ethos* significa para os autores da renascença o caráter, enquanto *pathos* significa o apelo emocional, enquanto que para os autores gregos clássicos *ethos* é a emoção que o falante ou escritor exprime ao falar, enquanto *pathos* são as emoções que o autor tenta incutir em sua audiência (ethos, 2010). Nesse caso, parece que tanto uma quanto outra definição de *ethos* são aplicáveis para se entender Bunge: tanto o caráter quanto a emoção de busca pela verdade.

#	Campo científico	Campo pseudocientífico
vi	O plano de fundo específico B de £ é uma coleção de dados, hipóteses e teorias atualizadas e razoavelmente bem confirmadas (ainda que corrigíveis), e de métodos de pesquisa razoavelmente efetivos, obtidos em outros campos de pesquisa relevantes para £.	O Plano de fundo específico B de £ é muito pequeno ou nulo: uma pseudociência aprende pouco ou nada de outros campos de conhecimento. Assim como contribui pouco ou nada para o desenvolvimento de outros campos.
vii	A Problemática P de £ consiste exclusivamente de problemas cognitivos envolvendo a natureza (em particular as leis) dos membros de D, assim como problemas envolvendo outros componentes de £.	A problemática P de £ inclui mais problemas práticos envolvendo a existência humana (em particular, como se sentir melhor e influenciar outras pessoas) do que problemas cognitivos (a maior parte das pseudociências são melhores descritas como pseudotecnologias).
viii	A Base de conhecimento K de £ é uma coleção de teorias, hipóteses e dados atualizados e testáveis (ainda que não definitivos), compatíveis com aqueles em B, obtidos pelos membros de C em tempos anteriores.	A base de conhecimento K de £ é praticamente estagnada e contém inúmeras hipóteses não testadas e até mesmo falsas em conflito com hipóteses científicas bem confirmadas. E ela não contém nenhuma hipótese universal e bem confirmada que pertença a sistemas hipotético-dedutivos, tais como declarações de leis.
ix	As metas A dos membros de C incluem descobrir ou usar as leis dos D's, sistematizar hipóteses (em teorias) sobre D's e refinar métodos em M.	As metas A dos membros de C são geralmente práticas ao invés de cognitivas, em consonância com sua problemática P. E eles não incluem metas típicas da pesquisa científica, nominalmente acharem leis e seus usos para entender e prever fatos.
x	A Metodica M de £ consiste exclusivamente de procedimentos escrutáveis (checáveis, analisáveis, criticáveis) e justificáveis (explicáveis), em primeiro lugar o método científico.	A Metodica M de £ contém procedimentos que não são checáveis por procedimentos (em particular, científicos) alternativos e nem são justificáveis por teorias bem confirmadas. Em particular, críticas não são bem recebidas por pseudocientistas e pseudotecnologistas.

#	Campo científico	Campo pseudocientífico
xi	Há pelo menos um outro campo de pesquisa científico contíguo com as características gerais notadas com referência a campos de pesquisa em geral.	Não há outro campo de conhecimento, a não ser possivelmente alguma outra pseudociência ou pseudotecnologia, que tenha interseção com £ e esteja assim numa posição de enriquecer e controlar £. Ou seja, toda pseudociência e toda pseudotecnologia são praticamente isoladas: não há algo como um sistema de pseudociências e pseudotecnologias.
xii	A adesão de cada um dos oito últimos componentes de £ muda, ainda que lentamente, como resultado da pesquisa científica no mesmo campo assim como em campos relacionados de investigação científica.	A adesão de cada um dos oito últimos componentes de £ muda, mas pouco ao longo do tempo e, quando muda, muda apenas em alguns aspectos e como resultado de controvérsias ou pressões externas ao invés de por pesquisas.

Fonte: Bunge (1983b:202-203) e Bunge (1983b: 223-224), respectivamente.

Nota-se, portanto, que no campo da ciência há a profundidade teórica provinda dos critérios de Lakatos-Bunge. Entretanto, engenharia não é ciência. A ciência busca explicar, entender fenômenos, de modo que um bom conhecimento científico é aquele que descreve melhor, explica melhor ou prevê melhor. Para esse contexto, a forma de avaliar colocada por Lakatos-Bunge é satisfatória. A engenharia, por outro lado, busca alterar uma determinada realidade, é inserida numa outra lógica filosófica de atuação (o Princípio da Razão Insuficiente). “O mais científico” não é o critério para juízo de valor em engenharia. Nesse contexto, para separar ciência e pseudociência, há a resposta de Lakatos-Bunge. Contudo, isso não se aplica a engenharia. O que, então, diferencia o conhecimento em engenharia?

6.2 Uma proposta de *framework* para auxiliar a formulação das perguntas de pesquisa

Antes de tudo, é necessário separar o problema de juízos de valor em engenharia em duas partes: primeira, a avaliação de soluções técnicas ou artefatos construídos pela engenharia - como avaliar uma solução técnica em engenharia? Segunda, a avaliação dos conhecimentos disponíveis para um problema, ou seja, como diferenciar as heurísticas para um problema⁸⁹?

Nesse trabalho se estará particularmente interessado em discutir essa segunda parte⁹⁰. Ou seja, se um engenheiro está diante de um problema e tem que escolher que heurística usar, como ele irá escolher? Como separar a heurística adequada? A figura abaixo apresenta uma síntese para esse problema.

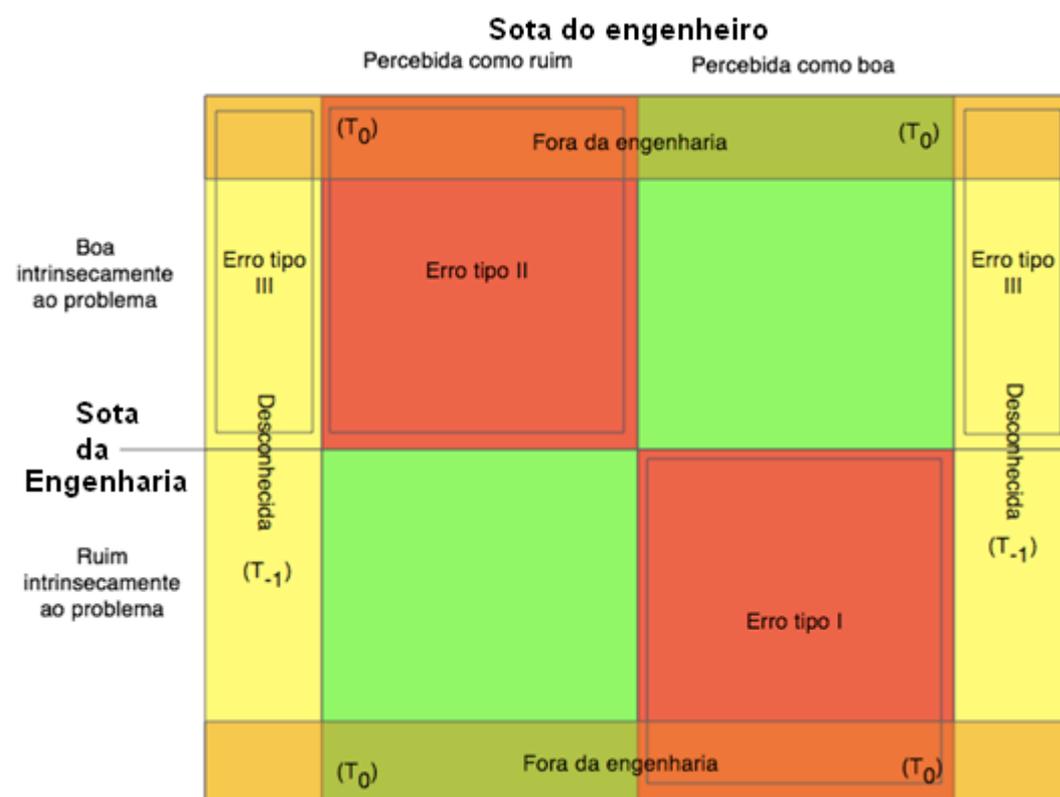


Figura 4 - Síntese esquemática do problema de avaliação de heurísticas em engenharia

Fonte: O Autor

⁸⁹ Nesse caso, está se assumindo a premissa colocada por Koen (2003), de que todo conhecimento em engenharia é heurístico. Portanto, conhecimento e heurística serão sinônimos nesse contexto.

⁹⁰ A primeira parte da discussão, como avaliar artefatos tecnológicos, está sendo discutida pela comunidade de Filosofia da Tecnologia. Boa parte das discussões nesse assunto são sobre a neutralidade ou não das tecnologias e o papel social da mesma, como discutido na seção 2.3.3). Portanto, considerou-se mais relevante formular uma pergunta que ainda não estava sendo tratada, sobre o conhecimento em si usado e gerado na engenharia, e não sobre os resultados finais do trabalho do engenheiro.

O primeiro elemento a se diferenciar é o sota do engenheiro e o sota da engenharia. O sota da engenharia envolve também heurísticas que não são conhecidas pelo engenheiro (ou pelo grupo de engenheiros trabalhando no problema). Nota-se, também, que para um problema, engenheiros usam heurísticas que estão fora do que se costuma chamar de “engenharia”. Na figura, as regiões mais externas localizam essa visão.

Separando horizontalmente a figura, há a ideia de que existem heurísticas intrinsecamente “boas” e “ruins” para um determinado problema. Na vertical há a ideia de que o engenheiro (ou o conjunto) pode avaliar algumas heurísticas, dentro de sua percepção, como boas ou como ruins.

Desse cruzamento, nascem algumas regiões:

1. Heurísticas intrinsecamente boas, que o engenheiro reconhece como boas (quadrante superior direito). O engenheiro utiliza essas heurísticas para sua ação.
2. Heurísticas intrinsecamente ruins, que o engenheiro reconhece como ruins (quadrante inferior esquerdo). Aqui, o engenheiro também acerta, pois não utiliza heurísticas que seriam ruins para o problema.
3. Heurísticas intrinsecamente ruins, que o engenheiro reconhece como boas (quadrante inferior direito). Aqui acontece o primeiro tipo de problema, que foi denominado erro tipo I: usar heurísticas ruins porque, por um erro de julgamento, considerou que elas seriam adequadas.
4. Heurísticas intrinsecamente boas, que o engenheiro reconhece como ruins (quadrante superior esquerdo). Aqui acontece o erro tipo II: não usar heurísticas que seriam boas porque, por um erro de julgamento, considerou-se que elas seriam ruins.
5. Heurísticas intrinsecamente boas, mas que o engenheiro desconhece (cantos esquerdo e direito da figura). Denominou-se esse tipo de erro de tipo III: não conhecer heurísticas que seriam aplicáveis ao problema⁹¹.

⁹¹ Vale notar que essas heurísticas são sempre conhecidas em momentos anteriores ao da tomada de decisão (indicado pelo T-1 da figura). Isso se relaciona com a visão de Koen (2003) de sota é condicionado pela pessoa e data, não podendo se culpar o engenheiro por desconhecer algo não disponível no sota da engenharia para o momento no qual a decisão é tomada.

Dessa figura, que tem o objetivo de expor melhor o problema de como avaliar a boa e a ruim heurística do ponto de vista da engenharia, pode-se levantar algumas perguntas (conjuntos de perguntas, para ser mais preciso) importantes:

1. A ideia de heurísticas intrinsecamente boas ao problema⁹² é verdadeira? Para todo e qualquer tipo de problema? Para um subconjunto de problemas? O que caracteriza esse subconjunto para o qual é válida a existência de heurísticas “boas”? Aparentemente, há heurísticas que “qualquer engenheiro” diria que são superiores a outras em problemas específicos. Se é válida a ideia de heurísticas intrinsecamente boas, como determinar o que é uma boa heurística? Somente uma análise a posteriori (se deu certo, era boa; se deu errado, não era)?
2. Como fazer com que os engenheiros percebam corretamente o valor de cada heurística (para evitar os erros tipo I e II)? O que influencia a percepção do engenheiro sobre o valor de uma heurística? Como melhor conseguir mostrar o valor de uma heurística, de forma que o engenheiro com quem se dialoga consiga perceber esse valor mais facilmente?⁹³ Quais são as heurísticas de julgamento de valor de um engenheiro? Como se ensina isso a um engenheiro - julgar melhor? Isso é ensinável por métodos que acelerem o processo de aprendizado?⁹⁴
3. Como aumentar a quantidade de heurísticas conhecidas pelo engenheiro (para evitar o erro tipo III)? Qual deve ser a importância relativa de criar meios de aumento da quantidade de heurísticas conhecidas pelo engenheiro no contexto da formação de graduação de um engenheiro? Que tipo de mecanismo ou ferramentas coletivas de acumulação de conhecimento podem fazer aproximar cada vez mais o sota de um engenheiro - ou grupo - do sota da engenharia⁹⁵?

⁹² Importante: quando se fala “problema”, se está referindo ao problema de engenharia como Koen (2003: 7) definiu: causar a melhor mudança numa situação pobremente entendida dentro dos recursos disponíveis. Portanto, “boa” é aquela que se adequa a esse “problema” mais amplo.

⁹³ Koen (2003: 57) afirma que “conhecer a melhor heurística é usar a melhor heurística”. Contudo, propõe-se que isso só é verdade se o engenheiro conseguiu perceber corretamente o valor da melhor heurística que tem em mãos; senão, ele usará aquela que ele percebe como a melhor, mesmo não a sendo.

⁹⁴ De maneira geral, esse segundo conjunto de perguntas parece se aproximar enormemente de perguntas discutidas pelas ciências cognitivas, relativas a como o ser humano pensa, decide e atribui valor a ideias.

⁹⁵ Sobre esse assunto “ferramentas”, é notório reconhecer a importância do *PubMed* para a comunidade de medicina e ciências da saúde em geral. Todo tipo de médico, incluindo os praticantes, usam o *PubMed* como ferramenta de consulta para o sota da medicina. Na engenharia não se possui ferramenta como essa. É uma questão de pesquisa em história por que não há um “PubEng” e se valeria a pena construir um, e como. Ainda que exista o Compendex para a engenharia, ele não possui todos os periódicos relevantes para muitos assuntos.

Uma vez formulado esse conjunto de perguntas, se mostrará como a ciência responderia a esses três conjuntos de perguntas, de forma a evidenciar que as respostas da ciência não são aplicáveis para o ponto de vista da engenharia - e que ainda não se tem resposta do ponto de vista da engenharia para as mesmas, se tratando, portanto, de legítimas perguntas em aberto em Filosofia da Engenharia.

6.2.1 Análise da visão da ciência para as perguntas de pesquisa

O primeiro grupo de questões, sobre a existência de heurísticas intrinsecamente boas ao problema - conhecimentos intrinsecamente bons, para transpor ao vocabulário do cientista - um cientista responderia que existe. Embora Gödel tenha comprovado que não há conhecimento que produza verdade dentro de si (KOEN, 2003: 130), o “bom” conhecimento pode ser aquele que, pelo critério de Lakatos-Bunge, seja o que mais se aproxima da verdade. Há, sim, regras para diferenciar ciência de pseudociência, programas de pesquisa progressivos e programas de pesquisa regressivos. Naturalmente, entretanto, assim como se formulou na figura de síntese, há quem possa julgar que um programa progressivo seja regressivo; há quem possa desconhecer um programa progressivo; há quem possa julgar um regressivo como progressivo. As pessoas podem opinar, mas a ciência possui um critério universal e único, absoluto, de julgamento: a aproximação com a verdade. A engenharia, por outro lado, é uma balança sem fiel: seu critério é a vontade. E vontade é algo que, até mesmo para quem trabalha sob a égide do Princípio da Razão Suficiente, depende do observador.

O segundo grupo de questões, como fazer com que engenheiros percebam corretamente o valor de cada heurística - transpondo, como fazer com que os cientistas avaliem programas intrinsecamente progressivos e regressivos como tal - não é o maior problema da ciência. Cientistas que defendem programas regressivos em problemas de pesquisa alimentam inverdades. Engenheiros que usam heurísticas ruins em projetos de engenharia matam pessoas. Um programa de pesquisa regressivo em ciência gera simplesmente algo que não funciona. A ideia do flogisto como base do processo de combustão, no pior dos casos, produz um motor que não funciona. O engenheiro, quem realmente usa a ideia do flogisto, irá então usar outra teoria para embasar sua criatividade prática e pode então produzir um motor que funcione -

usando outro princípio científico que não o do flogisto (princípio esse que pode ser certo ou errado do ponto de vista da verdade intrínseca - independente). Entretanto, um engenheiro que usa a heurística “cada pessoa num elevador de 6 lugares vai ‘pesar’ no máximo 80 kg” pode matar a todos. O que se quer dizer com esses exemplos é que no caso da engenharia o problema do juízo de valor do conhecimento é muito mais grave do que no da ciência, pelo potencial destrutivo que um engenheiro tem em mãos⁹⁶.

Ao terceiro grupo de questões, como aumentar a quantidade de heurísticas conhecidas, a ciência responderia que não é de interesse do cientista aumentar a quantidade de heurísticas que ele conhece porque uma teoria científica arroga um fim em si mesma. Newton, por exemplo, quando criou as 3 leis da mecânica clássica não criou uma quarta: “isso será válido até vir outro e derrubar a minha ideia”. Até por estar inserida na lógica que se definiu antes como Princípio da Razão Suficiente (Goldman, 2004), uma teoria científica nega a contingência que se comprova historicamente, se afirmando em seu contexto histórico como O discurso DA verdade⁹⁷. Um engenheiro, inserido no Princípio da Razão Insuficiente (Goldman, 2004), é menos pretensioso (a menos de problemas de ego). Ele sabe que aquela é uma boa solução para o problema, mas que se você o der mais recursos e mais 6 meses de prazo, ele pode (ou não) conseguir lhe surpreender e trazer algo bem melhor. E tudo bem.

6.2.2 A visão da ciência para Pierre Duhem e Willard Van Orman Quine

Há, ainda, na formulação desse problema, um questionamento perspicaz que vem desde a filosofia da ciência sem resposta - a tese de Duhem-Quine (Lakatos, 1978: 96-101). Essa ideia afirma que quando cientistas confrontam uma teoria com os experimentos práticos, se a empiria contradiz a teoria, o que está sendo contradito é o todo, e não apenas uma parte da teoria. “Todo”, nesse caso, quer dizer: as hipóteses

⁹⁶ O leitor leigo em engenharia poderá pensar que um cientista constrói por exemplo bombas atômicas, e isso pode ser mais letal do que qualquer prédio ou elevador projetado por engenheiro. Vale notar que um cientista que construa uma bomba atômica está trabalhando em outro modo de atuação, não mais como cientista buscando a verdade, mas sim mais próximo a um engenheiro buscando uma vontade. O que vai de fato fazê-lo ser engenheiro, e não um artesão, inventor ou homem das cavernas é o uso das heurísticas de engenharia, que conferem segurança, sistematicidade e aumentam a taxa de sucesso da consecução dos resultados desejados.

⁹⁷ É importante notar que esse trabalho se alinha com a visão filosófica contingencialista acerca do tema verdade. Portanto, embora trate do tema e aqui se repita verdade em inúmeros momentos, reforça-se que aqui se defende que a verdade não é única, estando sempre inserida num determinado discurso, e que esse, por axioma, não produz verdade.

formuladas acerca do problema; os resultados previstos; a teoria observacional que permite que o fenômeno seja percebido; a montagem e o contexto do experimento; as condições iniciais de cada componente do experimento; o desenrolar da experiência, incluindo as eventuais ações de cada cientista participante; tudo mais que cerca a teoria e o experimento. Daí nasce um problema: dado que os fatos mostram que a teoria está errada, como o cientista pode saber qual parte da teoria está errada?

Para Duhem e Quine (Lakatos, 1978:96-101), nasce daí uma discussão irracional. Um cientista que defenda efusivamente a verdade imanente a uma teoria irá argumentar que o problema está na teoria observacional subjacente ao fenômeno - trata-se de um erro de observação pela incapacidade do humano em perceber os resultados, e não um erro da teoria ela mesma. Ou então culpará o próprio experimento (nesse caso, o cientista brigará com a sistematicidade do método científico adotado no experimento, sendo a via menos aconselhável). Ou então criará um adendo na sua teoria, que explica o fenômeno. Tudo, menos aceitar a refutação da teoria. Outro, que não defende aquela teoria, irá dizer que o problema é dela mesmo, que a teoria observacional e o experimento estavam perfeitos. Moral da história: tão longe a criatividade do cientista consiga ir, a teoria em si não será refutada.

Com sua inclusão nesse debate, a tese de Duhem-Quine mostra que a ciência é uma arena política, não somente racional, com variáveis outras além da busca da verdade. E mostra além. Mesmo que se esteja num mundo perfeito, com cientistas completamente desinteressados politicamente, que queiram somente a verdade, uma refutação, parcial que seja, por um experimento, pode gerar interpretações diferentes do que teria sido a causa dos erros. Nasce, daí, nesse momento, a contingência: A verdade, agora, está fragmentada em cada discurso, que irá arrogar para si ser O discurso DA verdade. Quantas verdades existirão? Tantas quanto a quantidade de discursos. Quanto mais criatividade, mais verdades. Quanto mais verdades, menos Verdade. Essa é uma possível interpretação acerca da leitura de Lakatos sobre a tese de Duhem-Quine (Lakatos, 1978:96-101), essa atacando frontalmente a negação da contingência da verdade em ciência.

Essa situação, no plano da engenharia, se relaciona com a própria experiência e o aprendizado daí decorrente. Sota_{engenheiro, data} mostra que com mais tempo, não por medida cronológica, mas sim por medida de experiência, pessoal ou não, mais sota. Com a tese de Duhem-Quine, exacerba-se o fato de que um engenheiro aprende, da experiência, aquilo que quiser. Simples como pareça, profundo como é, o sota de dois

engenheiros, mesmo que sejam irmãos gêmeos, submetidos à mesma educação e às mesmas experiências práticas, será diferente, porque cada um interpretará cada experiência de uma forma e atribuirá causas diferentes.

Essa breve discussão reforça ainda mais a importância do estudo das heurísticas de valor na formação de um engenheiro e mostra que não é apenas a experiência, mas sim que os fatores determinantes sobre como se dará o registro de aprendizado daquela heurística em sua mente são (1) a construção psicológica pelo engenheiro do valor da experiência e (2) a atribuição de causas aos resultados que ele pensa que observa. E isso tudo, que é o que nos importa, pode variar, sendo contingente.

6.2.3 Inserção do problema na comunidade de pesquisa

A comunidade de pesquisa na qual se insere esse trabalho - aquela que discute filosofia da engenharia - considera que a questão aqui colocada existe e ainda está em aberto, com alguns autores que afirmam que essa é uma discussão necessária.

Van de Poel (2009: 885), ao apresentar quatro assuntos interessantes para a filosofia de engenharia, defende que os critérios de julgamento do conhecimento para engenharia e ciência são diferentes, ao afirmar que:

“Uma quarta categoria de valores relevante para a engenharia é o valor epistêmico⁹⁸. Se alguém assumir que ciência e engenharia possuem objetivos diferentes (conhecimento *versus* produtos úteis⁹⁹), então a tese de que ciência e engenharia são caracterizadas por valores epistêmicos diferentes tem ao menos plausibilidade *prima facie*. A *Engineering science*, no entanto, não se encaixa adequadamente nesse *framework* porque ela geralmente possui objetivo de obter conhecimento para o projeto de artefatos úteis” (VAN de POEL, 2009:885).

Mais do que isso, ele apresenta que além de existir, o problema também está em aberto e que são necessários mais trabalhos nesse assunto:

“Em última análise, é difícil encontrar na literatura uma exploração sistemática das diferenças epistêmicas relevantes entre ciência e *Engineering Sciences*¹⁰⁰ que explique por que não há um capítulo separado em valores epistêmicos em engenharia nessa parte [do

⁹⁸ No original, epistemic.

⁹⁹ “produtos úteis” demonstra a centralidade da ideia de engenharia como artefatos tecnológicos, o que exclui a engenharia de produção, na visão de Van de Poel.

¹⁰⁰ O que evidencia, dentre outras coisas, que Koen (2003) e Vincenti (1993) são, por algum motivo, pouco lidos, já que os mesmos parecem cumprir apropriadamente o papel de introduzir essa discussão, que tentou se aprofundar nesse capítulo.

livro do qual o capítulo escrito pelo autor faz parte]. Obviamente, ainda há muitos trabalhos interessantes a serem feitos no assunto de valores epistêmicos em engenharia” (VAN de POEL, 2009:885).

Pitt (2000), por sua vez, ressalta a importância da epistemologia para a tecnologia e afirma que seu trabalho é uma contribuição para mostrar que esse assunto é mais importante que a discussão de crítica social da tecnologia¹⁰¹:

“É amplamente aceito que a tecnologia é uma característica importante da cultura contemporânea. Nesse livro eu vou argumentar, entre outras coisas, que a tecnologia é mais do que isso; é uma característica definidora da condição humana. É, dessa forma, responsabilidade da filosofia, a forma de questionamento mais adequada a focar nosso pensamento sobre as “grandes” questões, entender melhor a tecnologia e nos ajudar a entender seus usos, bem como seus impactos em nossas vidas e valores.

Infelizmente, o tipo de atenção que os filósofos contemporâneos geralmente dão para assuntos de tecnologia consistem primariamente em crítica social. Os tratamentos de tecnologia pós 2a Guerra Mundial tem sido primariamente negativos, tomando a forma de denúncias críticas dos efeitos negativos da tecnologia nos valores humanos e na vida humana.

Esse livro apresenta uma defesa para a prioridade lógica de assuntos epistemológicos acima da crítica social na “ordem do conhecimento”¹⁰²” (PITT, 2000: vii-viii).

Além disso, Pitt (2000) afirma e justifica a relevância exatamente da questão aqui colocada - como saber se um conhecimento é válido, para o caso da tecnologia:

“Entender o que sabemos sobre tecnologia, e entender como sabemos que o que sabemos é confiável, são os pré-requisitos para oferecer avaliações bem feitas dos efeitos das tecnologias e inovações tecnológicas no nosso mundo e em nossas vidas” (PITT, 2000: viii).

Pitt (2000) também critica a ideia de “tecnologia como ciência aplicada” e defende que se tenha uma epistemologia da ciência diferente da epistemologia da tecnologia:

“Muito trabalho em filosofia da ciência tem sido epistemológico, isto é, esteve preocupado com a natureza do conhecimento científico, sua justificação, estrutura e relação com certos assuntos metafísicos. Então, se queremos encontrar uma definição de tecnologia diferenciando tecnologia de ciência, sugiro que olhemos para a dimensão epistemológica da tecnologia em seus próprios termos, e não necessariamente relacionada com ciência. Assumir alguma relação crucial entre ciência e tecnologia é imperativo na questão.

¹⁰¹ Embora, na prática, o trabalho de Pitt (2000) se concentre em diferenciar tecnologia de ciência aplicada - e não diferencie engenharia e tecnologia, pois ele interpreta engenharia como produção de tecnologia.

¹⁰² Ou seja, ele defende que a discussão de Filosofia da Engenharia, ou Filosofia da Tecnologia “modo 2”, é mais importante do que a discussão de crítica social, assunto comum no âmbito da Filosofia da Tecnologia “clássica”.

A tecnologia possui um aspecto epistemológico importante como sua característica e, assim, como sugeri, nessa dimensão epistemológica isso é crucial para a colocação filosófica de assuntos relacionados à tecnologia no debate filosófico. Entretanto, a consideração-padrão de assuntos epistemológicos tem sido formulada de tal forma que direciona erradamente nossa abordagem para o entendimento da relação entre ciência e tecnologia. Em particular, existem três premissas erradas sobre as relações epistemológicas entre ciência e tecnologia que têm governado muito do nosso pensamento sobre esses assuntos. Essas premissas são:

1. Uma distinção entre conhecimento teórico e aplicado, com ciência representada do lado do conhecimento (“puro”) teórico;
2. Uma consideração hierárquica do conhecimento, com o conhecimento científico “puro” apresentado como superior ao conhecimento aplicado;
3. Caracterizar tecnologia como ciência aplicada, conseqüentemente inferior à ciência” (PITT, 2000:1-2).

Frente ao exposto, acredita-se que a principal contribuição desse capítulo é formular esse importante problema para a Filosofia da Engenharia: como saber que o que sabemos é válido, como aprender e como usar melhor o que sabemos enquanto engenheiros: como diferenciar a boa e a ruim heurística em engenharia.

6.3 Exemplo para discussão do *framework*: métodos para projeto de trabalhos cognitivos

A utilização desse quadro de entendimento da forma como uma heurística é avaliada por um engenheiro (Figura 4) será discutida aqui. Inicialmente, serão apresentadas as condições de utilização desse quadro e em seguida um exemplo completo para o caso de métodos de projeto de trabalho será detalhado.

Nota-se que o que está em confronto na figura é o sota de um engenheiro contra o sota da engenharia, ou seja, do conhecimento acumulado pela soma de engenheiros até o momento. A forma de validação do sota da engenharia é o passado, ou seja, a capacidade que uma heurística teve de produzir resultados satisfatórios em casos anteriores. A primeira condição de possibilidade de uso dessa figura é, portanto, que se avalie uma heurística que já teve tempo suficiente para ser posta a prova pelos engenheiros e ter seu resultado avaliado. No que concerne ao projeto de trabalho, ou seja, a parte específica da engenharia de produção que contém pessoas como parte da solução, há, como foi discutido anteriormente na seção 5.7, um complicador adicional para que se valide uma heurística por exaustão empírica: a unicidade dos resultados, o que está diretamente relacionado com o problema de atribuição de causas aos efeitos encontrados quando se valida um conhecimento (a hipótese de Duhem-Quine, discutida na seção 6.2.2). Isso é um ponto que merece ainda mais destaque e que segue como um problema em aberto.

Uma outra condição de possibilidade de utilização do quadro de julgamentos de valor de uma heurística é assumir uma determinada posição filosófica sobre a parcialidade ou não do “sistema de valor subjacente”. O que se quer dizer com essa expressão é que é necessário que antes se discuta a contingência ou não do adjetivo “bom”. “Bom”, “boa heurística”. Boa para quem? Para que conjunto de interesses?

Uma forma de entender a questão é assumir que quando se qualifica uma heurística como “boa” se está assumindo que ela é “boa” para o conjunto de valores ético-morais do julgador (que no caso de projeto de trabalho, historicamente está prioritariamente relacionada com os valores produtivistas – ou seja, uma boa heurística é aquela que aumenta a produtividade). Uma forma alternativa é negar a contingência e assumir que “boa” é adjetivo universal, para todos os sistemas de valor. No caso específico de projeto de trabalho fica marcada a maior adoção da visão contingencial, em todos os autores que criticam a unidade da ideia produtivista como norteadora do projeto de trabalho, como Trist (1981), Decca (1988), Simoni (1996) e

muitos outros. Portanto, indutivamente nesse trabalho se defende que não faz sentido a existência de qualificações para o conhecimento em engenharia independentes do sistema de valor ético-moral do engenheiro e da sociedade na qual ele se insere.

Portanto, por essa última condição, antes de começar a avaliar um a um os métodos para projeto de trabalho enquanto heurísticas, é necessário que se diga claramente sob que sistema de valor essas heurísticas serão avaliadas: se do ponto de vista do sistema de valor produtivista, do sistema de valor da satisfação do trabalhador, se de algum sistema de valor conciliatório entre os dois anteriores ou sob algum outro ponto de vista.

Nesse trabalho, para conduzir a discussão se irá usar o exemplo do ponto de vista do sistema de valor produtivista, por ser o paradigma historicamente preponderante nesse assunto. Para esse sistema, uma heurística será “boa” se ela consegue atender aos interesses de melhorar a produtividade, ou seja, a relação entre produção e esforços para a produção, em qualquer um dos insumos de produção – máquinas, materiais, conhecimentos, habilidades físicas humanas, energia, tempo, valores etc.

Para os engenheiros de projeto de trabalho, do ponto de vista produtivista os métodos de Estudo de Movimentos e Tempos, tais como os fluxogramas de processo, diagramas de atividades simultâneas, diagramas homem-máquina e mapofluxogramas (BARNES, 1977) são avaliados como positivos por esses engenheiros e positivos do ponto de vista do sota da engenharia (quadrante superior direito da figura) em situações de trabalho onde o elemento físico é predominante (há movimentos e deslocamentos bem marcados e esses são importantes para o processo de produção) e quando há método-padrão (ou quando há algum grau de repetição ou regularidade no método de produção). Há resultados historicamente provados (como em Taylor, 1990) e Barnes, 1977) de aumentos de produtividade no uso desses métodos em situações de trabalho como a de transporte de lingotes de ferro, uso de pás, dobradura de cartas etc. Para os mesmos engenheiros, há outros casos onde os métodos lhe parecem insuficientes e o sota da engenharia parece historicamente concordar (quadrante inferior esquerdo da figura). Esse é o caso do uso dos métodos de Estudo de Movimentos e Tempos em situações de trabalho onde não há método-padrão estabelecido. O primeiro passo para o projeto de situações de trabalho é justamente determinar, ou propor, o método padrão de trabalho (BARNES, 1977: 4-5). Sem método-padrão, as ferramentas de Estudo de Movimentos e Tempos simplesmente não funcionam.

Por volta da segunda metade do século XX, percebe-se o início de uma mudança na natureza do problema de interesse principal da engenharia de trabalho, que deixou de ser o trabalho predominantemente físico e repetitivo e passou a ser, cada vez mais, trabalhos mais voltados para utilização de raciocínio, conhecimento, criatividade e poder de decisão humanos. Esse tipo de trabalho, que foi chamado genericamente de trabalho cognitivo, apresenta importantes implicações para os métodos de projeto de trabalho.

Para o caso de projeto de trabalhos intensivos em conhecimento, a solução de padronizar o trabalho se mostrou ruim do ponto de vista do sota da engenharia em diversos momentos em que os engenheiros achavam que isso funcionaria (quadrante inferior direito da Figura 4). Vários acidentes em situações de trabalho cognitivo inseridos em ambientes de alta tecnologia mostram que os projetistas esperavam um tipo de comportamento dos operadores, quando eles tomaram outros (como discutido em Perrow, 1999; Reason, 1997; Hollnagel, Woods & Leveson, 2006; Woods & Hollnagel, 2006). O excesso de padronização, ou a ausência de espaços para comportar a variabilidade de modos operatórios levam historicamente a problemas de desempenho e até mesmo a acidentes industriais de grandes proporções.

No mesmo tipo de trabalho, há o caso de soluções onde o engenheiro achou que a solução não era boa, mas que o sota da engenharia depois se mostrou válido (quadrante superior esquerdo). Engenheiros de projeto de trabalho possuíam em seus sotas a heurística “projete completamente o cotidiano e o método de trabalho dos operadores”. Contudo, em algumas empresas, tais como o Google, uma heurística contraditória com essa, “deixe um dia da semana para que os trabalhadores façam o que quiser” se mostrou uma grande fonte de inovações tecnológicas (GIRARD, 2009). Os engenheiros de projeto de trabalho das outras empresas, nesse caso, acharam que essa heurística de liberdade era ruim, quando para o contexto específico do tipo de trabalho criativo que ocorre em empresas como o Google a mesma era adequada no aspecto produtivista.

Há, ainda, a possibilidade de que o engenheiro use heurísticas que não pertencem ao que tradicionalmente se entende como sendo conhecimentos da engenharia (bordas superior e inferior) para construir uma solução específica. Por exemplo, o uso da cromoterapia, ou do conhecimento de cores de forma ampla, para projetar os ambientes de trabalho. Academias de ginástica e restaurantes usam cores estimulantes, como vermelho ou laranja. Hospitais, SPAs e centros de massagem preferem usar azul ou verde em tons pastéis, cores que estimulam o descanso e a

recuperação da saúde física e mental. Esses casos evidenciam que o sota do engenheiro, bem como o sota da engenharia, possui uma plasticidade intrínseca, que lhe permite englobar conhecimentos de outras disciplinas, desde que úteis à solução. Há, também, obviamente, o caso de heurísticas que não são conhecidas por um engenheiro num determinado momento t do tempo. Essas heurísticas precisam ser aprendidas em momentos anteriores (t_1). Esse tipo de erro, tipo III (cantos esquerdo e direito da figura) são mais frequentes em engenheiros novatos. Por exemplo, quando um engenheiro recém-formado assume um cargo de gerência e implanta uma prática gerencial sem consultar os trabalhadores do setor. Isso pode gerar reações muito grandes a ele, prejudicando o clima da organização e podendo levar até mesmo a demissões, somente porque o engenheiro não conhecia a heurística “converse com seus trabalhadores antes de promover uma grande mudança”.

7 Conclusão

*"Não se ensina filosofia; ensina-se a filosofar."
- Immanuel Kant*

*"Eu ganhei isso com a filosofia: eu faço sem ser mandado o que outros só fazem por medo da lei".
- Aristóteles*

Nesse capítulo, de conclusão, discute-se o legado que se quer deixar com o assunto. Também aqui se apresentam as limitações e os pontos fortes do estudo, bem como sugestões de trabalhos futuros no tema Filosofia da Engenharia.

7.1 O problema do ensino de engenharia

Koen (1991:52) definiu o objetivo que se quer com a educação na engenharia: produzir um engenheiro praticante que vá ter uma performance satisfatória.

Usando o conceito de sota, o processo da educação de um engenheiro passa por expandir seu sota de forma a torná-lo mais apto a resolver os problemas com os quais tem que lidar. Koen (1991:52) ressalta duas limitações no sistema educacional tradicional para que isso aconteça: o primeiro, que o sota do engenheiro e do estudante de engenharia são usados em contextos diferentes e, portanto, evoluem de maneira diferente. O aluno tem contato com o sota da engenharia em alguma especialidade durante um semestre, tempo inferior à execução de vários projetos em engenharia e, portanto, da consolidação do aprendizado prático que seria necessário. A segunda limitação é que o sota do engenheiro professor é diferente do sota do engenheiro praticante. A implicação ao professor é que, se esse for seu caso, é necessário convidar praticantes ou se apoiar mais na prática para o ensino.

A problemática do ensino para a engenharia também foi tratada por Herbert Simon. Simon (1996) estuda o problema da “Ciência do Projeto” e da maneira pela qual é ensinada a engenharia aos estudantes. Simon (1996: 111) afirma que as ciências do natural (que estudam como as coisas são) tomaram conta do currículo de cursos que deveriam ser focados nas ciências do artificial (como as coisas devem ser - leia-se engenharia). Para Simon (1996:111), as escolas de engenharia viraram escolas de física e matemática; as de medicina, escolas de biologia.

Frente a isso, Simon (1996) propõe uma reformulação no currículo dos cursos de engenharia. A ênfase não seria mais em ensinar somente as ciências, mas em ensinar também o projeto. A proposta de Simon envolve o seguinte conjunto de conteúdos:

“A AVALIAÇÃO DE PROJETOS

1. Teoria da Avaliação: Teoria da Utilidade, Teoria da decisão estatística;
2. Métodos computacionais
 - 2.1. Algoritmos para escolher alternativas ótimas tais como programação linear, teoria de controle, programação dinâmica;
 - 2.2. Algoritmos e heurísticas para escolha de alternativas satisfatórias.
3. A LÓGICA FORMAL DE PROJETOS: lógica imperativa e declarativa;

A BUSCA POR ALTERNATIVAS

4. Busca heurística: fatorização e análise de meios e fins;
5. Alocação de recursos para busca
6. TEORIA DA ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO DO PROJETO: sistemas hierárquicos
7. REPRESENTAÇÃO DE PROBLEMAS DE PROJETO” (SIMON, 1996: 134, maiúsculas no original).

Recentemente, a Academia de Engenharia dos EUA, a *National Academy of Engineering* (NAE), investiu num projeto de pesquisa chamado “Educando o engenheiro de 2020”. Nesse projeto, delimitou-se alguns rumos para a educação do engenheiro do futuro. As competências centrais do engenheiro do futuro que precisam ser ensinadas aos engenheiros são:

1. Grandes Habilidades analíticas (NAE, 2004:54);
2. Habilidade prática (NAE, 2004:54);
3. Criatividade (NAE, 2004:55);
4. Boa comunicação (NAE, 2004:55);
5. Princípios de gestão (NAE, 2004:55);
6. Liderança (NAE, 2004:56);
7. Altos padrões éticos (NAE, 2004:56);
8. Profissionalismo (NAE, 2004:56);
9. Dinamismo, agilidade, resiliência e flexibilidade (NAE, 2004:56);

10. Estudante para a vida toda (NAE, 2004:56);

Alguns desses itens da lista da NAE (2004) são muito difíceis de ensinar, como criatividade e liderança, pois são heurísticas de comportamento. Contudo, essa é a sinalização para o que precisa ser ensinado. Esse tipo de conteúdo no currículo de cursos de engenharia representa a materialização da visão de que engenharia não é ciência aplicada e que o engenheiro precisa, sim, de domínio profissional em todas essas áreas para exercer sua profissão. Esses trabalhos, longe de encerrarem o debate, devem servir para realizar justamente o oposto: abrir a discussão no Brasil sobre o currículo dos cursos de engenharia.

7.2 E agora: quanto de dinheiro se ganha com esse tema?

Essa é a pergunta disfarçada em qualquer um que pergunta “para que serve Filosofia da Engenharia?”.

Para esses, apenas uma resposta é possível. Conta-se que Euclides ensinava em Alexandria e numa noite, um rico comerciante lhe perguntou, após ter sido apresentado ao Teorema de Pitágoras, "O que é que eu ganho com isso?"; de pronto, Euclides disse a um de seus discípulos: "Dá-lhe um vintém, ele quer lucrar ao aprender"¹⁰³. Não. Você não enriquece com Filosofia da Engenharia.

Seguindo com o assunto, agora somente com a companhia daqueles que não estavam interessados em lucrar com a discussão, a ideia de existência de uma filosofia inserida na engenharia, que se modifica em suas bases para tratar desse assunto, ou seja, de uma filosofia da engenharia (e não de ‘filosofia e engenharia’, tampouco de ‘filosofia na engenharia’) está tentativamente alinhada ao ideal de educação liberal, nos termos de Wilhelm Von Humboldt. O termo liberal, nesse caso, é usado como coloca Bartholo (2000:44): “A liberdade que Humboldt prega para a pessoa não é a liberdade do arbítrio individualista feito um fim em si mesmo. Ela é a liberdade como condição de possibilidade para a formação da autonomia ética da pessoa”.

Bartholo (2000: 46-47) ressalta, também, que o projeto universitário de Von Humboldt passa pela “formação ética da pessoa através de uma ciência que compreende a si mesma como filosofia”. O que se quer aqui é acrescentar a formação

¹⁰³ Nota do autor: Agradeço ao professor Domício Proença Jr. por essa curta história, que já povoou tantas vezes meus pensamentos sobre a tentação diária a que alguém que carrega a chama é submetido.

ética da pessoa através de uma engenharia que compreende a si mesma como filosofia.

Ética, nesse contexto, também numa concepção específica:

“A palavra ética não é entendida na perspectiva humboldtiana como a mera expressão dogmática de um código de ação moralizante. Ela é sim a expressão da busca de uma correspondência normativa da vida, a permanente autoconstrução da pessoa, cuja autonomia espiritual requer a “solidão e liberdade” como metáforas da ‘destutelarização do intelecto’ ” (BARTHOLO, 2000: 47).

Dentro de todo o ideário Humboldtiano sobre o que deveria ser a educação superior, a ideia de uma Filosofia da Engenharia se relaciona diretamente com dois conceitos: frontalmente, com o de unidade da ciência na filosofia (Bartholo, 2000:50), onde se discute a ciência de forma independente da disciplina (para além dos rótulos de inter-, trans-, multi-, para-, proto-, infra-, supra-, super- etc. disciplinaridade), integrada. Secundariamente, por reforço, com o conceito de formação ética da pessoa pelo valor pedagógico da ciência (Bartholo, 2000:51) e das discussões que nascem a partir da ciência e da reflexão.

Portanto, ao que pergunta para que serve a filosofia da engenharia, três respostas. A primeira, que responde a 80% das pessoas: não, você não irá ganhar dinheiro com isso, essa é só apenas mais uma das coisas que os acadêmicos ficam fazendo que não irão resultar em lucro para as empresas no curto e nem mesmo no médio prazo (e podem, sem certeza alguma, reconfigurar o que algumas ou todas as empresas fazem – mas, no longo prazo, todos os acionistas estarão mortos). A segunda, mais seletiva, é que a própria ideia de haver filosofia dentro da ciência - e também dentro da engenharia - serve para que os professores deem melhores aulas, reflitam sobre sua profissão – ou seja, que ofereçam a possibilidade que seus alunos sejam, se assim o desejarem, melhores do que seus professores puderam ser. A terceira, porque a filosofia da engenharia não faz os alunos mais ricos, nem mais inteligentes, mas os faz mais educados, não no sentido da escolarização universitária produtivista, mas no sentido de um projeto educacional libertário como o de Von Humboldt – porque filosofar vale a pena para humanos.

7.3 Limitações e contribuições desse trabalho

Há, nesse trabalho, a dor de uma escolha necessária.

Os dois principais momentos desse trabalho, para além da tentativa de mostrar a importância da Filosofia da Engenharia, foram a defesa de que engenharia não é ciência aplicada (no capítulo 4) e a apresentação do que é engenharia na visão de Koen (2003) (no capítulo 5).

A dor na escolha de se colocar esse como o centro do trabalho acontece porque esse não é o tema de pesquisa mais “quente” na comunidade que discute esse assunto no mundo. Tampouco é a questão de pesquisa mais original, da qual alguém se orgulharia de ter formulado. Porém, defende-se que esse era o assunto necessário para ser tratado em um trabalho que se arroga o primeiro do país no tema. Essa, embora não seja a discussão mais relevante no momento, é a primeira, ou pelo menos pareceu ser a mais necessária no contexto brasileiro.

Essa é uma primeira limitação do trabalho: a discussão de que engenharia não é ciência aplicada não é a mais relevante para a comunidade internacional de pesquisa que discute o tema. Entretanto, que saída se teria?

Hoje, realmente não se discute mais que engenharia não é ciência aplicada. Um trabalho que discorra sobre o assunto seria considerado pela comunidade “chover no molhado”. A própria Academia Nacional de Engenharia dos EUA adota a seguinte definição de engenharia:

“Engenharia é um processo profundamente criativo. A mais elegante descrição é que engenharia trata de projeto sob restrições. O engenheiro projeta aparelhos, componentes, subsistemas e sistemas e, para criar um projeto bem sucedido, no sentido que impacte direta ou indiretamente numa melhoria em nossa qualidade de vida, deve trabalhar dentro das restrições fornecidas pelos assuntos tecnológicos, econômicos, de negócio, políticos, sociais e éticos. A tecnologia é o resultado da engenharia; é raro que a ciência se traduza diretamente para tecnologia, assim como não é verdadeiro que engenharia seja só ciência aplicada” (NAE, 2004:7).

Essa definição, embora seja mais prolixa do que as definições anteriores, vai pelo mesmo sentido da de Koen (2003) (que é a melhor da qual se teve conhecimento até aqui).

Acima de tudo, um valor muito importante que se tentou passar nesse trabalho foi o respeito à autoria das ideias aqui colocadas. Muitas delas não foram criadas pelo autor da dissertação, mas sim obtidas por conversas e discussões com aqueles mais

próximos desse trabalho. Ainda que não seja possível citar a fonte textual em algumas ideias, pois elas não existiam, se tentou sempre preservar o respeito autoral. Entretanto, para essas passagens, a total responsabilidade pela interpretação do que foi discutido e pela transcrição do texto é, naturalmente, do autor, que não tenta com isso se eximir da responsabilidade das ideias aqui defendidas.

Os mais conservadores, portanto, poderão estranhar um pouco algumas partes desse texto, dizendo que não há citação textual de trabalhos publicados quando os conhecimentos foram obtidos por falas de algumas pessoas. A eles, a resposta do engenheiro Koen (2003:203): “(1) deixe o oponente falar primeiro; (2) diga numa voz gentil, “essa é uma heurística interessante”; (3) observe uma longa pausa silenciosa”.

Há pelo menos seis contribuições importantes nesse trabalho, frente ao que se viu de discussões em Filosofia da Engenharia no mundo.

O primeiro, mais óbvio, é que esse trabalho é em português¹⁰⁴ e, pretensiosamente, um dos primeiros. Com isso, espera-se sinceramente contribuir para o desenvolvimento desse tema no país.

Em termos da discussão em si, alguns elementos de novidade apareceram nesse trabalho. A segunda força foi o uso da visão do Princípio da Razão Insuficiente para definir o que é engenharia versus o Princípio da Razão Suficiente. Embora essa seja uma proposta de Goldman (2004), nas discussões subsequentes a comunidade parece que não leu ou não usou essa ideia¹⁰⁵, que se mostrou ser bastante apropriada. Há ainda o que se explorar na ideia de PRI como base da filosofia da engenharia e parece ser esse um indicativo de pesquisas importantes no futuro, como desdobramento da dissertação de mestrado.

O terceiro grande ponto forte desse trabalho foi a problematização acerca do termo “Engineering Sciences”, ou ciências da engenharia. Engineering Sciences é um nome inconsistente com a ideia, já amplamente aceita pela comunidade, de que ciência aplicada não é engenharia¹⁰⁶. Porém, parece que falta à comunidade nome melhor, já

¹⁰⁴ Nota do autor, direcionada ao leitor que gostou do que leu nesse trabalho: não vá se acostumando. Os próximos trabalhos escritos pelo autor provavelmente não serão em português. A comunidade discute em inglês e, além do mais, a CAPES avalia melhor os periódicos nessa língua. É assim que é, hoje.

¹⁰⁵ O mesmo parece acontecer com Koen (2003). Sua obra, embora seja bastante positiva, parece ser menos debatida do que, por exemplo, o trabalho de Carl Mitcham. Talvez pelos motivos que Feyerabend tão bem ressaltou...

¹⁰⁶ A esse respeito, realmente não se quis polemizar nesse trabalho, apenas defender uma posição. Mas, realmente, com a agudeza e coragem da obra de Koen (2003) fica-se tentado a declarar que não é o caso que engenharia seja ciência aplicada; na verdade, ciência é a engenharia idealizada.

que quando se fala “Engineering Sciences” todos sabem a que se está referindo. Callaos (2008) propõe o termo Meta-engenharia (Metaengineering), mas ele não abrange tudo aquilo que se entende por Engineering Sciences hoje¹⁰⁷. Engineering sota, ou sota da engenharia, parece ser realmente um bom nome¹⁰⁸. Pelo menos no contexto brasileiro, virgem à discussão.

A quarta grande contribuição desse trabalho foi reforçar a visão de Imre Lakatos¹⁰⁹ sobre filosofia da ciência e, sobretudo, inserir Mario Bunge como complemento para tornar tangível a visão de Lakatos (1978). Bunge possui uma obra vasta sobre filosofia, discutindo inclusive filosofia da tecnologia, embora Bunge (1985) ainda faça parte do paradigma antigo de que tecnologia é ciência aplicada.

As duas últimas contribuições da dissertação apresentam uma contribuição original para a comunidade que discute o tema. Esses, provavelmente, são os dois mais fortes pilares para a continuidade desse trabalho numa tese doutoral, caso seja esse o caminho.

O quinto grande ponto da dissertação foi a discussão acerca da engenharia de produção. Ao introduzir a engenharia de produção¹¹⁰, em oposição às engenharias de produto, muitas das bases assentadas por Vincenti (1993)¹¹¹ e de Koen (2003)¹¹² por exemplo, precisam ser modificadas. A discussão de Filosofia da Engenharia pode, assim, ser enriquecida ao se discutir se a “Filosofia da Engenharia de Produção” é diferente do que hoje se entende por Filosofia da Engenharia. Além disso, a engenharia de produção encerra definitivamente a discussão de que engenharia é igual à tecnologia, o que separa de vez engenharia e tecnologia, e portanto Filosofia da

¹⁰⁷ A proposta de Callaos (2008) não foi discutida nesse trabalho para não tomar o leitor com uma discussão que não se relaciona diretamente com o conflituoso debate engenharia-ciência.

¹⁰⁸ Apesar de que, como comentado numa nota anterior, Koen (2003) não foi amplamente lido e, caso tenha sido, não é tão debatido quanto mereceria, de modo que não se tem certeza se o nome “sota” realmente seria aceito socialmente pela comunidade. Mas, como ensina Feyerabend, é como dar nome a um cãozinho: mencionando o bicho sempre pelo nome, as pessoas acabam aceitando, e quando o bichinho vem quando chamam pelo nome, já se fez fato.

¹⁰⁹ Que também se tem a impressão de ser pouco lido, ou menos do que devia.

¹¹⁰ Nota do autor: novamente, agradeço ao professor Heitor Caulliraux por chamar a atenção para esse ponto, que foi de enorme ganho para a relevância desse trabalho no contexto da comunidade que discute seu tema.

¹¹¹ Já que engenharia de produção, por exemplo, não pode usar maquetes e nem protótipos quando projeta o trabalho humano, o que retira algumas categorias de conhecimento de Vincenti (1993).

¹¹² A engenharia de produção muda o peso relativo das restrições de Koen (2003), por exemplo, acrescentando problemas socialmente definidos com elementos de vontade dentro do objeto projetado - os humanos - embora aparentemente a definição mais ampla de engenharia de Koen (2003) permaneça inalterada.

Engenharia e Filosofia da Tecnologia¹¹³. Essa separação, em especial, não é vista por muitos autores que tratam dos dois campos ainda indistintamente.

O sexto, e último, ponto forte do trabalho foi formular a questão da epistemologia da engenharia. Essa questão surgiu a partir do estudo da Filosofia da Ciência e dos critérios Lakatosianos de separação entre ciência e pseudociência¹¹⁴. Esse assunto pode, inclusive, ser bastante enriquecido ao se considerar diferenças entre como se valida o conhecimento em engenharia de produção, nas outras especialidades de engenharia e na ciência. Dessa discussão e da conseqüente dúvida sobre como, do ponto de vista da engenharia, separar entre o que é bom e o que é ruim nasceu todo esse trabalho. Para essa pergunta, tão simples, não se encontrou resposta na literatura. Além disso: se encontrou apenas a mesma formulada timidamente, em dois trabalhos apenas - Pitt (2000) e Meijers (2009). Há, provavelmente, um motivo para essa pergunta tão basal não ter sido ainda formulada nem respondida. Salvo erros de busca do autor, ainda segue um mistério o motivo. Corre-se o risco de que a comunidade saiba que essa pergunta ainda não tem resposta - ou até mesmo que a resposta é tão óbvia que todos já a conhecem de partida. Em todo caso, a contribuição deixada nesse trabalho é aquela que, desde antigamente, se achava que deveria realmente ser a filosofia: formular perguntas, mesmo as impertinentes. Pois a filosofia surge para superar o mito. Já que Filosofia, inclusive da Engenharia, significa amor ao saber.

¹¹³ Isso acontece porque ao definir tecnologia como artefatos de tecnologia e engenharia como produção de artefatos, a engenharia de produção ficaria de fora, já que a mesma não produz artefatos, mas sim modos de cultura. A menos que alguém queira definir tecnologia englobando também modos de cultura, a definição de Koen (2003) como engenharia sendo o uso das heurísticas da engenharia com algumas características se torna mais forte do que a ideia simplista de engenharia como produção de artefatos, já que a definição de Koen (2003) consegue encaixar a engenharia de produção dentro do que se consideraria engenharia, mas o mesmo não é verdade para a definição alternativa de engenharia como tecnologia. Isso foi discutido mais detalhadamente no capítulo 5.

¹¹⁴ Nota do autor: Essa discussão foi conduzida na disciplina “Direções do Ofício Acadêmico” de 2009. Agradeço principalmente ao professor Domício Proença Jr. e aos colegas Priscila Ferraz e Vitelio Brustolin por fomentarem o embrião dessa dissertação, naquelas segundas-feiras à tarde na Ilha do Fundão.

8 Referências Bibliográficas

ABOTT, Andrew. (1988). *The system of professions: An essay on the division of expert labor* (1 ed.). University Of Chicago Press.

ADAMS, Daniel. (2009). *O Guia do Mochileiro das Galáxias*. Rio de Janeiro: Sextante.

BARNES, Ralph M. (1977). *Estudo de Movimentos e de Tempos: Projeto e Medida do Trabalho*. 6.ed. São Paulo: Edgard Blücher.

BARTHOLO, Roberto. “Solidão e Liberdade: notas sobre a contemporaneidade de Wilhelm Von Humboldt”. In: Bursztyn, M. (org.) (2000). *Ciência, Ética e Sustentabilidade: Desafios ao Novo Século*. São Paulo: Unesco.

BROCKMAN, Jay (2009). *Introduction to engineering: Modeling and problem solving*. Wiley.

BUBER, Martin. (2006). *Eu e Tu*. Tradução do alemão, introdução e notas por Newton Aquiles Von Zuben. 10ª edição revista. São Paulo: Centauro.

BUNGE, Mario. A. (1983a). *Treatise on basic philosophy: Volume 5: Epistemology & methodology I: Exploring the world*. Boston: Reidel.

BUNGE, Mario. A. (1983b). *Treatise on basic philosophy: Volume 6: Epistemology & methodology II: Understanding the world*. Boston: Reidel.

BUNGE, Mario. A. (1985). *Treatise on basic philosophy: Volume 7: Epistemology and methodology III: Philosophy of science and technology part I: Formal and physical sciences part II: Life science, social science and technology*. Boston: Reidel.

BURSZTYN, Marcel. (org.) (2000). *Ciência, Ética e Sustentabilidade: Desafios ao Novo Século*. São Paulo: Unesco.

CALLAOS, Nagib. (2008). *The essence of engineering and meta-engineering: A work in progress* (first unfinished draft). Universidad Simon Bolivar.

DECCA, Edgar Salvadori de. (1988). *O Nascimento das Fábricas*. São Paulo: Brasiliense.

DE VRIES, Marc J. (2006). *Teaching about Technology: An Introduction to the Philosophy of Technology for Non-philosophers*. 1st ed. Springer.

DURBIN, Paul. T. (ed.) (1991). *Critical perspectives on nonacademic science and engineering*. Bethlehem [Pa.]: Lehigh University Press ; London : Associated University Presses.

DUSEK, Val (2006). *Philosophy of Technology: An Introduction*. Wiley-Blackwell.

DYM, Clive L., LITTLE, Patrick, ORWIN, Elisabeth J., & SPJUT, R. Erik (2009). *Engineering design : A project-based introduction*. 3. Ed. Hoboken, N.J.: Wiley ; Chichester : John Wiley distributor.

Ethos. (2010). In Encyclopædia Britannica. 18/12/2010, Encyclopædia Britannica Online: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/194337/ethos>

FERGUSON, Eugene. S. (1992). *Engineering and the mind's eye*. The MIT Press.

FEYERABEND, Paul K. (1993). *Against Method*. 3 ed. Verso.

GAMA, Ruy. (1987). *A Tecnologia e o Trabalho na História*. São Paulo: Nobel.

GIRARD, Bernard. (2009). *The Google Way: How One Company Is Revolutionizing Management as We Know It* (1º ed.). No Starch Press.

GOLDMAN, Steven. L. (2004). Why we need a philosophy of engineering: A work in progress. *Interdisciplinary Science Reviews*, 29(2), 163-176.

HOLLNAGEL, Erik, WOODS, David D., LEVESON, Nancy. (2006). *Resilience Engineering: Concepts And Precepts*. Ashgate Publishing.

IHDE, Don (1993). *Philosophy of Technology: An Introduction*. Paragon House Publishers.

KOEN, Billy V. "The Engineering Method". In: Durbin, P. (1991). *Critical Perspectives on Nonacademic Science and Engineering*. Bethlehem: Lehigh University Press.

- KOEN, Billy V. (2003). *Discussion of the Method: Conducting the Engineer's Approach to Problem Solving*. Oxford University Press, USA.
- KUHN, Thomas. S. (1996). *The structure of scientific revolutions* (3rd ed.). University Of Chicago Press.
- LAKATOS, Imre (1978). *The methodology of scientific research programmes: Volume 1: Philosophical papers*. Cambridge University Press.
- LAUDAN, Rachel. (1984). *The Nature of Technological Knowledge: Are Models of Scientific Change Relevant?* Dordrecht: Reidel.
- MARTINS, Carlos Estevam. (1975). *A tecnocracia na história*. São Paulo: Alfa-Ômega.
- MEIJERS, Anthonie. W. "General Introduction". In: Meijers, Anthonie. W., Gabbay, Dov. M., Thagard, Paul, & Woods, John. (2009). *Philosophy of technology and engineering sciences* (1st ed.). North Holland.
- MEIJERS, Anthonie. W., GABBAY, Dov. M., THAGARD, Paul, & WOODS, John (eds.). (2009). *Philosophy of technology and engineering sciences* (1st ed.). North Holland.
- MITCHAM, Carl. (1994). *Thinking through technology: The path between engineering and philosophy* (1 ed.). University Of Chicago Press.
- MITCHAM, K., SCHATZBERG, E. Defining Technology and the Engineering Sciences. In: MEIJERS, Anthonie. W., GABBAY, Dov. M., THAGARD, Paul, & WOODS, John (2009). *Philosophy of technology and engineering sciences* (1st ed.). North Holland.
- MORAIS, Regis de. (1988). *Filosofia da Ciência e da Tecnologia: Introdução Metodológica e Crítica*. 5. Ed. Campinas: Papirus.
- NATIONAL ACADEMY OF ENGINEERING (NAE). (2004). *The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century*. Washington: The National Academies Press.

OLSEN, Jan K. B., PEDERSEN, Stig A., & HENDRICKS, Vincent F. (eds.) (2009). *A companion to the philosophy of technology*. Wiley-Blackwell.

OLSEN, Jan K. B., SELINGER, Evan, & RIIS, Sren (2009). *New waves in philosophy of technology*. Palgrave Macmillan.

PERROW, Charles. (1999). *Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies*. Updated. Princeton University Press.

PIDD, Michael. (1998). *Modelagem Empresarial: Ferramentas para Tomada de Decisão*. Porto Alegre: Bookman.

PINTO, Alvaro Vieira. (2005a). *O Conceito de Tecnologia: Volume 1*. Rio de Janeiro: Contexto.

PINTO, Alvaro Vieira. (2005b). *O Conceito de Tecnologia: Volume 2*. Rio de Janeiro: Contexto.

PITT, Joseph C. (2000). *Thinking About Technology: Foundations of the Philosophy of Technology*. Chatham House Publishers.

RADDER, Hans. Introduction to Part I. In: MEIJERS, Anthonie. W., GABBAY, Dov. M., THAGARD, Paul, & WOODS, John (2009). *Philosophy of technology and engineering sciences* (1st ed.). North Holland.

REASON, James T. (1997). *Managing the Risks of Organizational Accidents*. 1º ed. Ashgate Publishing.

REGNER, Anna Carolina, ROHDEN, Luiz (orgs.). (2005). *A Filosofia e a Ciência redesenham horizontes*. São Leopoldo: Unisinos.

ROGERS, Gordon. F. C. (1983). *The Nature of Engineering: A Philosophy of Technology*. London: Macmillan Press.

RORTY, Richard. (2007). *Contingência, Ironia e Solidariedade*. São Paulo: Martins Fontes.

ROSA, Luiz Pinguelli (2006). *Tecnociências e Humanidades . A Ruptura*. 1. ed. São Paulo: Paz e Terra.

ROSA, Luiz Pinguelli (2005). *Tecnociências e Humanidades - O Determinismo Newtoniano na Visão do Mundo Moderno*. São Paulo: Paz e Terra.

RUIZ, Castor M. M. Bartolomé. A cumplicidade da verdade (científica) e o poder, sua incidência nos modos de subjetivação. In: REGNER, Anna Carolina, ROHDEN, Luiz (orgs.). (2005). *A Filosofia e a Ciência redesenham horizontes*. São Leopoldo: Unisinos.

SIMON, Herbert A. (1996). *The sciences of the artificial*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

SILVA, Édison. R. P. (2009). *Métodos para Revisão e Mapeamento de Literatura*. Projeto de Graduação em Engenharia de Produção. Rio de Janeiro: Escola Politécnica-UFRJ.

SIMONI, Miguel de. (1996). *Trabalhar é Preciso: Reflexões sobre o Trabalho Humano e suas implicações para a Engenharia de Produção*. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro: COPPE-UFRJ.

STAUDENMAIER. John. M. (1985). *Technology's Storytellers: Reweaving the Human Fabric*. Cambridge (Mass.): MIT Press.

TAVARES, Rossano. S. (2007). *Reflexões sobre uma filosofia da tecnologia no pensamento de John Dewey*. Dissertação de Mestrado em Filosofia, PUC/SP. São Paulo.

TAYLOR, Frederick W. (1990). *Princípios da Administração Científica*. 8.ed. São Paulo: Atlas.

TRIST, E. L. (1981). *The Evolution of Socio-Technical Systems: a conceptual framework and an action research program*. Ontario, Ontario Quality of Working Life Centre.

VAN AKEN, Joan Ernst, BERENDS, Hans, VAN DER BIJ, Hans. (2007). *Problem Solving in Organizations: A Methodological Handbook for Business Students*. Cambridge University Press.

VAN DE POEL, Ibo. "Introduction to Part V". In: Meijers, A. W., Gabbay, D. M., Thagard, P., & Woods, J. (2009). *Philosophy of technology and engineering sciences* (1st ed.). North Holland.

VAN DE POEL, Ibo. & GOLDBERG, David E. (eds.) (2010). *Philosophy and engineering: An emerging agenda* (1 ed.). Springer.

VARGAS, Milton (org). (1994). *História da Técnica e da Tecnologia no Brasil*. São Paulo: UNESP.

VARGAS, Milton. (1994). *Para uma Filosofia da Tecnologia*. São Paulo: Alfa-Ômega.

VARGAS, Milton. (1981). *Verdade e Ciência*. São Paulo: Duas Cidades.

VERMAAS, Pieter E., KROES, Peter A., LIGHT, Andrew, & MOORE, Steven. (eds.) (2009). *Philosophy and design: From engineering to architecture* (1 ed.). Springer.

VINCENTI, Walter G. (1993). *What Engineers Know and How They Know It: Analytical Studies from Aeronautical History*. The John Hopkins University Press.

WOODS, David D., HOLLNAGEL, Erik. (2006). *Joint Cognitive Systems: Patterns in Cognitive Systems Engineering*. CRC Press.

WU, Xiaobo; MA, Rufe; XU, Guannan. (2006). Secondary innovation: the experience of chinese enterprises in learning, innovation and capability building. *Proceedings of the GLOBELICS 2006 conference in India*.