

Ricardo Cortez Lopes

AS FUNÇÕES DAS ENGENHARIAS E DA MATEMÁTICA NO PROJETO MODERNO



**UFFS**
EDITORA

AS FUNÇÕES DAS ENGENHARIAS E DA MATEMÁTICA NO PROJETO MODERNO

Ricardo Cortez Lopes



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	4
2 A ENGENHARIA	9
2.1 HISTÓRIA DA ENGENHARIA	11
2.2 FILOSOFIA DA DISCIPLINA	29
2.3 FUNÇÃO DA ENGENHARIA NO PROJETO MODERNO	36
3 MATEMÁTICA	44
3.1 HISTÓRIA DISCIPLINAR	45
3.2 FILOSOFIA DISCIPLINAR	55
3.3 A MATEMÁTICA NO PROJETO MODERNO	63
4 AS EFERVESCÊNCIAS TECNOLÓGICA E MATEMÁTICA	66
4.1 POR UMA RELAÇÃO ENTRE A ENGENHARIA E A MATEMÁTICA PARA ALÉM DAS DISCIPLINAS DA GRADUAÇÃO	69
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
REFERÊNCIAS	75

1 INTRODUÇÃO

O objetivo desta obra é investigar como a matemática e as engenharias contribuíram para o projeto moderno, cumprindo suas funções da mesma maneira que outros conhecimentos o fizeram. Buscamos levar a sociologia do conhecimento para outras paragens epistemológicas e, ao mesmo tempo, trazer especialistas dessa área para dentro dos estudos sobre a modernidade. Adicionalmente, este livro pode servir como um consolidado da filosofia e da história para ser consultado por profissionais dessas áreas quando quiserem buscar outras referências. É evidente que, do ponto de vista teórico, queremos contribuir para os estudos sobre a modernidade, pois ela é bastante estudada em suas consequências; porém, é importante que a sociologia se debruce sobre os objetos de outras epistemes com o fito de delimitar melhor a sua área de estudo e de ação.

Mas, antes, é preciso proceder uma breve revisão do referencial teórico. Depois desse momento retrospectivo, apontaremos, em linhas gerais, o argumento do livro; na seção seguinte avançaremos para a estrutura de capítulos.



Quando se pensa na sociedade atual, há uma infinidade de definições:

Veremos que muitos termos-chave foram empregados na análise dessa realidade: Modernidade Tardia, Sociedade da Informação (Manuel Castells), Sociedade do Consumo, Sociedade do Espetáculo (Guy Debord), Pós-Modernidade (Jean-François Lyotard), Pós-Modernismo, Sociedade pós-Industrial, Pós-Estruturalismo, Consequências da modernidade (Anthony Giddens), Sociedade Pós-Social (Alain

Touraine), Multiculturalismo (Stuart Hall) ou Sociedade Pós-Secular (Lopes, 2015, p. 38).

Seria possível ainda adicionar formulações mais recentes, como a sociedade do risco (Ulrich Beck), a sociedade do cansaço (Byung-Chul Han), entre outros. Algum desses conceitos é mais verdadeiro do que os outros? Provavelmente a sociedade é um fenômeno tão complexo que é possível encontrar essas chaves de leitura em diferentes grupos sociais em diferentes historicidades. De qualquer jeito, essas análises são da sociedade atual, ou no mínimo de temporalidades próximas, e são uma tentativa de síntese. Na análise jogam, de fato, um volume maior de dados e de atores que podem ser acessados por meio de pesquisa.

Contudo, o objetivo do livro não é definir a modernidade, mas sim estudar uma das suas “etapas”, a modernidade primeira. Essa modernidade primeira é otimista, é a *belle époque*: o pensamento tradicional, na sua leitura, vai sendo superado com sucesso e o progresso vai se estabelecendo, apoiado nos resultados oferecidos pela tecnologia e diagnosticados pelo processo civilizador. É claro que esse pensamento era restrito a alguns intelectuais, todavia estes conseguiram mobilizar uma série de atores e disso resultaram instituições do direito, da educação, da saúde, da ciência etc., produzindo leituras que não mais dependiam da pessoa de um chefe, como ocorria nas sociedades tradicionais (Lopes, 2016).

Assim, o termo história moderna não marca uma marcha da humanidade, mas sim a hegemonia do pensamento moderno, que se quis como o mais correto do ponto de vista universal e, por esta razão, ia convencer toda a razão universal que há dentro de cada um dos homens, eliminando assim o conflito e conduzindo ao progresso continuado.

*

Se no primeiro capítulo vamos observar o referencial teórico, no segundo abordamos a engenharia por meio de sua história e de sua filosofia, e nesse espaço apresentamos a estrutura do nosso argumento sobre

a sua função dentro deste panorama geral da modernidade primeira. Combinando ciências experimentais (que lhe fiam sobre os limites da realidade) com a matemática (que é a linguagem) e a tecnologia (atitude que busca modificar as maneiras de uso de algo), a engenharia busca agir sobre a vida humana a partir de diferentes materialidades (no sentido de materiais). Esta última característica explica por que existem tantas engenharias, pois elas buscam seguir a tecnologia em alguns aspectos, embora não se reduzam a ela — a tecnologia não precisa embasar previamente suas proposições, elas podem decorrer da pura prática, mas a engenharia necessariamente utiliza do conhecimento científico. Ou seja, ela quer negar o mundo como é através da tecnologia, mas quer explicá-lo pela ciência, posto que a ciência é a prova material de que a realidade existe.

Por isso a engenharia nunca é um substantivo, ela sempre tem um adjetivo. Engenharia civil (a que não constrói artefatos bélicos), engenharia mecânica, engenharia de materiais etc. Optamos por não abordar essas diferentes áreas integralmente por entender que, para além de apresentá-las tais qual um catálogo, talvez seja mais interessante entender por que há essa especialização, ficando a filosofia e a história das engenharias como um todo para outros pesquisadores que se agreguem à empreitada. Por fim, refletimos sobre o papel da engenharia dentro de um projeto de modernidade primeira, visto que no século XIX a engenharia era menos especializada e a filosofia da engenharia era inexistente, e os engenheiros foram os responsáveis por evidenciar a mudança das condições de sobrevivência proposta pela modernidade primeira.

No capítulo sobre a matemática, o movimento foi semelhante. A matemática é aqui definida como a percepção — seja abstrata ou empírica — mediada por números. Nesse sentido, a matemática é anterior à própria filosofia e possui uma história bastante rica e complexa, a qual vamos apreciar nas próximas páginas. A matemática cria um “não lugar” de duplos geométricos, que possuem a estabilidade como sua marca principal, o que não ocorre no mundo real, às semelhanças do mito da caverna

platônico. Esse tipo de formulação cria um mundo a ser alcançado e uma metodologia para chegar até lá: a natureza não seguiria inercialmente as leis da matemática, porém o progresso pode fazê-la seguir, de modo que o intelecto pode convergir mundo e matemática. E a matemática, com seus axiomas fixos, viabiliza perfeitamente essa conexão.

O último capítulo do livro se presta a uma reflexão mais ampla, coligindo os dados coletados e lhes dando um sentido maior; nesse sentido, o conceito que encampa todos esses fenômenos descritos pelos textos analisados é o de efervescência, da tradição *durkheimiana*. Esse conceito é bastante complexo e sua construção está bem esparsa na obra do sociólogo francês, contudo a formulamos como o processo de formação de representações por meio de um processo de deliberação de determinado grupo. Todavia, esses ideais não são eternos: eles se mostram válidos enquanto explicam a realidade para aquele grupo. Ainda, quando essas explicações não são mais o suficiente para conferir o sentido pacificador, elas precisam ser cambiadas por novos ideais. Durkheim utilizou como ilustração a Revolução Francesa: diante dos ideais do Antigo Regime, há todo um processo da formulação de novas representações, as quais pudessem estruturar o novo regime, como a igualdade, a fraternidade e a liberdade. A queda da Bastilha, por exemplo, foi um acontecimento e um ideal ao mesmo tempo, pois ela de fato caiu, mas o desafio consistiu, simbolicamente, no declínio do Antigo Regime (Durkheim, 1968).

No entanto, não podemos deixar que a historicidade do acontecimento impeça o conceito de alçar outros voos: apenas porque a efervescência foi aplicada na Revolução Francesa, não significa que não seja um construto teórico-metodológico útil para outros fenômenos, dentro da própria sociologia do conhecimento (Weiss, 2013).

De qualquer jeito, a efervescência analisada por Durkheim foi “presencial”, ou no máximo mediada por aparatos da comunicação social — o que não é o caso dos engenheiros e matemáticos, que possuem uma longa linhagem de indivíduos em que os mais jovens estudam as obras dos

mais antigos. Sendo assim, é possível a efervescência ser realizada sem a proximidade física? O que caracteriza a efervescência, a nosso ver, é justamente a troca de informações e de representações, a interpretação e a posterior aderência a elas: é esse compartilhado que permite a formulação de grupos. É claro que, atualmente, tendemos a conceber o indivíduo como o resultante de um agregado de grupos sociais (grupos familiares, profissionais, políticos, de esporte etc.), e talvez o cidadão da Revolução Francesa não tivesse tantos grupos assim aos quais pertencer em comparação ao homem contemporâneo.

Aliás, como não concordar que a modernidade primeira foi, em si, uma efervescência? Ora, temos os intelectuais formulando ideias através de livros, conferências e reuniões sociais. Assim, há a formulação de uma ideia de modernização, logo, existe um pacto pelo progresso, que é a ideia compartilhada. Quando essa ideia, antes restrita a um círculo restrito de pessoas com formação semelhante, foi se expandindo para outros atores, ela foi reinterpretada por eles — às vezes para fins de dominação, às vezes para fins nobres, às vezes para forçar interpretações de fenômenos.

No caso da matemática, como veremos mais adiante, há uma efervescência matemática, que é voltada para a persuasão por meio das verdades matemáticas, sobre as quais pouco intervêm experimentos físicos, por exemplo. Já a efervescência da engenharia, a tecnologia, possui também suas características: ela é focada na eficácia do invento ou do incremento e seu impacto cultural na mudança de hábitos. Isso porque, por mais que seja possível afirmar que a modernidade primeira, de fato, não alcançou seus objetivos, compreender seus mecanismos de forma aprofundada talvez permita ultrapassar o limiar da crítica pela crítica, algo que a modernidade em si até mesmo abastece por conta de sua iconoclastia. Nas próximas páginas todas essas ideias descritas superficialmente serão aprofundadas com dados empíricos, oriundos de revisão bibliográfica.

2 A ENGENHARIA

A definição de engenharia não é tão disputada quanto poderia ser, dado que se apresenta uma infinidade de variedades, e cada uma poderia querer se definir como a engenharia por excelência, à custa da validade de suas colegas, mas isso não é o que acontece: parece haver um certo consenso nessa definição mais básica e as discordâncias ficam restritas ao interior de cada área na sua atividade técnica em si mesma, contudo em um sentido complementar. Outro fenômeno curioso é que a definição de engenharia não é pré-requisito para se começar a trabalhar como engenheiro, uma vez que o domínio da técnica é o que define um engenheiro na sua especialidade, e não necessariamente o conhecimento da história desta. De qualquer maneira, esse núcleo duro da engenharia, mesmo que não essencial, por vezes é enunciado na literatura:

Atualmente, a Engenharia pode ser vista como a arte de aplicar conhecimentos científicos, principalmente empíricos, na criação de estruturas, dispositivos e processos. A Engenharia se dispõe a converter recursos naturais em formas adequadas para atender as necessidades humanas (Macedo; Sapunar, 2016, p. 40).

Nessa definição está bem aplicada a ideia de ciência, voltada para a criação de estruturas, dispositivos e processos. Por fim, pode-se observar a questão da conversão de recursos naturais, o que torna a ciência um fundo de reserva de átomos prontos a serem manipulados para as “engenhocas”. Mas existem outras definições entre os especialistas:

A engenharia pode ser definida como a arte de fazer engenhos ou, ainda, a arte de resolver problemas. Como tal, a engenharia faz parte da identidade humana. É esta habilidade de transfor-

mar a natureza a nosso favor, através do uso de ferramentas e técnicas, que nos caracteriza como espécie única. Neste sentido, é a engenhosidade que nos diferencia dos demais primatas (Agostinho; Amorelli; Ramalho, 2015, p. 8).

Essa definição, por sua vez, destaca a questão da resolução de problemas (o “engenho”), o que torna essa disciplina uma expressão intrínseca da essência humana, estratégia utilizada igualmente por outras ciências, que se advogam como reflexo do impulso humano de descobrir. A essência humana lida diretamente com a natureza, transformando-a de uma maneira racional e planejada, pois a natureza se transforma segundo seu ritmo, e o engenho permite intervenções. Ou seja, a definição de engenharia abarca essa metafísica “ocultada”, o que explica a forma como os engenheiros descrevem a história da engenharia, tal como veremos adiante. Mas existe, ainda, outra definição que podemos analisar:

A engenharia é a arte da aplicação dos princípios matemáticos, da experiência, do julgamento e do senso comum, para implementar ideias e ações em benefício da humanidade e da natureza. [...] Em outras palavras, a Engenharia é o processo de produzir um produto técnico ou sistema, que seja adequado para resolver uma questão específica. Outra definição interessante pode ser: a engenharia é a aplicação da matemática e das ciências, para criar algum elemento de valor, a partir dos recursos naturais. [...] Esta última definição fala sobre “elemento de valor”. A grande questão é: o que significa “elemento de valor”? Quem ganha com isso? Um elemento de valor poderia ser uma bomba atômica promovida por Hitler no final da década de 1930? [...] Como você pode perceber, os valores são relativos, dependem do tipo de sociedade e da conjuntura em que se desenvolve. Valores considerados positivos e verdadeiros na nossa sociedade podem ser negativos ou falsos em outras (Cocian, 2009, p. 17).

Nessa conceituação fica patente a palavra “benefício”, resultante da resolução de uma questão específica. Tal questão, no entanto, é encarada

pelo autor sob uma perspectiva relativista, dados os exemplos fornecidos por ele. Dessas definições, é possível derivar a ideia de que a engenharia está movendo a natureza de seu estado neutro e criando o referido valor subjetivo de uso. Todavia, esse valor não é fixo nem mesmo para as próprias sociedades, por conta de suas mudanças históricas, e sim é construído socialmente e se presta a diferentes finalidades, o que isola a engenharia diretamente do exercício de poder, na medida em que é ligada à sociedade e não ao Estado. Logo, essa definição descreve, de fato, que a atividade da tecnologia ocorre por motivos alheios às outras atividades humanas.

Como veremos, essa suposta essência é evidenciável através de em uma história, a qual dá evidência material desse suposto e prova sua existência. Desse levantamento histórico, porém, acaba acontecendo de os dados serem analisados externamente à intencionalidade inicial, e conhecer essa historiografia é o alvo da próxima seção.

2.1 HISTÓRIA DA ENGENHARIA

O primeiro passo na tentativa de essencializar a engenharia começa por estabelecer o seu lugar na língua humana, o que é problematizado por meio de etimologia. Isso porque várias línguas possuem uma palavra para aludir a uma mesma significação, o que torna a engenharia, de certa maneira, transcultural:

Tendo sua origem na palavra latina *ingenium* — que significa caráter inato, talento, inteligência — que também deu origem à palavra “engenhosidade”, a engenharia traz em si a ideia de uma propensão natural para a criação, uma habilidade inata para a inovação. O engenheiro seria uma pessoa engenhosa, inventiva, com grande capacidade tanto prática quanto intelectual. Passando pelo francês antigo *engineer*, chegou ao português como engenheiro. No século XVI, a palavra “engenheiro” era usada para designar aquele que construía engenhos militares. Na Inglaterra da Revolução Industrial (século XIX), o termo *engineer* era comumente empregado para fa-

zer referência àqueles homens habilidosos que fabricavam os motores (*engine*, em inglês) movidos a vapor. Atualmente, na língua inglesa, a figura do engenheiro está mais associada ao trabalho prático do que nas línguas latinas. Enquanto em português, espanhol e francês, a palavra “engenheiro” (e também *ingeniero* e *ingénieur*, respectivamente) significa “o profissional que exerce a engenharia”, em inglês, *engineer* é não só aquele que exerce tal profissão como também a pessoa que conserta máquinas em geral (Agostinho; Amorelli; Ramalho, 2015, p. 8).

Nesse caso, a engenharia se trata de observar e reorganizar os elementos da natureza, principalmente em motores e máquinas, posto que estes precisam de matéria-prima para serem fabricados. Essas são as finalidades da transformação da natureza, de modo que os engenheiros ingleses, adicionalmente, consertam as máquinas — algo que muitos profissionais não fazem, pois é possível que alguns profissionais considerem a projeção como a parte da divisão do trabalho correspondente ao engenheiro e o conserto como atribuição de um profissional de ensino médio.

A partir dessa filosofia, é possível perceber como os engenheiros retratam sua história disciplinar, como organizam teoricamente os dados que são coletados da realidade e os tornam significativos. O interessante é que encontramos uma apreciação mais generalista dessa história:

Desde os primeiros artesãos da pré-história, que cravaram a pedra fundamental da engenharia, muita coisa mudou. Cresceu, e bastante, a sofisticação e a diversidade técnica. Foram criadas também estruturas teóricas que dessem conta de analisar em profundidade praticamente tudo que a técnica pudesse abordar. Durante essa evolução, ocorreu o aparecimento gradual de um especialista na solução de problemas. Estes especialistas inicialmente não se preocupavam com os fundamentos teóricos; ocupavam-se em construir dispositivos, estruturas, processos e instrumentos com base em experiências passadas (Bazzo; Pereira, 2006, p. 69).

Ou seja, a engenharia começou a produzir uma estrutura teórica que permite uma análise em profundidade, mesmo que não seja a mesma profundidade da ciência, o que ocorre porque o foco é nos problemas percebidos pela humanidade. Logo, o engenheiro consegue *ler* os dados científicos para o seu fim particular, porém seu foco acaba sendo a resolução de problemas práticos, e daí se distingue o inventor do engenheiro, pois o processo de tentativa e erro não caracteriza a engenharia, que lança mão da ciência.

Partindo do início cronológico da área, a primeira manifestação da engenharia remete à Pré-História:

A utilização daquele primeiro instrumento não só dava início à modificação do meio assim como também iniciava um processo de modificação do próprio grupo de homínídeos que o descobriram. O homem ainda não modificara a natureza construindo um novo artefato, mas tão importante quanto isso, o homem acabava de descobrir uma nova função para um osso recém-descoberto. Modificando o papel do osso e atribuindo, assim, um novo significado para aquele novo instrumento, o homem modificava para sempre as relações sociais que seriam estabelecidas a partir de então. Graças a este imenso prolongamento do corpo, nossos antepassados puderam garantir sua sobrevivência e lutar, sem desvantagem, contra as grandes potências naturais (Ducassé, 1987, p. 15).

Essa primeira ferramenta foi um novo paradigma diante da realidade natural e seria a expressão da essência humana de fato em sua forma mais simples, mesmo que não tenha modificado a natureza de fato, apenas uma parte dela. Nesse caso, a ferramenta é a união do homem com as suas potências, para expressar em uma linguagem aristotélica. É possível afirmar que esse osso é um arquétipo de ressignificação da natureza, não mais aceita como uma verdade incontornável: o bioma é que deu origem ao osso por meio de algum organismo, e o osso, em si, é reaproveitado para um terceiro fim, que é o da ferramenta. Ou seja, não se trata mais do osso em

si: ele é *projetado* para ser algo além de uma estrutura calcificada e nutrida (agora não mais) por um organismo. É dessa primeira transgressão que começa o pensamento que vai dar origem à engenharia, pois um sentido foi atribuído e a animalidade foi traída:

Esse diferencial do ser humano, frente a outros animais, começou a aparecer há bastante tempo. As mais antigas ferramentas produzidas por homínídeos data de cerca de dois milhões de anos, consistindo apenas de pedras lascadas, ossos, madeiras e conchas, usados de forma rudimentar — ou seja, comparando com o que se faz hoje, naquela época a quantidade e a qualidade dos processos empregados eram rudimentares. Isso aconteceu durante o Paleolítico — período compreendido entre cerca de 2 milhões e 10 mil a.C. Paleolítico é o termo empregado para designar o período da pedra antiga, ou pedra lascada (Bazzo; Pereira, 2006, p. 66).

Neste momento, começam, na literatura especializada, as especulações, induções baseadas no resultado final do processo e no qual se mapeia racionalmente o começo. Senão, vejamos:

Posteriormente estes “quase” homens e mulheres conceberam e produziram a primeira ferramenta de pedra. O acaso talvez os tenha feito perceber, que duas pedras ao chocarem-se poderiam ser lascadas, dando origem a um instrumento que poderia substituir o osso em suas investidas de caça. Ferramentas eram moldadas à base de duros golpes e afiadas por processos de amolação, tudo de maneira muito primitiva e rudimentar, mas que já mostravam o surgimento de todo o potencial criador realizado através de práticas técnicas e tecnológicas. A força deste invento alcançou tamanha magnitude e proporção, de forma que durante um milhão de anos mais não sofreu modificações significativas. Essa fabricação dos primeiros instrumentos de pedra lascada já correspondia a um saber-fazer: uma técnica, que desenvolvida pelos nossos antepassados, fez surgir uma verdadeira “indústria das lâminas”, aperfeiçoadas à medida que o tempo ia passando. Despontava, historicamente, o primeiro vestígio do homem

engenheiro, pois com estes primeiros artefatos surgia junto o potencial criador e transformador (Veraszto; Simon; Barros Filho; Almeida; Sanchez, 2003, p. 3).

Nesse caso, o acidente das pedras foi a demonstração empírica que permitiu a quebra do “cotidiano” natural do estado de natureza — e nisso podemos perceber uma clara herança roussouniana, pois esta ferramenta foi utilizada para fins de corrupção deste homem naturalizado, que seria igualitário. É válido ressaltar, também, a especulação em torno da expressão “o acaso”: como saber se foi apenas um momento histórico em que o conhecimento se construiu, a partir do momento em que o conhecimento se apresenta? Será talvez a utilização desse momento de descoberta um pensamento nos moldes da inspiração ocasionada por uma musa? Dessa quebra primária e pontual teria começado um pensamento mais sistemático:

Não contentes com a pedra lascada, nossos longínquos parentes buscaram a especialização de seu instrumento. Antes destinada a quebrar, esmagar, furar, cortar ou talhar, o instrumento primitivo foi adaptado à ponta de um longo pedaço de madeira com o objetivo de obter melhores condições de caça e ataque. Surgiram, assim, as primeiras lanças, as primeiras técnicas agrícolas, que auxiliaram o surgimento e aparecimentos das grandes civilizações cerca de 4.000 a.C. (Ducasé, 1987, p. 20-21). A descoberta da confecção de artefatos metálicos novamente daria um novo impulso na história da humanidade” (Veraszto; Simon; Barros Filho; Almeida; Sanchez, 2003, p. 3).

A racionalidade, portanto, começa a se tornar intencional, sistemática e socialmente compartilhada, e não apenas do indivíduo inventor. A especulação assume esse lado mais administrativo de recursos disponíveis, menos tateante do que a inspiração da musa, pois começa a aparecer certo acúmulo linear de ferramentas, o que, paralelamente, libera tempo para a própria especulação em torno da otimização de tempo propiciada pela tecnologia. O metal, por sua vez, traz a independência total da natureza;

das recomposições físicas que eram feitas avança-se para uma modificação mais profunda, que não depende da “sorte”: a forma destinada ao derretimento permite maior precisão. Essa modificação implica diretamente a antiguidade histórica:

Em especial, a metalurgia do ferro despontava como uma novidade extremamente fértil. Enquanto o restante do mundo ainda lascava pedra, as civilizações do Mediterrâneo Oriental e da Ásia Ocidental possuíam complicadas e poderosas técnicas da forja do metal, que posteriormente (por volta de 1.400 a.C.) foram levadas até a Europa proporcionando aos gregos e romanos uma adaptação e sofisticação de suas armas (Veraszto; Simon; Barros, Filho; Almeida; Sanchez, 2003, p. 3).

Assim, a transformação da matéria levou à manipulação do ferro, que permitiu a modulação total da matéria-prima. Uma pedra poderia ser moldada por meio de lasqueamento, por exemplo, e por mais que importasse a habilidade do lasqueador, ainda havia certa imprevisibilidade no resultado, pois esse processo envolvia força bruta. Com o metal, no entanto, bastava moldar o ferro por meio de sua liquidez e esperar sua solidificação para se obter formas mais precisas. Nesse caso, observa-se uma narrativa de “sucesso sucessivo”: as ferramentas foram aparecendo uma após a outra graças ao acúmulo dos saberes, e isso foi favorecendo a reprodução da vida humana.

Todavia, quando se trata de tecnologia, sabe-se que há muitas ferramentas que não obtêm usabilidade na época de sua composição e nem posteriormente, quando outras ferramentas vêm a condensar funcionalidades e tornar as anteriores obsoletas — e aí está a característica do pensamento tecnológico. No caso da Pré-História, as ferramentas não eram produzidas em série e nem eram comercializadas, de modo que cada boleadeira, por exemplo, era feita de maneira única de acordo com a tecnologia de cada grupo. De qualquer maneira, ferramentas esquecidas muitas vezes foram as que possibilitaram que as ferramentas mais lembradas fossem possíveis,

pois elas foram intermediárias e testaram ideias anteriores — a título de ilustração, um arco e flecha é menos famoso do que uma arma de fogo. Nesse caso, a linearidade confirmaria a essência, porém a linearidade em si mesma é falaciosa quando se analisa a fundo. Contudo, dentro do enquadramento dos engenheiros encontramos a seguinte definição:

É notável a ruptura existente entre a engenharia medieval, marcada pelo aprendizado artesanal conduzido pelas corporações de ofício, e a engenharia renascentista, alimentada pelas descobertas de homens como da Vinci, Galileu e Newton. Basta olhar para um moinho e um cavaleiro armado e comparar com uma caravela e todos os seus armamentos e instrumentos de navegação. Ainda assim, foram necessários mais dois séculos para que a engenharia evoluísse de “arte mecânica” a “profissão de base científica”. Até 1747 — quando foi criada, na França, a primeira escola do mundo a oferecer o título de “engenheiro” — o ensino e a prática da engenharia eram regulados por uma série de organizações profissionais, quase sempre relacionadas a uma arte mecânica (Agostinho; Amorelli; Ramalho, 2015, p. 8).

Um dos argumentos deste livro é que não se pode determinar propriamente a existência de uma engenharia medieval, pois a ideia é que ainda se tratava de tecnologia em estado puro e não de engenharia, visto que a engenharia precisa da ciência moderna e da matemática para se tornar sistemática e reproduzível interculturalmente. Na Idade Média, esse pensamento também estava fortalecido em uma figura pessoal:

Passado algum tempo, na Era Medieval, encontramos o que podemos chamar de um verdadeiro antecessor do engenheiro: um certo artesão especial [...]. Este artesão conjugava os ofícios de carpinteiro, ferreiro, canteiro e pedreiro. Era o construtor de moinhos. Seu trabalho consistia em manejar ferramentas como o machado e a plaina com grande precisão e desembaraço, sabendo furar ou tornear. Além disso, este artesão conhecia aritmética, geometria e agrimensura, indispensáveis ao seu trabalho. Sabia, por exemplo, calcular

a velocidade das máquinas, desenhar plantas ou construir edifícios e barragens. Era um artesão que conseguia aliar a técnica aos conceitos teóricos. Estes conhecimentos eram passados de mestre para aprendiz. Neste período, podemos identificar uma reestruturação do trabalho de como era feito até então. Em vez de cada profissional dominar apenas algumas habilidades específicas, eles passaram a adquirir um maior número de habilidades, o que lhes permitia fazer o trabalho num tempo mais reduzido (Veraszto; Simon; Filho; Almeida; Sanchez, 2003, p. 3).

Discordamos ligeiramente dos autores em um aspecto da história da engenharia apresentado neste trecho. Nele, observamos que o antepassado do engenheiro era o artesão. Se o engenheiro precisava dominar a matemática e a ciência, o artesão dominava as diferentes tecnologias disponíveis e isso era o suficiente para agir, mesmo sem a precisão dos cálculos das ferramentas e nem o auxílio prévio de uma revisão bibliográfica. Nesse caso, ele é descrito como um engenheiro de fato, focando a análise nas suas habilidades, o que não é muito valorizado em um contexto no qual a especulação tecnológica não é tão quista como a especulação filosófica e a religiosa. Este ator teria resguardado o saber tecnológico, atraindo para si o conhecimento de até então, e individualizado o trabalho, além de construir uma rede de artesãos sucessivos que constituem uma linhagem. Mas há um contraponto:

O próprio termo “arte mecânica” sugere que a maior parte dos problemas de engenharia nos primeiros tempos era relacionada a fenômenos que, mais tarde, viriam a ser estudados cientificamente pela física, mais especificamente a mecânica newtoniana. Vale notar que o engenheiro do passado — como aquele que construía as catedrais medievais — dominava vários saberes práticos. Além de discutir técnicas de edificação, muitos deles também eram os responsáveis pela criação de diversos equipamentos mecânicos usados no canteiro de obras. Mais ainda, o engenheiro renascentista incorporava a seu trabalho técnico a preocupação artística, não sendo raro

que esses mesmos engenheiros também pintassem e esculpissem. Embora não fosse ainda, propriamente, uma profissão de base científica, a engenharia já era, sem dúvida, uma atividade interdisciplinar (Agostinho; Amorelli; Ramalho, 2015, p. 8).

Observe-se: a ciência física *newtoniana* foi o ponto de virada das tecnologias existentes, o que reforça nosso argumento de que a engenharia é a soma da matemática com a tecnologia e a ciência moderna. Nesse caso, sem um desses itens não há engenharia, pois é preciso que exista essa interseção para que o engenheiro possa agir no mundo real — de maneira embasada, prática e com possibilidade de larga escala. Acerca dessa internalização da tecnologia e do conhecimento prático de até então, historiciza-se que:

Por volta do século XVI, com o aparecimento da Ciência Moderna, surgiu o que se entende hoje por Tecnologia. Através da resolução de problemas práticos e da fabricação de novos instrumentos, iniciou-se um processo de transformação do mundo. Uma nova visão surgia: o mundo estava ali para ser explorado e transformado. E as transformações começaram a ocorrer a uma velocidade cada vez maior. Durante a Idade Moderna (século XV), as necessidades geradas pelas empresas emergentes da construção naval, do transporte terrestre e do desenvolvimento de equipamentos, tal como a prensa hidráulica, começou a delinear um conhecimento mais sistematizado, diferindo dos antigos artesãos habituados a um trabalho mais técnico. Assim, a tecnologia começava a se delinear carregando em si as necessidades e demandas da sociedade. [...] Neste contexto, podemos dizer que a arte da engenharia propriamente dita desenvolveu-se na Europa dos séculos XVI e XVII, devido à necessidade de criação de novos armamentos e da segurança das fortificações (Veraszto; Simon; Barros Filho; Almeida; Sanchez, 2003, p. 3).

A ciência moderna, portanto, é conjugada com isso que os autores não definem explicitamente e que denominamos como essência humana, que

poderia mesmo ser chamada de engenho. Por conta do que já explanamos alguns parágrafos atrás, discordamos dessa definição dada pelos autores, pois a tecnologia não precisa da ciência (muito menos da moderna) para engendrar seus “inventos”. Um inventor não prescinde de grande sorte de informações para começar um invento: observação e alguns recursos são o suficiente. Nesse sentido, a tecnologia é a busca de apaziguar o mundo hostil da natureza — onde imperaria a lei darwiniana do mais forte — por meio do rearranjo de seus elementos, o que permite facilitar processos da sobrevivência humana. Somos acompanhados, em alguma medida, por Bazzo e Pereira, que afirmam:

Com a rápida expansão dos conhecimentos científicos e sua aplicação a problemas práticos, surge o engenheiro. O aparecimento formal desse profissional resultou, na realidade, de todo um processo de evolução ocorrido durante milhares de anos. Aos poucos a engenharia foi se estruturando, fruto fundamentalmente do desenvolvimento da matemática, da explicação dos fenômenos físicos, dos experimentos realizados — em ambiente controlado —, da prática de campo, da sistematização de cursos formais. Quando no século 18 se chegou a um conjunto sistemático e ordenado de doutrinas, estava lançada, definitivamente, a semente da nova engenharia. Essa sistematização, podemos dizer, estabeleceu um marco divisório entre duas engenharias: a engenharia do passado e engenharia moderna. [...] A engenharia do passado foi aquela caracterizada pelos grandes esforços do homem no sentido de criar e aperfeiçoar artefatos que aproveitassem os recursos naturais. Foram estes primeiros engenheiros os responsáveis pelo aparecimento de armamentos, fortificações, estradas, pontes, canais etc. A característica básica destes indivíduos foi o empirismo, pois trabalhavam com base na prática ensinada pelos que os antecederam, na sua própria experiência e no seu espírito empreendedor e criador (Bazzo; Pereira, 2006, p. 69).

Nesse sentido, há uma soma entre ciência, problemas práticos — que não seria errôneo chamar de tecnologia — e matemática. A presente

discussão sobre a relação entre a velha e a nova engenharia, no entanto, escapa ao nosso escopo, uma vez que não caracterizamos práticas anteriores como engenharia. Isso demonstra como há pontos de discordância entre os autores, mas estas dissensões não impedem o domínio da técnica da engenharia. Há, portanto, mais uma contextualização “descompromissada”.

Nesta definição a ciência complementa a tecnologia ao permitir que a técnica desenvolvida transcenda o caso criado e possa ser reproduzida em outros objetos sem a interveniência do criador, criando uma espécie de “receita”, pois há uma comunicabilidade maior entre os trabalhadores tecnológicos. Cumpre notar que essa atitude tecnológica não precisa ser exercida apenas com a materialidade: observar as práticas sociais já estabelecidas e propor uma outra via de prática é uma ação, em si, tecnológica, mesmo que a execução precise de colaboração entre profissionais.

No caso das materialidades, querer transformar práticas e encarar a natureza como fontes de recurso é o papel da tecnologia. A engenharia descende da tecnologia, porém a tecnologia não precisa da ciência para ser o que é: uma boleadeira pré-histórica é tão tecnológica quanto a robusta biotecnologia atual. A diferença reside no embasamento: enquanto a tecnologia se fia na eficácia da economia de energia, material e tempo, a ciência precisa seguir protocolos e métodos que garantam sua reprodutibilidade e sua ligação com uma teoria por meio de uma hipótese — o que ao mesmo tempo mata a espontaneidade da tecnologia, que pode ser feita por alguém analfabeto. Por outro lado, a engenharia também permite mais indivíduos participando da produção da tecnologia justamente porque a ciência é intercultural em sua comunicação, além de exigir trabalho em equipe multidisciplinar.

Como se vê, os historiadores da engenharia têm opiniões divergentes sobre a relação entre a ciência e a engenharia:

Conforme os problemas que surgiam se tornavam mais complexos, mais a prática da engenharia foi recorrendo a conhecimentos científicos. Tradicionalmente, os conhecimentos

e habilidades necessários ao manuseio de ferramentas e à invenção e à produção de engenhos eram transmitidos pela cultura oral, por meio de um longo e sistemático processo de aprendizado prático. Entretanto, ao longo dos séculos XVI e XVII, observa-se o desenvolvimento gradual do pensamento científico. Esta nova forma de ver o mundo permitiu novas maneiras de agir sobre ele. Em outras palavras, as descobertas científicas abriam novas possibilidades para a engenhosidade humana (Agostinho; Amorelli; Ramalho, 2015, p. 8).

Neste trecho podemos perceber uma percepção da aliança entre ciência e engenharia como entidades separadas. No caso desses autores, a engenharia pré-moderna existe e está alocada no registro oral, e a ciência, que em paralelo adquiriria certo “acúmulo” de conteúdo, poderia incrementar a engenharia — movimento com o qual concordamos no mínimo parcialmente, pois de fato a ciência “abastece” a engenharia com dados de natureza investigativa, formando a tecnociência aventada por alguns autores. Segue outro ponto de vista:

É fato que a engenharia já existia havia muito tempo como atividade. Porém, como profissão regulamentada, ela só surgiria com o advento da Revolução Industrial. Mesmo quando não diretamente ligado à atividade fabril, o engenheiro exercia papel de grande relevância na construção e operação da infraestrutura urbana que se fez presente com o desenvolvimento industrial. Durante a Idade Média, e também após a Renascença, grande parte do esforço de engenharia estava voltada para a construção de fortificações, pontes e estradas para a movimentação de tropas e para a fabricação de armamentos. Com o avanço da industrialização, o foco se deslocou do engenheiro militar para o engenheiro civil (Agostinho; Amorelli; Ramalho, 2015, p. 8).

Esses autores, sem dúvida, estão mais ligados com a nossa perspectiva, na medida em que chamam o fazer tecnológico de atividade, a qual está

relacionada a questões bélicas. Feito esse parêntese, podemos retornar à história da engenharia:

Nesta época, os engenheiros não se diferenciavam muito, na prática, dos arquitetos. No entanto, o grande impulso da engenharia ocorreu somente no século XVIII (O Século das Luzes), devido ao impacto das idéias iluministas que acabaram por configurar um novo cenário (Cardoso, 1999, p. 206). Com a chegada da burguesia ao poder durante a Revolução Francesa, começaram a ser fundadas na Europa (e principalmente na França) as primeiras escolas de Engenharia (Sacadura, 1999). Estas instituições estavam abertas às inovações e às pesquisas científicas, ao contrário das escolas tradicionais de então, mais voltadas para o ensino enciclopédico e distanciadadas da produção econômica. Apesar disso, elas estavam mais voltadas para a formação de tecnocratas do que tecnólogos. Todo o avanço tecnológico era bem-vindo, independente das suas conseqüências ambientais ou sociais. O progresso e o bem-estar estavam ligados a este avanço (Bazzo, 1998). Neste período na França, o progresso tecnológico teve um salto. Por causa da guerra, e da conseqüente falta de materiais, os químicos buscavam novos produtos que pudessem suprir esta falta. Um exemplo disso é a obtenção de açúcar através da beterraba. No entanto este progresso só foi possível, através da união dos industriais e dos detentores do saber (Ducassé, 1987, p. 117-122), configurando assim uma união entre o que hoje chamamos de academia e o setor industrial (Veraszto; Simon; Barros Filho; Almeida; Sanchez, 2003, p. 3).

Os autores já começam a determinar a existência dos engenheiros, misturados com os arquitetos, em uma espécie de amálgama não convencional, e talvez o arquiteto também seja uma soma de disciplinas assim como a engenharia o é, o que ensejaria uma investigação própria: seria a arquitetura a soma da arte com a matemática e, quiçá, com a engenharia? A respeito desse ponto, o da miscelânea funcional entre arquitetos e engenheiros, já discutimos com mais detalhes: a existência desses dois foi possibilitada porque a física modulou matematicamente a realidade

e, assim, dessacralizou o espaço físico, processo que ocorreu com maior intensidade no século XIX. Este pressuposto permitiu que os cientistas pudessem focar na investigação, culminando na *belle époque* do período:

Houve uma grande revolução na engenharia a partir do século XVI, quando, movidos pelo espírito da Renascença, muitos dos problemas práticos começaram a ser abordados de maneira mais racional, inclusive com recursos matemáticos, a exemplo do que fizeram da Vinci e Galileu. Mais tarde, conforme a industrialização avançava e a escala de produção se ampliava, os artesãos foram dando espaço aos novos profissionais, dentre eles os engenheiros. Neste processo, o sistema de aprendizado, antes centrado na prática do ofício, foi se deslocando para a educação universitária, cada vez com maior conteúdo científico. Embora o mesmo fenômeno tenha ocorrido em quase toda a Europa, o caminho seguido não foi exatamente o mesmo nas duas maiores potências da época. A França, mais racionalista, incorporou o ensino da engenharia às suas universidades, tendo sido o primeiro país a fundar uma escola de engenharia no mundo. Lá, desde 1747, os futuros engenheiros aprendem matemática nos primeiros anos de estudo. Na Inglaterra, por outro lado, mais empirista e onde a revolução científica iniciada na Itália demorou mais a chegar, a engenharia emergiu como uma profissão autônoma, organizada em “sociedades profissionais”. Por esta razão, naquele país, a ciência foi incorporada à prática de forma mais lenta. Embora os britânicos, havia muito tempo, já construíssem todo tipo de edificação, já tivessem uma verdadeira indústria naval e já exportassem motores a vapor para todo o mundo, até o final do século XIX o ensino da profissão era fundamentalmente prático e oferecido por organizações profissionais, como a *Royal Engineers Institute* ou *Merchant Venturers Technical College*, espalhadas em várias cidades do país. Os primeiros cursos universitários de engenharia na Inglaterra só foram criados no final do século XIX e voltavam-se, em grande parte, para a formação de engenheiros para a indústria e a iniciativa privada. Por outro lado, o ensino da engenharia na França — que serviu de referência para muitos países, inclusive o Brasil — esteve voltado historicamente para a forma-

ção de profissionais para desempenharem carreiras ligadas ao Estado (Agostinho; Amorelli; Ramalho, 2015, p. 8).

Em termos históricos, a engenharia se desenvolveu principalmente por meio de educação formal, frequentemente com ligações diretas ao Estado, especialmente no contexto militar. Assim, os Estados nacionais investiram significativamente em armamento e industrialização, muitas vezes motivados por questões fronteiriças (Anderson, 1984). Nesse sentido:

Embora importante parcela da demanda pelos serviços de engenharia continue sendo impulsionada pelas ações militares, o aumento da população urbana e da complexidade da vida moderna vem abrindo novas fronteiras para a engenharia. Dentre essas, as engenharias civil, mecânica, química e industrial (ou de produção) são as primeiras a emergirem nas sociedades industriais. Cada modalidade, por sua vez, reflete as especificidades de uma certa categoria de problemas, cuja solução está em um dado campo do conhecimento (Agostinho; Amorelli; Ramalho, 2015, p. 8).

Os engenheiros, portanto, não conseguiram se desvincular totalmente do Estado e de seu maquinário bélico, porém as necessidades de bem-estar de indivíduos civis os empurraram para o mundo do consumo, onde há uma boa demanda pela tecnologia, na medida em que “[...] o trabalho dos engenheiros é importante no dia-a-dia de uma sociedade” (Bazzo; Pereira, 2006, p. 65). A partir desse momento, a engenharia se torna multifacetada. Embora tenha estabelecido uma relação mais clara com as ciências experimentais, ainda compartilha características comuns, como a matematização da linguagem e a associação com pelo menos uma das ciências modernas, permitindo a compreensão profunda dos fenômenos — o que não é uma preocupação genuína da tecnologia, pois esta se foca na eficácia.

É o caso da engenharia mecânica: nela há a matematização de cada uma das peças planejadas, que são medidas de acordo com suas dimensões

e interações, entre outros aspectos mensuráveis; há, ainda, uma forte presença da física como descritora das relações entre as peças e os ambientes, o que cria a possibilidade de se calcular índices como o de desgaste. Contudo, se não houver, finalmente, o genuíno interesse de *incrementar* algo que já existe em longa escala, não há nem motivação econômica nem moral de se manter esse curso. Então, esse mecanismo explica as dificuldades de se efetuar um programa de filosofia da engenharia.

É relevante lembrar que as diferentes áreas da engenharia frequentemente competem entre si pela supremacia. Compreender qual ramo da engenharia está em destaque em diferentes momentos históricos nos ajuda a explicar as sociedades e as mudanças ao longo do tempo. Por exemplo, a predominância da engenharia mecânica em sociedades industriais é muito diferente da influência da engenharia de software em uma sociedade da informação. De qualquer jeito, com ou sem mandatário, estabelece-se uma divisão do trabalho:

Dessa forma, os problemas referentes à construção de moradias, de prédios públicos e de sistemas de saneamento e de abastecimento de água exigem do engenheiro civil conhecimentos, por exemplo, sobre ciências dos materiais e física dos solos. O projeto de máquinas para a indústria, ou de automóveis e equipamentos domésticos, exige do engenheiro mecânico forte embasamento em física. Os problemas surgidos com a força motriz baseada na queima de derivados do petróleo impuseram ao engenheiro químico a necessidade de domínio da termodinâmica e da mecânica dos fluidos. Dentro de tal contexto, os problemas relativos ao aumento da escala de produção e às mudanças na organização do trabalho — assim como seus impactos sobre a eficiência industrial — fizeram surgir uma categoria de engenheiros que têm como diferencial a especialização em ciências humanas e sociais: o engenheiro de produção. Tal fenômeno continua ocorrendo atualmente, com o surgimento de novas modalidades e novas especializações dentro da engenharia, conforme novos desafios vão exigindo o domínio de outros conhecimentos científicos (Agostinho; Amorelli; Ramalho, 2015, p. 8).

Logo, todas essas especialidades convergem para um projeto maior, que é o da tecnologia. Por mais que a atitude de produzir tecnologia implique uma relação com o mundo, o objetivo final pode ser definido numa frase: “melhorar a vida humana”. Esta é uma diretiva ética bem palpável e algo um tanto altruísta, pois, aparentemente, o bem humano é o fim último e único, e apenas o próprio humano é capaz de pervertê-lo utilizando outra possibilidade da tecnologia: a de incrementar a capacidade do extermínio — algo sem dúvida ilustrado pela bomba atômica e pelo Holocausto, tão eficientes que mataram até mesmo a crença na *belle époque*.

Para encerrar esta seção, é justo fazer uma retomada dos principais pontos discutidos até então por meio dos dados coletados. Segundo os autores, a essência humana está manifesta nas diferentes engenharias, desde a variedade cronológica (por nós rejeitada) até a variedade técnica. Ela expressa a atitude que está ligada a facilitar processos, quer seja por economia de tempo ou de recursos. Dessa maneira, fazer engenharia não implica nenhum tipo de conhecimento profundo sobre a realidade, visto que depende da capacidade de abstrair-se e reorganizar-se essa própria realidade, o que é outro nível de complexidade. É possível, portanto, separar tecnologia da engenharia, na medida em que a tecnologia não necessariamente implica em maquinário complexo.

Assim, por exemplo, na Pré-História, já existia tecnologia na forma de instrumentos. Esses instrumentos materializavam a tecnologia e a tornavam utilizável, transformando práticas. Embora a tecnologia pudesse ter um caráter experimental, muitas vezes estava relacionada a tentativa e erro simples: tratava-se de alterações superficiais que envolviam a recombinação de elementos já presentes na natureza, cuja utilidade era testada no uso.

A ciência antiga e medieval do Ocidente relegou a técnica a um segundo plano no conhecimento humano, considerando-a menos nobre do que a especulação extramundana. No entanto, a ciência moderna, que buscava compreender o mundo, reconheceu a tecnologia como o outro

lado da moeda. O progresso, nesse contexto, permite que a modernidade se apresente como um projeto superior à tradição. Assim, a engenharia desempenha um papel fundamental na modernidade, mantendo e aprimorando a abundância material. Ela permite que o intelecto humano seja expresso de maneira ordenada e impessoal, superando os fazeres individuais do líder ancião por meio de artefatos concebidos por muitas mentes.

A história da engenharia não se encerra aqui. Com o tempo, diversas hegemonias se formam entre as diferentes especialidades da engenharia, mas não nos aprofundaremos exatamente nessa diversidade e suas interações. A profusão de tipos de engenharia pode ser um tema interessante para pesquisa, inclusive dando origem a uma nova disciplina: a história da engenharia. Nesse contexto, abordamos a engenharia de forma mais contextual do que reflexiva, o que abre um nicho de estudo. Todavia, essa historiografia exigiria conhecimentos tecnológicos do pesquisador para não se limitar a uma mera correlação superficial de dados.

Por fim, é importante observar que a engenharia não perdeu prestígio (ou consenso) da mesma forma que a ciência moderna, frequentemente atacada pela pós-verdade. Isso ocorre porque a estatística tem contribuído para melhorar a precisão da engenharia. Enquanto a investigação da essência não é o foco principal, a recorrência e as relações entre dados são cruciais. Nesse contexto, a estatística se mostra ideal para coletar e interpretar grandes volumes de informações. Se para a ciência a adoção da estatística pode ser prejudicial para um discurso universalista, para a engenharia ela permite organizar e analisar por variáveis, assim como desvincular o saber de seu *background* histórico, pois a linguagem utilizada é a matemática e esta não precisa da historiografia para se fazer entender. Nesse caso, historiadores da engenharia podem reivindicar a importância de sua área não por uma questão identitária, mas sim como a detecção de mais referências para as invenções sistemáticas posteriores.

2.2 FILOSOFIA DA DISCIPLINA

Traçar uma filosofia da engenharia é uma tarefa complexa, pois o esforço tecnológico absorve grande parte da atividade reflexiva. No entanto, como mencionamos anteriormente, existe um aspecto científico na engenharia, e há cientistas que se dedicam à filosofia de suas disciplinas, mesmo que não sejam os mais prestigiados em suas áreas específicas. Embora haja pouco material disponível para análise, ele existe precisamente porque a engenharia tem influência na ciência. Logo, essa preocupação não deve ser descartada.

Da filosofia da engenharia, podemos encontrar duas vertentes. A primeira se refere a uma filosofia baseada na engenharia de fato, expressão que soa um tanto estranha antes de se considerar o seu contraponto. A segunda tem a ver com um “incremento” da engenharia para responder aos problemas atuais. Nesse sentido, é uma retomada do sentido usual, apresentado na seção anterior, da engenharia para produzir a possibilidade de uma maior conexão com as necessidades humanas. Vamos detalhá-las em seguida.

Sobre a filosofia da engenharia como campo de estudo da própria engenharia e sua prática, temos esta primeira aproximação:

Para Meijers (2009), o tema Filosofia da Engenharia é bem recente, com os primeiros trabalhos sendo publicados somente no final do século XX e início do século XXI. Meijers (2009, p. 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*. 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, p. 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*, que cresceu de importância. Contudo, esse período é de estagnação (Silva, 2011, p. 11).

Meijers, portanto, detecta uma espécie de “pré-história” da filosofia da engenharia, no sentido de que não é captável uma reflexão sistemática dos estudantes da área, o que é bem esperado se levarmos em consideração a apreciação anterior dos materiais didáticos oferecidos a alunos de engenharia. O interessante é que detectar essa falta (no sentido de nicho) de abordagem do assunto pode ser justamente um problema a ser resolvido pelo engenheiro, e que faz a área se expandir, entrando em consonância com o próprio lado “engenhoso” da engenharia. E, se há um problema prático posto, o engenheiro vai tentar encontrar meios de resolvê-lo, a diferença é o retorno que isso dará: o engenheiro pode receber algum prestígio por resolver um problema prático, porém o filósofo da engenharia pode não ser reconhecido nem mesmo pelos seus colegas de campo, já que o problema que ele resolve não intervém diretamente em alguma tecnologia.

O começo dessa filosofia da engenharia é definir a si mesma, e para isso é preciso “matar” os pais “ciência e matemática”. Somente assim é possível conquistar o *status* de engenheiro, o que permite encontrar com a autonomia final proposta:

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 enge-

nharia) 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 (Silva, 2011, p. 11).

Então, podemos perceber que a filosofia da engenharia se bate com questões fundamentalmente éticas, como por exemplo: (i) a essência da tecnologia sendo boa ou má; e (ii) a neutralidade da engenharia. Nesse caso, cientistas humanos e filósofos não possuem o conhecimento técnico na produção dos artefatos, apenas conhecem a sua consequência, ou as estimam por meio de indicadores não propriamente tecnológicos, mas sim de sua área. O engenheiro consegue projetar mentalmente, previamente realizando a escolha de materiais, o que coloca uma capacidade de escolha em várias etapas do processo de construção do artefato. Podemos perceber, assim, que a filosofia da engenharia não estava presente, cronologicamente, no projeto moderno, o que evidencia que o esforço reflexivo dos engenheiros estava totalmente voltado para a transformação da matéria

até então. O mesmo não ocorreu com a filosofia da ciência que, no século XIX, já contava com um *background* prévio:

A ciência possui a reflexividade que favorece pensar a filosofia e a história disciplinar. No entanto, a engenharia talvez não o faça porque justamente já integra as ciências. Assim como as ciências básicas e aplicadas, a Engenharia também é responsável por tecnologias para o desenvolvimento da sociedade, sendo que desempenha um significativo papel em todo o decorrer da história da humanidade. Pode-se dizer que suas contribuições começaram com a capacidade do ser humano de dar formas a objetos naturais e a empregá-los para determinados fins. Depois, com a expansão dos conhecimentos científicos e com a sua aplicação aos problemas práticos, surge o engenheiro, que é resultado de uma evolução ocorrida durante séculos. A Engenharia ainda esteve presente em muitos outros momentos da história desenvolvendo, dentre outras coisas, os sistemas de transporte e comunicação, sistemas de produção, processamento e estocagem de alimentos, sistemas de distribuição de água e energia. Criando instrumentos, informações, dispositivos ou processos, os engenheiros contribuem para que se garanta ao homem um trabalho menos árduo e uma vida mais digna (Perfoll; Rezen- de Jr., 2006, p. 60).

Nesse caso, o fato de integrar a ciência já confere uma estabilidade identitária que talvez a ciência nunca venha a alcançar (lembramos que são múltiplas ciências, e que, em contrapartida, a engenharia só se divide por conta dos materiais). Isso só comprova que o empenho da atitude tecnológica estava realmente voltado para a transformação da vida humana, na busca da diminuição do trabalho e da busca por dignidade. Dessa forma, a filosofia da engenharia não estava presente, porém a investigação tecnológica sempre o esteve, desde a Pré-História. Se essa primeira vertente não é muito preferida pelos engenheiros para engendrar reflexividade, a segunda perspectiva, da filosofia da engenharia, pode ser caracterizada como uma ironia, por mais estranho que pareça. O filósofo da engenharia,

no sentido estrito do termo, afirma que o pensamento técnico não é o único que deve ser cultivado pelo profissional, pois ele não é mais o *suficiente* para o mundo atual. Todavia, não quer dizer que a filosofia a ser retomada é propriamente a filosofia da engenharia, ou pelo menos uma história da filosofia da engenharia. Há uma espécie de reflexividade bem própria:

Um engenheiro não pode mais ser visto apenas como um técnico, por mais habilidoso e altamente especializado possa vir a ser. A reflexão contínua sobre os impactos do seu trabalho, no meio ambiente e na sociedade, o transforma, necessariamente, num ser político por natureza. Neste sentido a epistemologia se faz cada vez mais necessária a todos os cientistas e engenheiros, afinal ela é histórica e crítica por natureza (Pereira Filho, 2001, p. 21).

Ou seja, o saber técnico tecnológico e lógico permite um diálogo com as coisas e mesmo com as pessoas, embora elas produzam os problemas a serem resolvidos. Cria-se no engenheiro, portanto, uma alienação com o todo fora dessas resoluções de problemáticas. Essa vertente da filosofia da engenharia, destarte, é mais recente do que a filosofia *strictu sensu*, porém parece ser constituída por um ideal contestador muito fortemente estabelecido, o que lembra as vertentes filosóficas mais cétricas.

Com relação a essa disciplina, é possível tecer algumas considerações. Parece-nos uma tarefa bastante dificultosa discutir epistemologia a partir do olhar da engenharia, pois a pergunta não é pela realidade em si, mas sim pelo modo como é possível transformar os recursos, ainda que se possa discutir o modo como esses recursos são selecionados e articulados na produção do artefato, o que é uma discussão estritamente técnica. A intermediação da visão instrumental da materialidade implica uma “camada simbólica” que impede de acessar a materialidade em si devido à complexidade dessa análise: a operacionalidade faz testes de viabilidade que não miram no âmago dos objetos mobilizados para um fim, mas sim no seu comportamento no uso humano.

Logo, para a instrumentalidade, não há necessidade de conhecer-se a essência, a qual é tão complexa e absorvente que inviabilizaria a operacionalidade, que é a busca da resolução dos problemas. No entanto, essa opção por qual dimensão estudar não era possível na época da tecnologia pré-engenharia — aliás, uma era da tecnologia em contraposição a uma época da tecnociência poderia ser uma maneira de desnaturalizar a tecnologia como uma característica da sociedade atual, pois sempre fomos uma sociedade tecnológica, mesmo antes da civilização. Desse ponto, seria possível derivar uma filosofia da engenharia:

Assim surgia o homem, apontando traços de um ser transformador e criador. Somente através do emprego de sua capacidade intelectual primitiva é que foi capaz de estabelecer relações fundamentais que o auxiliaria a modificar o meio, empregando uma técnica até então inexistente. O homem surgiu somente no exato momento em que o pensamento aliou-se à capacidade de transformação (Ducassé, 1987, p. 15).

Essa capacidade de transformação é a “camada simbólica” a qual nos referimos anteriormente. A técnica é esse *detour* da essência, uma dessacralização daquilo que o mundo lega e recebe, pois ele não é mais percebido no modo como se apresenta, e sim naquilo que pode ser, em uma condição de possibilidade que se traduz na operacionalidade. Assim, uma filosofia da engenharia emerge ao conceber o mundo material como simultaneamente possibilitador e meio para resolver problemas que, na modernidade, assumem proporções maiores e se tornam riscos, dada a sua escala ampliada. Entretanto, na era tecnológica:

Nossos antepassados primitivos já utilizavam objetos achados na natureza como instrumentos que lhes garantissem uma extensão do corpo, porém não mostravam nenhuma intenção de modificá-los ou melhorá-los. O potencial tecnológico do homem estava presente, contudo ainda faltava um lampejo do intelecto para que mudanças significativas come-

çassem a ser empreendidas (Veraszto; Silva; Miranda; Simon, 2009, p. 22).

Ora, afirmar que não há intenção de melhora dos objetos é uma afirmação um tanto infundada, uma vez que existe uma linhagem de ferramentas (conhecidas e desconhecidas) que se apresentam nos museus, além de ser impossível determinar intencionalidade de indivíduos que não deixaram nem letras e nem falas para a análise sociológica. Os objetos da natureza, portanto, são reorganizados pelo pensamento instrumental do homem primitivo, e a transformação é superficial, não chega a ser química ou permanente, não há materiais sintéticos. Nesse momento, o engenheiro pode afirmar que essa é a primeira geração, que é uma tecnologia individualizada, produzida por um inventor/artesão.

Ao invés de tentar obter representações fragmentadas devemos considerar a tecnologia como um corpo sólido de conhecimentos que vai muito além de servir como uma simples aplicação de conceitos e teorias científicas, ou do manejo e reconhecimento de modernos artefatos. Precisamos deixar bem claro que o conhecimento tecnológico tem uma estrutura bastante ampla e, apesar de formal, a tecnologia não é uma disciplina como qualquer outra que conhecemos, nem tampouco pode ser estruturada da mesma forma. O conhecimento tecnológico não é algo que pode ser facilmente compilado e categorizado da mesma forma como o conhecimento científico. A tecnologia poderia ser apresentada como uma disciplina, mas sabemos que é mais bem qualificada como uma forma de conhecimento, e por isso adquire formas e elementos específicos da atividade humana. Dessa forma podemos dizer que o caráter da tecnologia pode ser definido pelo seu uso [...]. Nesse sentido a tecnologia se distingue da ciência também nos seus modos de avaliação. O valor da pesquisa e da atividade tecnológica é o da utilidade e eficácia dos inventos e da eficiência no processo de produção [...] não é também uma simples invenção. Enquanto um inventor trabalha no mundo de suas idéias como um artista, o profissional de tecnologia trabalha geralmente em equipe com objetivos

determinados (Mitchan *apud* Rodrigues, 2001). Temos ainda que considerar que a tecnologia é concebida em função de novas demandas e exigências sociais e acaba modificando todo um conjunto de costumes e valores e, por fim, agrega-se à cultura. E, apesar de fazer parte dos artefatos e dos produtos que nos cercam, a tecnologia é o conhecimento que está por trás desse artefato, não apenas o resultado e o produto, mas a concepção e a criação (Silva *et al.*, 2000). E isso envolve muito mais elementos sócio-culturais do que se possa imaginar (Veraszto; Silva; Miranda; Simon, 2009, p. 37).

É possível notar que a filosofia da engenharia, por conta de sua descendência quase que direta da tecnologia, é quase uma filosofia da história. Nesse sentido, a engenharia é, mesmo que contraditoriamente, uma “essência histórica” expressa nos fatos, que se batem entre aquilo que o mundo oferece e aquilo que o homem consegue construir. Em outras palavras, a engenharia trabalha com a materialidade para produzir a tecnologia e precisa da materialidade histórica para apresentar-se a si mesma como parte da natureza humana. Ou seja, uma filosofia refletida da engenharia não consegue sair da circularidade de provar que o homem é essencialmente tecnológico, o que talvez servisse para legitimar a engenharia diante dos outros conhecimentos.

Logo, a engenharia é a atitude tecnológica de reaproveitar os recursos encontrados para um fim humano, reconhecível através dos problemas. Mas como isso se reflete na função na modernidade?

2.3 FUNÇÃO DA ENGENHARIA NO PROJETO MODERNO

Quase todo otimismo tem, ao menos, uma dose de “presente futurizado”, pois o futuro se torna predito a partir do presente e toda a insegurança do porvir se esvaece. No otimismo moderno a engenharia cumpre uma função bem especificada, a qual conheceremos com mais detalhe agora.

A função da engenharia é institucionalizar a tecnologia, que vinha sido exercida de maneira individualizada e de modo artesanal até então.

Apenas com essa institucionalização é que se torna possível pensar a longa escala e englobar toda a humanidade em sua homogeneização. A presente associação foi de tal modo exitosa que parte da ciência se apropria da tecnologia e, por isso, temos a vertente da tecnociência.

Juntando os dados aqui encontrados pode se estabelecer que a engenharia faz uma espécie de “dupla” com a biologia em ao menos duas dimensões. A primeira é na biotecnologia e em outras engenharias baseadas na biologia. A segunda é na cultura que se quer moderna: a biologia contesta a cultura pré-moderna por meio da intelectualidade do experimento, ela quer persuadir pelas evidências; já a engenharia deseja persuadir materialmente, mudando os hábitos pré-modernos — e mudar os hábitos é uma das maneiras de se pôr em xeque pensamentos que deram origem a esses hábitos e que vinham sendo passados de geração em geração.

É nesse ponto que acontece uma realimentação entre a engenharia e as ciências, pois existe o ímpeto de “inconformidade” com os atos culturais que levaram à sobrevivência e que é oriunda da tecnologia, aliando-se ao ímpeto investigativo da ciência. Nesse caso, a engenharia se torna o direcionamento da ciência moderna da explicação para a conexão com o progresso material, costurando-os. Como resultante desse casamento, a modernidade se compõe dessa compreensão do real e da recusa ao estabelecido, o que conduz ao novo provisório, e é uma contradição interna que os modernos resolvem criando divisões do trabalho, que deixa os indivíduos constantemente absorvidos.

Em suma, se a matemática contribui com a estabilidade, ela deu um solo firme para a ciência moderna — em realidade, firme até o surgimento dos paradigmas da incerteza. Tal como apreciaremos adiante, a engenharia, por seu turno, promoveu a miscelânea das ciências e delas extraiu seus potenciais tecnológicos. A primeira mistura das ciências, portanto, não foi a interdisciplinaridade, e sim a engenharia e seu borrar de fronteiras quando se trata de buscar o incremento tecnológico.

É desse lugar de discussão que se pode delimitar com mais clareza o lugar da engenharia no projeto moderno, que é justamente no seu diálogo com a ciência:

O conhecimento prático dos engenheiros foi de grande importância para a ciência que se delineava nos séculos XVI e XVII. As oficinas eram um espaço onde o saber técnico, cultivado ao longo de séculos de tradição oral, começava a ser registrado em papel, podendo ser mais eficientemente transmitido. Ao mesmo tempo, ainda que fossem “homens sem letras” (já que não estudavam nem filosofia nem teologia — as disciplinas dos estudos acadêmicos da época), os engenheiros do Renascimento também se dedicavam à aprendizagem teórica. Isso foi possível devido a um engenho em particular que permitiu a publicação de tratados técnicos de importantes autores da Antiguidade. Graças à imprensa de tipos móveis de Gutemberg, textos sobre máquinas de Arquimedes ou sobre estudos matemáticos de Euclides puderam ser traduzidos em vários idiomas europeus. A partir daí, foram publicados vários “cadernos de anotações” que reuniam o conhecimento prático da época aos comentários dos textos antigos. Essa dinâmica contribuiu para semear um terreno — que já era fértil para o desenvolvimento da ciência — de onde partiria a Revolução Científica do século XVII. A prática da engenharia foi fundamental para alimentar a reflexão teórica, dando origem à ciência moderna. O século XVIII, conhecido como o Século das Luzes, vê surgir uma nova cultura, uma nova racionalidade baseada no pensamento científico e na busca de evidências experimentais. A publicação da Enciclopédia, em 1745 (dois anos antes da primeira escola de engenharia), foi um marco do esforço em aproximar a ciência da solução dos problemas práticos do cotidiano. Intitulada também “Dicionário Racional de Ciências, Artes e Ofícios”, a obra reunia tanto intelectuais quanto artesãos entre seus autores. Além de conhecimentos científicos, a Enciclopédia apresentava também detalhes de artefatos técnicos e de processos de fabricação. Com a publicação de edições posteriores menores, foi grande o sucesso comercial. Isso favoreceu a difusão dos novos conhecimentos (Agostinho; Amorelli; Ramalho, 2015, p. 8).

Como funciona esse processo para os autores? Seria, aparentemente, assim: (i) preservação do conhecimento oral por via da sua aplicação; (ii) imprensa de Gutemberg; (iii) alimentação da reflexão teórica. Ou seja, a engenharia permitiu a efervescência das ciências experimentais no tocante a facilitar a circulação de informações entre os cientistas. No entanto, frutificar a ciência é só um lado da moeda: a engenharia também possibilitou a mudança das condições de sobrevivência e, efetivamente, facilitou a sobrevivência humana na modernidade, o que teve implicações diretas como a transição demográfica. É claro que se pode, como fazem os intelectuais da corrente crítica, questionar-se a quais seres humanos chegaram esses artefatos da engenharia, em uma lógica de reprodução social; porém, é um tanto inegável que um ser humano submetido a condições de vida perfeitamente tecnológicas vá ter uma expectativa quantitativamente maior do que uma pessoa que não está nessas condições.

Além do mais, segundo os mesmos autores, as oficinas, lugar do claustro, se tornaram locais de inventividade, cujos avanços de saber vão sendo documentados e isso supera a transmissão da informação por via geracional, acrescida do diálogo com as obras gregas antigas, difundidas por sua reprodutibilidade técnica, como diria Walter Benjamin. Desta transgressão da prática foi possível criar certa carga teórica para discutir com a ciência do século das luzes, e não é impossível afirmar que a crença no progresso tenha sido sugerida pelas inventividades da engenharia, pois seus resultados eram (e ainda são) palpáveis, o que os torna amplamente comunicáveis para pessoas de fora da bolha dos intelectuais. Ora, é ela que, no diálogo com a ciência e com os gregos, consegue propor questões práticas de maneira mais ampla, para além dos problemas cotidianos.

Assim, a ciência abastece a engenharia com conteúdos que permitem uma busca tecnológica mais sistemática, e a engenharia abastece a ciência com resultados eficientes — e também comprobatórios, entretanto a empiria em si já comprova a ciência independentemente da investigação que a tecnologia consiga fazer. Sobre este otimismo, o lastro escrito e a

matemática construíram a ponte necessária para a construção dessa *belle époque*, com encantamento pela ciência, que é um tanto ingênua por se focar em seu nível de complexidade e não conseguiu prever, por exemplo, o uso de uma bomba atômica. Explicamos o termo “ingenuidade”: é uma ideia um tanto limitada cogitar que todos os cientistas envolvidos em ciência teriam o mesmo propósito — estudos sociológicos demonstram que a expansão de uma prática implica a heterogeneidade do grupo que venha a se formar em volta dela.

Outro dado interessante quanto à engenharia na modernidade é que, até a modernidade enquanto período histórico, a engenharia era ligada à geografia:

Historicamente falando, tanto na Idade Média, quanto no Renascimento, a Engenharia era considerada como um ramo da Geografia e, particularmente, o estudo da Geografia da Terra era parte de uma ciência maior denominada Cosmografia. Os dicionários da época definiam a Cosmografia como uma descrição do universo, cuja abrangência compreendia a Astrologia, a Hidrografia e a Geografia que descreve as terras, as províncias e os impérios da Terra. Em 1510, surgiu [...] o termo “geógrafo” na obra de Lemaire de Belgs. Nascido em 1473, atualmente Bélgica, foi poeta, historiador e um dos principais precursores, tanto no estilo, quanto no pensamento dos renascentistas-humanistas na França e Flanders [...]. Isso já era um sinal de que estava sendo feita uma diferenciação entre a Geografia e a Cosmografia. Segundo Oronce Fine, um dos primeiros a se debruçar sobre as diferenças nos dois campos, a Geografia difere da Cosmografia porque ela distingue a Terra por montanhas, rios, riachos, sem olhar corpos celestes. A seu turno, Pedro Nunes foi o primeiro cosmógrafo-mor do reino português, responsável por promover o desenvolvimento de conhecimentos que englobassem também a realização das viagens náuticas. Além disso, sua Cosmografia tinha como objetivos realizar observações astronômicas, produzir cartas, desenvolver instrumentos astronômicos e marítimos, ensinar e preparar os demais cosmógrafos, projetar as construções de defesa e armamentos de guerra. A maioria dos en-

genheiros-mor do reino português tiveram sua formação no Colégio de Santo Antão em Lisboa e assistiram às Aulas de Esferas ministradas pelos jesuítas, principais mestres das bases fundamentais da Engenharia na época. No ano de 1562, o rei Dom Sebastião criou a Escola Particular de Moços Fidalgos do Paço da Ribeira, onde se ensinava Engenharia Militar para os jovens nobres que iriam servir em cargos militares, particularmente em terras distantes. No fim do século XVII, a Cosmografia passou a se referir aos conhecimentos do cosmos, ligada também à formulação de conhecimentos úteis à navegação. A seu turno, a Geografia estava limitada à descrição da Terra. Nesse contexto, os engenheiros militares surgiam como aqueles que mais conheciam as questões da Terra, já que estavam envolvidos com a construção de complexos sistemas de defesa. Com os conhecimentos cosmográficos e geográficos separados, houve também a divisão do cargo de cosmógrafo-mor. Luís Serrão Pimentel, cosmógrafo-mor e engenheiro-mor em caráter hereditário, dividiu-os entre seus dois filhos: um deles, Manoel, se tornou cosmógrafo e professor da Aula de Navegação e o outro, Francisco, se tornou engenheiro e professor da Aula de Matemática. No interior da Geografia, a Engenharia começava a ser um conhecimento específico, pois a guerra e a defesa de territórios exigiam saberes cada vez mais complexos e especializados. Esse desmembramento ocorreu porque a Engenharia abrangia vários outros campos, estranhos à Geografia. Contudo, inicialmente, vale ressaltar que esses saberes construtivos eram de origem militar. Como já apontado, a história do homem e a organização social mostram que, desde a Idade Média, a Engenharia sempre esteve fortemente ligada à criação de sistemas defensivos ou ofensivos. Um fato interessante, que comprova essa ligação, reza em um dicionário da língua portuguesa publicado em Lisboa, em 1739. Nele, não há registro de um verbete específico para a Engenharia. A ideia da palavra aparece apenas indiretamente, subalterna à “engenheiro”, significando a arte ou a ciência que os “engenheiros” desenvolviam. Por sua vez, o engenheiro era aquele que fazia máquinas e obras para a guerra ofensiva e defensiva, ou o que fazia qualquer gênero de máquinas e engenhos. De outra perspectiva, o engenheiro militar português, além de suas funções relacionadas ao

planejamento, construções, reparo de fortificação e criação de armas, também tinha a função de produzir mapas. Porém, a criação de escolas militares de Engenharia na Inglaterra e na França acabou fazendo uma divisão entre aqueles que produziam mapas, em dois grupos distintos: os engenheiros militares que faziam mapas de pequenas regiões a partir de observação direta do local a ser representada e os geógrafos que, confinados em seus gabinetes, faziam mapas de grandes extensões de terra, a partir da consolidação de informações retiradas de diversas fontes (Macedo; Sapunaru, 2016, p. 41).

Os engenheiros, portanto, estão vinculados, prioritariamente, à questão bélica; dessa assertiva acaba abrindo-se espaço para uma leitura contratualista: da belicidade entre os Estados nacionais já consolidados se gerou uma estabilidade, codificada no tratado de paz de Westphalia. Após essa estabilidade promovida pelo “contrato social”, liberou-se a engenhosidade dos engenheiros para a busca do progresso material. Do “todos contra todos” pré-ciência gerou-se a energia psíquica reaproveitada para o bem da humanidade como um todo, criando o sentimento de unidade. No entanto, não se está focando na humanidade de maneira direta: é o progresso que, indiretamente, beneficia-a na sua dimensão material. Talvez o materialismo enquanto pré-requisito dessa relação tenha contribuído para a facilidade dos engenheiros e cientistas mais belicosos moverem a ciência e a tecnologia para, provavelmente, acabar com o estado de natureza por via da supremacia de um dos “lobos”, que se tornou um novo “Leviatã”. Colocar a engenharia, na tecnologia bélica, a serviço de uma nação possivelmente tenha sido encarado como uma violência purificadora para alguns engenheiros e cientistas, que aderiram a esse projeto.

Desse consolidado é possível extrair algumas conclusões gerais para a nossa pesquisa. A primeira é de que existe uma filosofia da engenharia que usa a reflexividade para incrementar o consumo de artefatos tecnológicos, e outra, propriamente, é de vertente mais epistemológica. No entanto, essa epistemologia fica um tanto “barrada” pelo foco na complexidade do uso

dos objetos, pois abre-se, aí, a possibilidade de inúmeras ponderações que são imersivas por si só. Assim, a engenharia, que é a soma da tecnologia, matemática e ciência, pode utilizar-se do seu lado científico para pensar a realidade, porém sem os demais instrumentos científicos adequados para a investigação ou o mesmo enfoque de desbravar o mundo em sua causalidade.

Se já lidamos com as ciências e a engenharia, agora podemos nos defrontar com um dos último componentes dessa *belle époque*, a matemática, a qual é tão relevante que muitos engenheiros se referem a ela como uma função especial: “A Matemática está na base de todas as ciências e das engenharias” (D’Ambrosio, 2011, p. 73). No próximo capítulo, exploraremos a filosofia, a história e a função da matemática no contexto do projeto moderno.

3 MATEMÁTICA

De um ponto de vista generalista, a matemática é uma filosofia dos algarismos. Assim o afirmamos porque, da abstração chamada “números”, é possível derivar uma série de relações entre eles que não são inteligíveis de uma maneira linear e, além dessa interação entre os números por si mesmos, existe uma complexa história da matemática que pode ser considerada mais antiga do que as ciências justamente porque ela não precisa de todo o aparato que um cientista para executar a investigação. Para algumas áreas da matemática, a mente é o suficiente para se começar a comunicação e se testarem as hipóteses, como se fossem experimentos mentais.

Mas é possível avançar nesse tópico indagando-nos, inicialmente, sobre qual seria a definição de matemática:

O termo matemática tem origem na palavra grega — com pronúncia vizinha à de sua descendente em língua portuguesa — μαθηματ ικα. Esta, por sua vez, provém da palavra μαθημα, que significa, simplesmente, conhecimento. Esse curto exercício de etimologia em si já é fonte de evidências históricas. Os pensadores da Grécia Clássica, ao racionalizar a compreensão de quantidades e formas, estruturaram a matemática como modo de pensar. Ela, ao longo da história, teve papel central na maneira como o homem entende o mundo — o que induziu os gregos a tratá-la como a essência do conhecimento (Mol, 2013, p. 9).

Essa delimitação, de fato, não define, apenas aponta para a seriedade da questão, fazendo alusão aos gregos e à matemática como fundamento último da realidade. Pela visão helênica, a matemática também poderia ser encarada como o “sedimento simbólico”, pois é uma estrutura invisível para os sentidos fora da dimensão de sua representação, porém visível

para o intelecto e que serve para ordenar a realidade. Diferentemente dos engenheiros, os matemáticos não se advogam como parte da essência humana — no máximo estão ordenando o mundo, estruturando-o. Assim, uma oposição já se estabelece: a matemática no todo e a engenharia na parte, e a legitimação também é diferente: uma ôntica e a outra humana. Qual a implicação dessa concepção na história da matemática? Em uma primeira mirada, nenhuma, mas veremos que no olhar profundo essa falta de relação não se sustenta.

3.1 HISTÓRIA DISCIPLINAR

Diferentemente da engenharia, a matemática data desde a antiguidade, porém não antes da tecnologia, que é mais antiga que ambas. Devlin (2003, p. 7) afirmou: “Até o ano 500 a.C., ou por volta dessa altura, a matemática era, efectivamente, o estudo dos números” [...], mais especificamente do princípio de contagem, que é uma noção matemática básica.

Começamos a nossa história abordando aquela que parece ser a noção matemática mais simples: o processo de contagem. Ele começou a ser desenvolvido pelo ser humano muito antes de haver escrita ou civilização e, por isso, possuímos poucos elementos concretos para sua análise. No entanto, as habilidades de contagem precedem qualquer desenvolvimento matemático mais sofisticado e sua compreensão é um passo inicial essencial para uma abordagem histórica da matemática (Mol, 2013, p. 9).

Ou seja, podemos perceber certo cumulativismo nessa relação, pois parte-se desse princípio para começar a se pensar uma possibilidade de história disciplinar. Isso alude também à necessidade de se possuir um conhecimento técnico para se conseguir compreender a área, visto que não são apenas os fatos por si: há todo um revestimento de saber técnico que faz com que as ideias científicas adquiram um sentido epistemológico, e a narrativa não dá conta dessa dinâmica por si só. Nesse ponto aparece

um outro tipo de essencialismo, expresso pela via cognitiva, e não tanto pela metafísica, como foi o caso da engenharia:

O ser humano possui habilidades naturais para pensar noções quantitativas rudimentares: muito e pouco, grande e pequeno, lento e rápido. A evolução humana, de uma vida primitiva para uma vida em sociedade, incorporou novos desafios sociais e econômicos. Novas demandas surgiram na organização do espaço, nas técnicas de produção e nas relações de natureza comercial. Estímulos vieram da interação com a natureza ao seu redor, em especial da observação dos céus. O homem se viu assim diante da necessidade de pensar numericamente (Mol, 2013, p. 13).

Nesse caso, a matemática é formulada pelo cérebro e com ele se estrutura a percepção de mundo. Assim, a matemática poderia ser considerada, com justiça, como um intermediário entre a física e a metafísica e, ao menos para os gregos, a matemática passa certa ilusão de realidade, ou, ao invés de ilusão, uma verdade que precisa ser apreciada por meio dos números, que conseguem organizar a realidade de maneira ampla e sem o engano dos sentidos. De qualquer modo, esse “[...] processo de contagem é algo sofisticado e não se trata de algo instintivo ou inato. Seu início aconteceu quando o homem desenvolveu a capacidade de comparar conjuntos de objetos e estabelecer entre eles uma correspondência um a um” (Mol, 2013, p. 13).

A associação, destarte, se dá entre conjuntos, uma atividade categorística e que permite um encadeamento sequencial para uma ordenação primária. Ou seja, ainda há a cognição em jogo por meio da percepção e da aproximação com os conjuntos de objetos, o que aproxima a matemática da engenharia na questão da modulação da realidade. O processo de contagem, portanto, é irrastrável:

Considerando as evidências de que a contagem iniciou com os dedos, infere-se que a maneira de usá-los foi determinante

na escolha das bases para os sistemas numéricos. A base 10, que hoje usamos e que era empregada pelos egípcios antigos, teria origem nos 10 dedos da mão. A base 20, usada pelos maias pré-colombianos, teria sido motivada pelo uso dos 10 dedos das mãos e dos 10 dedos dos pés. A contagem em dúzias, ou seja, na base 12, pode também ser vista como de natureza antropomórfica: em uma mão, o dedo polegar é usado para contar as 12 falanges dos outros quatro dedos. A possibilidade de contar 12 unidades em uma das mãos, conjugada com os cinco dedos da outra mão, pode estar na origem de sistemas de contagem na base 60, como era o sistema babilônico (Mol, 2013, p. 14).

A mão humana, nesta relação, emerge como parâmetro para a linguagem, algo parecido com o universalismo linguístico de Chomsky, na medida em que aparece em todas as culturas conhecidas pela arqueologia. Enquanto os animais não se preocupam com contagens complexas, a mão humana desempenha um papel fundamental na criação da cultura. No entanto, ela também se insere dentro dessa cultura, como mostram os gregos: “De 500 a.C. a 300 d.C. foi a era da matemática grega [...] estes encaravam a matemática como uma actividade intelectual que integrava elementos tanto de natureza estética como religiosa [...]” (Devlin, 2003, p. 7). Mas que mais pode se falar sobre os gregos?

A matemática entrou na cultura primeiramente como uma técnica, a de fazer cálculos aritméticos e geométricos elementares, e suas origens perdem-se nos primórdios da história. Dentre os povos antigos, os egípcios foram bons matemáticos, como suas realizações técnicas atestam, mas os babilônios foram ainda melhores. Mas, ainda que essas culturas tenham produzido uma matemática reconhecível como tal, faltava a ela o carácter sistemático, rigoroso, puro — isto é, não empírico — e, em grande medida, a indiferença com o respeito a aplicações práticas imediatas que caracterizam o conhecimento matemático, tal como o entendemos hoje. [...] Certamente os babilônios conheciam o teorema de Pitágoras [...] pelo menos em casos particulares, como atestam docu-

mentos arqueológicos, mas faltava-lhes uma demonstração rigorosa desse teorema, se por isso se estende uma argumentação irrefutável de caráter puramente racional da validade universal do fato enunciado (Silva, 2007, p. 31).

Uma boa parcela da história da matemática se desenrola na Grécia, com seus respectivos intelectuais. Mas há toda uma trajetória anterior, que remete à Antiguidade Oriental, a qual produziu uma matemática mais empírica e, por esta razão, menos rigorosa, uma vez que a associação com a abstração produz outros desdobramentos. Possivelmente, essa associação primária fosse, na verdade, uma tecnologia mais matematizada do que a tecnologia pré-histórica, baseada nas refações por erros. Já os gregos, sim, parecem ter feito uma matemática bem mais abstrata, com as normas intangíveis da mente, na qual prevalecem os números em vez da materialidade. Nomes como Aristóteles, Euclides, entre outros, focaram-se na rigorosidade:

A matemática grega, partindo de Tales de Mileto (c. 625-546 AEC) e Pitágoras de Samos (c. 575-495 AEC), se caracterizou pelo esforço de demonstrar de maneira rigorosa os seus resultados. Os pitagóricos, reunidos onde hoje é a Sicília, defendiam que todas as relações científicas eram expressas por meio de números naturais (1, 2, 3...) ou razões entre tais números, os chamados números racionais, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, etc. Em consequência desta concepção, supunham que o espaço, o tempo e o movimento eram constituídos de elementos discretos (Pessoa, 2017, p. 37).

Se os gregos chegaram ao ponto de formular escolas matemáticas, isso indica uma grande efervescência de ideias na área, com diversas discussões — e sem as discussões, não haveria espaço para demonstrações. Essas demonstrações refletem o diálogo e a interação entre diferentes pensadores, transformando a matemática de mera especulação em uma disciplina operacional.

Avançando para a Idade Média, podemos encontrar algumas páginas de descrição no material:

Resultado da divisão do Império Romano, no ano de 395, em uma porção ocidental e em outra oriental, o Império Bizantino possuía uma população predominantemente cristã e sua língua principal era o grego. Nele, alguma atividade matemática sobreviveu, em nível elementar, consistindo sobretudo de estudos e comentários sobre textos clássicos. Essa atividade intelectual, ainda que limitada, teve uma importante função na preservação do conhecimento clássico (Mol, 2013, p. 74).

A contribuição dos gregos foi tão marcante que se preservou em, pelo menos, duas vias patrimoniais. No entanto, a ciência não teve a mesma sorte e foi perdida nesse processo. A primeira forma de conservação ocorreu por meio dos árabes medievais, que conheceram a efervescência grega através da tradução das obras clássicas, resultando em uma série de matemáticos. A outra fonte de preservação foi a assimilação de Aristóteles e Platão por Santo Agostinho e São Tomás de Aquino. Embora haja outros matemáticos ocidentais relevantes, eles são menos numerosos em comparação com os árabes e chineses. É possível realizar um tipo de síntese?

A partir de Diofanto, no fim da Antiguidade, e dos algebristas árabes, na Idade Média, a notação algébrica (no princípio apenas uma forma abreviada da linguagem discursiva usual) irá se constituir num sistema simbólico bastante flexível, capaz de expressar em sinais os termos numéricos (incógnitas e parâmetros) e as operações às quais as quantidades denotadas por esses termos estão submetidas. Concomitantemente, as técnicas árabes de resolução de equações — a al-jabr (de onde se originou o termo “álgebra”) ou preenchimento (que consistia em eliminar os termos a serem subtraídos de um membro da equação por adição a ambos os membros de termos iguais) e a al-muqabala ou balanceamento (que consistiria na redução dos termos iguais de ambos os membros de uma equação) (Silva, 2007, p. 78).

Ou seja, são colocados os termos desenvolvidos pelos árabes como “conquistas”, porém utilizando toda a linguagem técnica matemática envolvida. Esses recursos são utilizados pelos matemáticos cotidianamente, produzindo um *background* diferente para o conceito já utilizado, o qual passa a ter existência também sócio-histórica. A efervescência, apesar de se desenvolver afastada geograficamente do Ocidente medieval e temporalmente dos gregos, foi incorporada prontamente pelo Ocidente globalizado, que deu uso a esse corpo conceitual para o próprio projeto moderno, como perceberemos adiante.

Qual será o motivo dessa espécie de “esnobação” da medievalidade ocidental pela modernidade oriental? Afinal, os modernos quiseram promover uma ponte direta com os gregos — daí chamar a Idade Média de “Idade das Trevas” (Le Goff, 1983). Ocorre, então, uma relação cruzada: enquanto a matemática da Idade Média oriental se conectava com a antiguidade ocidental, no Ocidente ocorreu uma espécie de retomada da matemática antiga oriental. Assim como os egípcios e babilônios, que tinham uma abordagem mais empírica da matemática em vez de abstrata, o medieval ocidental também não focava diretamente na matemática, devido à ênfase na atividade apologética. Mas o panorama não se manteve o mesmo indefinidamente e, curiosamente, foi revertido por um religioso:

Um primeiro passo para a mudança do panorama científico europeu na Idade Média foi dado pelo francês Gerberto de Aurillac (c. 946-1003), que se tornou Papa com o nome de Silvestre II em 999. Gerberto se interessava por questões educacionais e escreveu textos sobre o *quadrivium* (aritmética, geometria, astronomia e música). O futuro Papa teve um papel fundamental na redescoberta do estudo da matemática nas escolas catedrais europeias — escolas ligadas às igrejas, que originalmente tinham a função de formar o clero. Gerberto foi o primeiro ocidental a empregar os algarismos indo-arábicos no ensino, mas ainda sem fazer o uso do zero. Foi ainda responsável por reintroduzir o uso do ábaco na Europa, em desuso desde a queda do Império Romano. Também

é atribuída a Gerberto a introdução na Europa do astrolábio — instrumento inventado pelos gregos e aperfeiçoado pelos árabes, usado para encontrar a posição geográfica e calcular o tempo a partir da posição dos astros (Silva, 2007, p. 80).

Em outras palavras, a matemática foi reintroduzida por meio da educação, com o *quadrivium* sendo uma ilustração interessante desse processo. Suas ideias provavelmente encontraram aceitação devido à influência papal. A adoção dos algarismos indo-arábicos e do astrolábio pode ser interpretada como uma metáfora para a superação do isolamento feudal: o mundo externo volta a ser intrigante e passa a ser codificado por meio dos números. Assim, a efervescência matemática foi retomada no Ocidente:

Se o século XII foi marcado pelas grandes traduções, no século XIII houve uma retomada da criação matemática em solo europeu. Leonardo de Pisa (c. 1170-1250), também conhecido como Fibonacci, é considerado o mais importante matemático da Europa Medieval. Pisa, no tempo de Leonardo, era uma importante cidade mercantil de onde partiam rotas comerciais para as cidades árabes conquistadas pelos cruzados. Filho de um comerciante, Fibonacci, quando jovem, passou uma temporada na Argélia, onde aprendeu o idioma árabe e estudou aritmética, ganhando o gosto pelo estudo da matemática. Viajou pelo mundo árabe como mercador e aproveitou para estudar matemática. Assim, Fibonacci entrou em contato com a álgebra árabe e com o sistema de numeração indo-arábico, tendo sido fortemente influenciado pelos trabalhos de al-Khwarizmi e de Abu Kamil. De volta a Pisa, em 1202, escreveu o *Liber Abaci* (Livro do Ábaco ou Livro de Cálculo), uma enciclopédia matemática que, em conjunto com sua *Practica Geometrica* de 1220 — que trata de aplicações da álgebra para a solução de problemas de geometria e trigonometria —, forneceu material para que os estudiosos italianos do século XIII tomassem contato com a matemática árabe e grega, preparando o terreno para os progressos que a álgebra italiana teria no período renascentista, dois séculos mais tarde (Silva, 2007, p. 80).

Logo, a matemática, fenômeno universal das culturas, foi contida no medievo ocidental. Mas, na modernidade, a humanidade não apenas exerce a matemática como também a desenvolve por meio de uma inteligência coletiva e que se comunica justamente através da linguagem matemática, que acaba sendo, simultaneamente, meio e fim — o que já não acontece com as ciências matematizadas, nas quais a matemática é o meio para os fins científicos se expressarem. De modo que, no século XVII, ocorreu o momento de efervescência máxima:

Também em relação à metodologia matemática, grandes mudanças ocorreram no século XVII. Em matemática (e não apenas em matemática) esse foi um século revolucionário. Nasciam então a filosofia moderna com Descartes — caracterizada pelo foco em questões epistemológicas e uma crítica radical do conhecimento —, a ciência moderna com Galileu — caracterizada pela matematização da natureza — e a matemática moderna com Cavalieri, Descartes, Leibniz, entre tantos outros — caracterizada pelo uso de métodos infinitários em aritmética, álgebra e geometria, a criação do cálculo infinitesimal por Leibniz e Newton e a algebrização da geometria por Descartes. O uso extensivo de métodos infinitários — numa barganha que abria mão do rigor geométrico de Arquimedes pelo valor heurístico dos novos algoritmos — é o traço distintivo da matemática desse período (Silva, 2007, p. 80).

Descartes, portanto, aparece quase como uma ilustração de seu tempo. Se os gregos possuíam escolas, os modernos possuíam indivíduos matemáticos, como o racionalista mencionado na frase anterior: “Depois de Newton e Leibniz, a matemática passou a ser o estudo do número, da forma, do movimento, da mudança e do espaço [...]” (Devlin, 2003, p. 7). Será que, na sua soma, eles formariam uma grande escola moderna que submeteria a matemática à física? Aparentemente suas discordâncias eram bem evidentes, pois há relatos de que esse diálogo não era tão direto assim desde o Renascimento:

Os pensadores renascentistas atuavam isoladamente, normalmente a serviço de monarcas e mecenas. Ainda não existia algo parecido com uma comunidade científica. Nas relações entre os sábios, a rivalidade sobrepunha à colaboração. As universidades, muito conservadoras e dominadas pelo pensamento escolástico, não funcionavam ainda como pólos geradores e irradiadores do saber. O sábio que melhor simboliza o período renascentista talvez tenha sido Leonardo da Vinci (1452-1519), homem de múltiplos interesses, em domínios diversos da arte, da ciência e da tecnologia. Dono de imaginação e criatividade ilimitadas, além de um profundo espírito de observação, Leonardo realizou experimentos de forma metódica e usou a expressão artística — sobretudo a pintura — em prol da descrição científica (Mol, 2004, p. 35).

As universidades, portanto, acabaram por acrescentar um elemento muito interessante na história da matemática, pois, de começo, elas não cumpriam com a função que hoje lhes é tão comum; não profissionalizaram o matemático e ele vivia de mecenato — Da Vinci, por exemplo, também era artista, além de matemático, sintetizando o conhecimento da época num homem só.

Nota-se, neste momento da história, que a matemática se tratava de um esforço individualizado, o que não significa que não havia diálogo nenhum entre os matemáticos, seja por enlances sociais, seja por leituras deles entre si. Esses pensadores seduziam os mecenas por outros motivos além da matemática, entre eles a arte. Mas a matemática aparece como umas das artes e, subitamente, ela ganhou importância coletiva algum tempo depois, a ponto de ganhar uma instituição (ou ao menos espaço dentro de uma):

No século XVIII os governos começaram a atuar sistematicamente no fomento da ciência, ocupando o lugar dos mecenas, ativos nos séculos anteriores. A comunidade científica tomou iniciativas para se organizar através da criação de academias. No século XVII, já haviam sido criadas a Royal Society (1662), em Londres, e a Académie des Sciences (1666), em Paris. Em

1700 a Academia de Berlim foi criada por Leibniz. Em 1724, como parte de seus esforços de modernização e ocidentalização da Rússia, o czar Pedro, o Grande (1672-1725), fundou a Academia de São Petersburgo. As academias de ciências, que se multiplicaram nos séculos XVIII e XIX, passaram a ter um papel ativo na vida científica, estimulando a colaboração e a divulgação de novas ideias e teorias. Revistas e jornais científicos foram criados, assumindo o lugar de principais veículos de divulgação das ideias matemáticas. Antes de 1700, apenas 17 periódicos publicavam artigos de matemática, número que subiu para 210 no século XVIII e para 950 no século XIX. No século XIX surgiram revistas dedicadas exclusivamente à matemática. A mais célebre delas foi o *Journal für die reine und angewandte Mathematik*, fundado em 1826 por August Leopold Crelle (1780-1855), em Berlim. Na França, merece destaque o *Journal de mathématiques pures et appliquées*, fundado em 1836 por Joseph Liouville (1809-1882). Ambos, publicados até os dias de hoje, mantêm seu lugar entre os periódicos matemáticos de maior prestígio. Na segunda metade do século XIX várias sociedades de matemática, nacionais e locais, foram fundadas, tais como a London Mathematical Society (1865) e a Société Mathématique de France (1872). Elas também passaram a publicar suas próprias revistas de matemática (Mol, 2013, p. 83).

Assim, a matemática foi “expulsa” da cultura universal pela interlocução direta por meio de periódicos e das universidades, onde ganhou áreas e especialidades. É interessante notar que o autor considera que, a partir desse encampamento da matemática pela universidade, os matemáticos podem ser considerados como membros da comunidade científica, ainda que a matemática, por si mesma, não seja uma ciência devido à não necessidade de investigação com alguma forma de materialidade (entendida como evidência). Nesse caso, os matemáticos já podem se dedicar exclusivamente à pesquisa em matemática: “Foi só nos últimos vinte anos, mais ou menos, que surgiu a definição de matemática que é hoje consensual

entre a maioria dos matemáticos: a matemática é a ciência dos padrões” (Devlin, 2003, p. 7).

Ressaltamos, aqui, que discordamos da percepção da matemática como ciência por uma simples razão: procurar padrões é parte do trabalho científico; há um trabalho metodológico que considera a materialidade das evidências — e, nesse sentido, a matemática, assim como a filosofia, se dá o direito a discussões que não se limitam às evidências. Logo, existe uma divisão do trabalho em que não há uma hierarquia.

Se a efervescência já foi poderosa sem essa instituição, com os matemáticos muitas vezes desempenhando outras tarefas, a dedicação exclusiva oportunizará fortes discussões em torno dos padrões, tendo os números como baliza, mas não mais como finalidade. Isso reflete a sua filosofia disciplinar.

3.2 FILOSOFIA DISCIPLINAR

A matemática foi a disciplina com o maior número de materiais encontrados sobre a sua filosofia disciplinar na comparação com as engenharias. Os motivos podem variar, e um deles pode ser porque a matemática, em si mesma, é muito próxima da filosofia, que também lida com a abstração — no entanto a matemática consegue ser a base sólida para muitas ciências experimentais, o que a filosofia já não consegue exatamente da mesma maneira com as ciências humanas. Para comprovar essa afirmação, basta realizar uma comparação: os cientistas naturais dominam mais o cálculo do que os cientistas humanos dominam a lógica formal.

Poucos cursos em ciências humanas oferecem disciplinas obrigatórias de lógica para seus cientistas. Mas por que isso acontece? Uma explicação possível é que os axiomas matemáticos são fixos e os filosóficos não têm semelhante consenso, e a metafísica ilustra bem esse paradigma: a essência não pode ser “estabelecida” tal qual um axioma, que não precisa ser racional; ela escapa da definição. Outro motivo possível para a pujança

de uma filosofia da matemática é que seu foco se dá nos números em si, algo que pode produzir, por si só, questões filosóficas ou de interesse da filosofia, como veremos adiante, e assim os filósofos também são atraídos para o ofício, afinal não é difícil encontrar especialistas na área tendo formação apenas em matemática ou apenas em filosofia.

Outro dado interessante é que essa filosofia da matemática é herméutica em certo sentido, pois se expressa por meio de uma linguagem mormente matemática. Nesse sentido, é uma disciplina investigativa, cujo laboratório é a própria mente. Assim como um *software* estatístico, ela testa conceitos matemáticos, embora sem bancos de dados ou testes de variáveis. Agora, vamos focar nos principais problemas desse campo.

Tal qual ocorreu com as outras disciplinas até então estudadas, primeiramente surge a atividade “técnica” matemática — como mostrado pelos orientais antigos — e, após sucessivas gerações, estabelece-se uma reflexão filosófica sobre a técnica aplicada:

A Matemática, dentre muitas aplicações, participa da montagem de modelos para a tecnologia; possibilita o cálculo de trajetórias de planetas, a determinação de órbitas de satélites e a própria quantificação da força de lançamento. No entanto, boa parte dos matemáticos não se envolve com as diversas aplicações da Matemática; trabalha num mundo de conhecimentos aparentemente distante da “realidade”, num mundo “ideal”, da verdade, como o postulava Platão. A Filosofia da Matemática e a sua Epistemologia parece também não serem consideradas. [...] Mas a Matemática não teria o acervo que hoje detém se não tivesse “um pé na realidade” do mundo físico ou da tecnologia (Dias, 1999, p. 71).

Ou seja, a matemática gera e pensa os números que permitem a mensuração, e que são utilizados por várias ciências para as suas atividades individuais. Isso permite uma espécie de construção de uma “luz” para a caverna, luz essa que pode hipnotizar o matemático e induzi-lo a permanecer ligado apenas a ela, sem levar o conhecimento para os habitantes

da caverna, mas também não sendo morto por eles — no máximo sendo considerado como um indivíduo excêntrico. A matemática em si, entretanto, não se utiliza dessas aplicações. Assim, o mundo platônico das ideias permanece como um mosaico construído peça por peça, sem questionar se cada peça é realmente uma peça.

É importante ressaltar que a matemática e sua respectiva filosofia não podem ser exercidas sem a contextualização histórica, que já procedemos no outro capítulo:

A história da matemática guarda lições importantes para um filósofo da matemática. A maior delas é que a matemática é um produto da cultura humana, não uma espécie de maná caído dos céus. Ela muda com o tempo, em função das culturas em que viceja e dos problemas práticos e teóricos que essas culturas enfrentam (Silva, 2007, p. 21).

Essa mudança da concepção cultural causa a alteração do enfoque de matemática, pois a mudança do contexto em si passa a ser o enquadramento. Esse câmbio desvia o foco da essência, seja por se seguir o adágio aristotélico da essência e da contingência, seja porque são ordens diferentes de complexidade e que exigem a imersão total do pesquisador. Porém, mesmo que o saber da filosofia da matemática seja tão árduo de ser obtido e que não garanta uma posição de destaque entre os matemáticos, a área floresceu em meio a uma crise:

Como uma disciplina filosófica de caráter próprio, ela é uma criação relativamente recente; seu aparecimento na cena filosófica remonta a fins do século XIX, aproximadamente, e deve muito à chamada “crise dos fundamentos”. Essa “crise”, caracterizada por um abalo de confiança nos alicerces da matemática — muito exagerado nos meios filosóficos —, se estendeu das últimas décadas dos Oitocentos até as primeiras do século XX, e foi desencadeada por uma série de paradoxos — alguns reais, outros aparentes — descobertos na teoria dos conjuntos e na lógica que apareciam pôr em questão a

confiabilidade dos métodos matemáticos. [...] Nascia assim uma filosofia da matemática de caráter sistemático, que nesse período inicial estava inevitável e estreitamente ligada às tentativas de se colocar a matemática sobre bases sólidas e confiáveis, num esforço para superar a crise dos fundamentos (Silva, 2007, p. 27).

Como se pode perceber no texto, no grande panorama das ideias do século XIX, o corpo de conhecimento da matemática era desafiado pela filosofia com a questão dos fundamentos, por conta da teoria dos conjuntos e da lógica. É claro que os matemáticos do *mainstream*, mais consolidados, poderiam ter buscado trabalhar nas inconsistências apontadas pela filosofia, sem a necessidade de os filósofos da matemática debruçarem-se sobre essas questões, ou mesmo poderia ser possível ignorar completamente as “acusações”. No entanto, convém aprofundar no assunto, pois a crise não foi tão branda assim:

Os filósofos, entretanto, logo se deram conta de que a matemática não precisava de bases sólidas, se por isso se entende um fundamento de certeza. Os matemáticos, eles próprios, aparentemente nunca duvidaram disso. Como toda comunidade científica, a dos matemáticos assenta suas práticas em pressupostos universalmente aceitos, em geral não questionados até que eventuais problemas obriguem-na a revê-los e de algum modo corrigi-los. Até que uma crise se instale, pressupõe-se tacitamente que as bases do edifício matemático sejam sólidas. Abre-se, assim, mão da certeza e da segurança absolutas para que o trabalho cotidiano não seja prejudicado, pois uma excessiva preocupação com os fundamentos pode ter efeito nocivo sobre a prática matemática, ainda mais se não chega, como de hábito, a uma conclusão consensual sobre a melhor fundamentação. E, na hipótese de crise, a comunidade científica adapta de maneira mais ou menos *ad hoc* seus pressupostos de modo a superá-la da melhor forma possível (em geral, desviando-se minimamente de seus procedimentos usais) (Silva, 2007, p. 27).

Em outras palavras, a certeza possibilita que os números voltem a ser o foco, e essa certeza é o que permite ao matemático concentrar-se e desenvolver ferramentas matemáticas. Assim, o filósofo diverge do técnico na medida em que põe em dúvida essa área de “segurança ontológica”, para utilizar uma expressão de Anthony Giddens. O filósofo da matemática, por seu turno, precisa adotar uma outra perspectiva para, a partir de um processo de *detour*, “ajudar” a própria matemática, que não sabe que está em crise ou que pode entrar em crise se os seus “inimigos” descobrirem o seu ponto de fraqueza. Ou seja, apresenta-se uma divisão do trabalho: o matemático desenvolve ferramentas com base nos paradigmas vigentes, e o filósofo questiona o paradigma vigente por meio de outros questionamentos. Portanto, para utilizar uma metáfora, é como se ele fosse, simultaneamente, a doença e o anticorpo. Tal atividade é evidenciada no trecho a seguir:

O conhecimento matemático apresenta de fato peculiaridades desconcertantes para qualquer epistemologia. Para filósofos de orientação empirista, por exemplo — para os quais não há conhecimento sem o concurso dos sentidos —, a matemática coloca um problema sério. Afinal, ela é (ou pelo menos parecer ser) o exemplo por excelência de um conhecimento *a priori*, isto é, independente dos sentidos, puramente intelectual. Já filósofos racionalistas, que admitem uma faculdade intelectual (que podemos chamar simplesmente de razão ou entendimento) que nos torna capazes de conhecimento *a priori*, devem explicar como é possível que um conhecimento puramente racional possa oferecer às ciências empíricas uma linguagem e um aparato conceitual tão apropriados, como é o caso da matemática (Silva, 2007, p. 28).

Assim, a filosofia da matemática acaba se mostrando desafiante para o exercício de qualquer filósofo, não apenas pela dificuldade da disciplina em si, pois dominar seus pressupostos é só o início da formação: há ainda as diferentes percepções sobre esses pressupostos, das distintas escolas. Assim, o ponto de partida é que a matemática, enquanto “forma” mental,

é aplicável para a mensuração de objetos físicos e para a montagem de uma projeção pelo rearranjo das dimensões abstratas. Isso fica bastante evidente no seguinte trecho:

Seja como for, o fato é que a matemática aparece-nos como um corpo altamente desenvolvido de conhecimento puramente racional — portanto independente da experiência — sobre entidades abstratas apenas pensáveis, e de modo nenhum perceptíveis por meio dos sentidos, que não obstante são capazes de oferecer meios para organizarmos os dados dos sentidos e estruturarmos nossa experiência do mundo a ponto de podermos prever experiências futuras. Em que medida esse modo de ver é justificável? Que sentido de existência têm os objetos da matemática, se existem de fato objetos matemáticos propriamente ditos? Qual a natureza da verdade matemática? Como é possível que a matemática tenha algo a dizer sobre o mundo empírico? A filosofia da matemática é a tentativa de responder a essas e a outras questões correlatas (Silva, 2007, p. 29).

Essa definição de matemática dá a entender que existem muitos tipos de paradoxos. O primeiro deles é a impossibilidade de se fiar o conhecimento matemático em base material, o que tira a possibilidade da duplicata evidencial da qual dispõem as ciências num geral e que ajudam na demonstração das conclusões. Nesse caso, a verdade matemática precisa ser justificada por outro meio que não o comparativo com a realidade empírica. Cabe ressaltar que esse “paradoxo” epistemológico não necessariamente seja um problema; essa brecha filosófica conduz a muitas questões que, justamente, embasam a transcendência do mundo físico, que não é mais a prova da verdade da disciplina. Logo, muitas vezes questões não respondidas são aquelas que conduzem a mais questões e estas, sim, podem obter respostas por ignorar as irrespondíveis.

É dessa contradição incontornável que as discussões do campo da filosofia da matemática adquirem uma outra complexidade: se os diferentes teoremas físicos, por exemplo, contam com o suporte de experimentos, os

filósofos da matemática precisam convencer-se por meio de suas mentes individuais, com uma ou outra ajudinha de evidências experimentais ou resultados tecnológicos, mas é preciso um convencimento que parte de outros parâmetros. Daí derivam, no mínimo, três posições: o logicismo, intuicionismo e os formalistas. De acordo com a primeira delas:

O logicismo sustenta que as leis da Matemática são redutíveis às leis lógicas ou são derivadas da Lógica. Da Lógica viria o fascínio, o rigor e a exatidão. Os gregos já viam a semelhança entre Matemática e Lógica. Cabe registrar que Leibniz já visualizava a Lógica como uma ciência abrangendo os princípios e as idéias sobrejacentes a todas as outras. Quem traduziu de forma concreta a interpretação lógica da Matemática foi Gottlob Frege. Para ele a Matemática era por si mesma racionalidade, uma parte da razão. O fato da sua análise se passava na Aritmética, que é a base da Matemática clássica (Dias, 1999, p. 74).

A equivalência entre lógica e matemática, portanto, é um ponto polêmico entre os estudiosos. No mínimo pode-se afirmar que a lógica voltada para a linguagem técnica permite uma rapidez na comunicabilidade e uma vedação a todos os “estrangeiros” nesse campo, pois eles não conseguem se comunicar por conta da falta de treinamento. Nesse sentido, a lógica é operada e considerada como lógica da mente humana, e estabelece-se um ponto de concordância entre os matemáticos, que é a lógica como fiadora do que pode ou não ser afirmado, uma espécie de “meta-razão” que sobrevoa as atividades matemáticas, atestando sua veracidade. Possivelmente, entre os matemáticos, isso não se verifique como ponto pacífico, no entanto, há muitos cientistas que buscam, através de seus experimentos, construir uma verdadeira lógica material.

Já a segunda “escola” parte de outra percepção:

A tese intuicionista é baseada na construção da Matemática a partir dos números naturais considerados como uma idéia intuitiva. Ela admite que a série dos naturais 1,2,3... faz parte

do senso comum e afirma que a Matemática não é uma teoria, um sistema de regras e afirmações, mas uma parte fundamental da atividade humana. Esta escola teve como maior defensor o matemático holandês L. Brouwer, que liderou uma revisão rígida de conceitos como “existência”, “prova” e “objeto matemático” (Dias, 1999, p. 75).

Ou seja, ao invés da lógica, o ponto de partida é a teoria dos conjuntos como meta-teoria e, nesse caso, o próprio infinito como propriedade é possibilitado pela teoria dos conjuntos, o qual confere a funcionalidade de se intuir a matemática, algo que desemboca em novas variedades de fonte de prova — estas não ditadas pelos pressupostos mais rígidos da lógica. Então, a matemática toma uma outra relação com a materialidade, visto que o infinito permite uma outra aproximação analítica. É possível verificar que ambas as posições são, de certa maneira, amalgamadas pela terceira posição, que é a mais fortalecida atualmente:

Os formalistas consideram a Matemática como o estudo dos sistemas de axiomas acrescidos de leis lógicas. A Matemática, então, repousa na questão fundamental da consistência, ou seja, no fato de que num sistema não se pode provar uma proposição e ao mesmo tempo sua negação (Dias, 1999, p. 75).

Partindo, destarte, da lei lógica do terceiro excluído, o foco recai na não contradição, na medida em que a matemática consegue ser consistente enquanto suas proposições não forem derrubadas (influência popperiana?) e substituídas por novas. Nesse caso, a lógica está estruturando e testando constantemente as ideias matemáticas, porém estas não dependem exclusivamente dela para adquirir uma possibilidade de se formularem, pois a lógica consegue testar afirmações, embora saibamos que, ao menos no que toca à filosofia, ela o logra. Nesse sentido, ocorre uma síntese das duas posições, todavia a hibridez não mistura apenas as virtudes daquilo que se mistura: ela também assume suas limitações. De modo que toda essa discussão não se fecha porque sempre há um paradigma vigente que

impede que alguma das posições se torne definitiva, suscitando perguntas que não conseguem ser respondidas.

3.3 A MATEMÁTICA NO PROJETO MODERNO

Seria um tanto reducionista afirmar que, apenas por ter matematizado as ciências experimentais, a matemática é, por essa razão, importante para o projeto moderno. As história e a filosofia da matemática mostram que a matemática é muito mais do que um apanhado de números e de equações, então outras questões precisam ser levantadas.

Em primeiro lugar, a revisão apontou para uma regularidade: os matemáticos parecem os mesmos desde a Grécia, com a óbvia diferença de que os conteúdos entre eles variam e provavelmente poderiam conversar entre si através dos números, com a linguagem da lógica. Por que isso? Por mais que algumas considerações matemáticas tenham sido descartadas, ou não sejam mais estudadas, o matemático está com o seu olhar focado para a verdade matemática, a busca não se alterou; o objeto parece não ter mudado, apenas alguns desenvolvimentos do axioma primário foram descartados, outros acrescentados, mas parece possível a comunicação entre matemáticos de diferentes épocas.

Dessa maneira, não há um matemático estritamente moderno, talvez não no sentido de revolução na profissão. O que a modernidade oportunizou, isto sim, foi o “registro de uma foto” da matemática naquele momento, enquanto disciplina cujo *mainstream* descarta e incorpora afirmações de acordo com as discussões em curso. Contudo, não se tratou de uma foto em alta resolução, pois é possível perceber que as discussões da matemática sempre foram herméticas para quem provém de fora do seu campo, como é o caso de cientistas e engenheiros, igualmente técnicos. Houve, portanto, um silenciamento de “discussões” matemáticas que serviriam para viabilizar operações mais profundas.

E o que havia nessa foto? Provavelmente a matemática cartesiana, cujo lado filosófico rompeu com o aristotelismo e possibilitou uma maior mensuração da materialidade, e o lado físico focou no movimento. Nesse sentido, é um caminho sistêmico para valorizar o foco na racionalidade, numa oposição a uma percepção sobre o empirismo puro. Ou seja, do grande *iceberg* matemático da modernidade, o mais evidenciado foi o cartesiano, mesmo que os matemáticos tenham avançado por cima de seu sistema e encontrado incoerências e virtudes. Porém, Descartes conseguiu transcender seu campo e se tornar aplicado pelos cientistas experimentais de sua época — se não como fundamento explícito, ao menos como pano de fundo ou axioma assumido.

Assim, pensar que os sentidos podem nos enganar é o primeiro passo para apelar a equipamentos, como o microscópio, que amplifica a visão; se cogitamos que a verdade não está apenas na observação imediata, pode-se inserir a matemática como articulação das evidências, e essa articulação deve possuir coerência lógica, o que cria mais uma linguagem comum, uma forma que é preenchida por diferentes conteúdos das distintas ciências. Ademais, se há essa conjugação entre teoria e dados, há a hipótese e, para a experiência, isso significa um norte para se executar a medição; para o moderno, em geral, significa que a opinião pessoal não importa, pois a verdade é autoevidente.

Desse modo, a matemática, no projeto moderno, talvez tenha tido papel mais importante do que o da matemática na academia aristotélica, na medida em que permitiu uma codificação do mundo comparando a mente individual com a materialidade. Em Atenas ela até expressava o mundo, todavia, para os modernos, a matemática adquire um mundo separado, no qual o matemático pode mergulhar e, ao mesmo tempo, dialogar com as demais ciências por possuir uma linguagem em comum.

Uma função singular da matemática é que, ao contrário da biologia e da engenharia, ela não apenas nega a cultura, mas também possibilita escapar dela. A matemática já nasce com epistemologia por seu paren-

tesco com a filosofia, o que a diferencia de muitas das disciplinas vistas até então. Se as outras ciências e a engenharia estavam pensando cumulativamente, os matemáticos estavam focados na matemática em si, que resiste a acumulações.

Dessa maneira, a matemática modula a realidade e mostra que é possível transcendê-la, porque o número não é limitado pela realidade: ele pode ser quebrado, aumentado, diminuído, alterado ao bel-prazer, desde que mantidas as proporções; sua comunicabilidade está garantida. Se a materialidade pode incorporar o número, então também pode sofrer as alterações que o número sofre. A tecnologia, por si só, apenas modifica os recursos já disponíveis, mas a matemática permite que isso seja refeito e replicável em larga escala. Essa segunda característica foi institucionalizada pela ciência e pela engenharia e produziu a materialidade do progresso, que é o argumento para as sociedades contemporâneas seguirem investindo tempo e dinheiro em instituições voltadas para alimentar este progresso. Como isso se reflete nas efervescências?

4 AS EFERVESCÊNCIAS TECNOLÓGICA E MATEMÁTICA

A engenharia e a matemática possuem processos de efervescência da mesma maneira, porém o processo não difere apenas em conteúdo, mas também em dinâmica, como veremos de agora em diante.

Quanto à efervescência da engenharia, torna-se difícil denominá-la como efervescência “engenhariça”. Isso porque a engenharia já é uma soma de outras efervescências, além disso, é muito segmentada em várias áreas, pelos motivos que levantamos algumas páginas atrás. Se houver uma efervescência da engenharia, não é menos relevante do que a efervescência tecnológica, logo, cumpre ressaltar: a engenharia, simultaneamente, complexificou — exigindo a formação do inventor, uma análise dos pares, um processo de experimentação — e simplificou a efervescência tecnológica — a profissionalização da atividade possibilitou a participação de muitos indivíduos como equipe, o que aumenta o número de efervescências relacionadas ao uso da tecnologia. De acordo com os dados coletados, é possível tecer reflexões um pouco mais aprofundadas.

Segundo as ideias *durkheimianas*, as efervescências acontecem em momentos de crise, quando os conceitos correntes não são mais suficientes para explicar a realidade atual. Quando lidamos com a efervescência tecnológica, ela se caracteriza por ser tão contínua que a sensação de mudança é a estabilidade estrutural. Dessa forma, não é preciso um momento de crise para que o processo de efervescência se manifeste e se mostre necessário. Na verdade, se a tecnologia se estabilizar e parar de buscar a efervescência, significa que ela não está agindo de acordo com seus princípios, pois a tecnologia, em si mesma, é “incansável”. Assim, acontecimentos externos interferem apenas no conteúdo dessa busca tecnológica (por exemplo,

não se busca mais o éter ou a pedra filosofal nos dias atuais), mas não na busca em si, que seguirá acontecendo.

A tecnologia, portanto, é tão efervescente que a engenharia não consegue contê-la dentro de seus limites; as ciências se aproximam da tecnologia e a alimentam, assim como outras áreas abdicam da busca da verdade em prol de lograr mais ferramentas para fins terceiros. É o caso, em alguma medida, das ciências sociais aplicadas. A publicidade, por exemplo, não se interessa em compreender o comportamento de consumo para entender o ser humano enquanto consumidor, seu interesse é o seu público-alvo, a segmentação: entender a sua percepção do mundo para melhor comunicar; o interesse é retórico, é convencer. A matemática compartilha essa característica no mínimo em um aspecto, como veremos agora.

A matemática possui uma efervescência, que está ligada diretamente com a persuasão, mas não no sentido estrito do convencimento; não se trata de convencer como finalidade, mesmo que às expensas da *realidade*. Em outras palavras, não se trata da persuasão no sentido cotidiano “maquiavélico” do termo, com o intuito de manipular um interlocutor para obter um benefício pessoal. A ideia é que é preciso acessar-se à “dimensão” da verdade matemática: o profissional deseja colocar novos caminhos já pensados até o momento e que estes sejam testados pelos pares matemáticos, que vão colocar à prova a validade das proposições, em um crivo bastante rígido dos seus pares.

Nesse caso, o trabalho de persuasão depende de: (i) conhecimento prévio profundo da linguagem matemática para que se possa transmitir as ideias a serem apreciadas; (ii) conhecimento dos procedimentos de até então, para justificar que a questão não está respondida; (iii) capacidade de pensar outros caminhos possíveis para essas questões, sem cair em contradição, o que é muito difícil por conta do nível de concordância que é exigido; e (iv) aderência dos pares. Ou seja, torna-se difícil participar da efervescência matemática, uma vez que, mesmo a matemática aplicada, não pode basear suas conclusões apenas na empiria, há toda uma coerência

com a disciplina matemática, que coloca novos desafios no diálogo entre a teoria e a empiria.

Em resumo, a engenharia se preocupa com métodos, e aceita e compreende de bom grado as discussões científicas. Já a matemática lida com concordâncias em relação às suas operações, talvez sua ligação com a empiria esteja no diálogo com experimentos, não como causa eficiente deles, mas sim como uma linguagem, senão de todo, ao menos na estatística. Esse diálogo, contudo, não acontece por via direta, ou necessariamente direta — pois a verdade matemática não é, para todos os matemáticos, a verdade do mundo. Se fosse, a matemática não poderia ter contribuído tão diretamente com a inventividade como contribuiu, e talvez a matemática, em si mesma, seja meio e fim para um outro mundo, o platônico, cujas formas geométricas e sequências escapam justamente das ressignificações humanas nas quais o desvio pode ser medido, e, assim contabilizado, não é mais um desvio inesperado e desesperador. O grande trunfo da matemática, portanto, é o número, que comunica com a maioria das pessoas e se espalha pelo mundo.

Cumpra ressaltar que estas duas efervescências não são dependentes, propriamente, do conhecimento estrito do ambiente empírico, mesmo no caso da tecnologia e da matemática aplicada. Isso porque a validade da matemática está assentada em outros lugares também, como a mente dos pares; e a tecnologia, por seu turno, está centrada na eficiência do artefato obtido, que é o aspecto mais importante. A efervescência científica está claramente preocupada com a realidade em si, porém é uma verdade que ela aceita *descobrir* no futuro, para então se estabilizar. Já a matemática e a tecnologia sabem que o futuro trará mais perguntas e respostas, e que essa estabilidade nunca será alcançada, mesmo no paraíso imaginado pela *belle époque*.

4.1 POR UMA RELAÇÃO ENTRE A ENGENHARIA E A MATEMÁTICA PARA ALÉM DAS DISCIPLINAS DA GRADUAÇÃO

Até o momento, estabelecemos uma relação entre as engenharias e a modernidade e entre a matemática e a modernidade. Poderíamos estabelecer uma relação entre elas?

A relação poderia ser traçada facilmente pela grade dos cursos de engenharia, afinal nela existem disciplinas de matemática. Todavia, essa seria uma relação circular, visto que, nesse contexto, a matemática seria uma ferramenta das engenharias, mas aqui pretendemos apontar que a visão de mundo é, possivelmente, a mesma.

Para estabelecer essa relação, precisamos escolher entre duas posições sobre matemática e realidade: ou bem os números são (1) o padrão escondido da realidade evidenciando sua complexidade; ou (2) ela modula a realidade, que é mais complexa do que os números em si. Nosso posicionamento, aqui, é (2), mas acreditamos que engenheiros e (a maioria dos) matemáticos operam com o (1), fechando a caixa-preta (Latour, 2000) e coletando dados.

Mas ainda há uma outra questão a ser levada em conta: a matemática possui investigação (tanto que ela segue se expandindo em suas áreas internas) e a engenharia se utiliza da ciência para embasar sua tecnologia.

O que dizem os engenheiros?

No caso particular da Engenharia, a Matemática desempenha um papel importante, uma vez que está ligada a diversas áreas primordiais da vida quotidiana tais como a mecânica, a construção civil, a computação, a tecnologia, a energia, os dispositivos eletrônicos e em todos os processos de fabrico. Muitos aspectos da atividade de Engenharia compreendem a formulação de problemas e a escolha de métodos adequados para resolvê-los. Independentemente da área de estudo, os conceitos matemáticos são essenciais na formação de engenheiros, quer na compreensão dos diferentes conceitos, quer no conhecimento específico da sua aplicabilidade. Durante

um curso de Engenharia, os estudantes aprendem e consolidam os princípios básicos de Matemática para resolver problemas práticos, reforçando o conhecimento de conceitos matemáticos, nomeadamente das áreas de estatística, métodos numéricos, otimização e simulação, entre muitos outros (Alves; Coutinho; Rocha; Rodrigues, 2016, p. 1).

Como se pode observar, a matemática traz as bases conceituais primeiras, que são acrescentadas dos conceitos específicos da área (como, por exemplo, eletricidade para a engenharia elétrica). Mas não é só isso: a transformação da realidade em números permite a construção de uma *linguagem comum* (já que os números são os mesmos em todas as línguas, sendo apenas traduzidos de maneiras diferentes), uma *possibilidade de reprodutibilidade* (afinal, os números permitem que exista uma produção em série) e uma *mudança de escala* (afinal, números são proporcionalizáveis). Logo, os produtos da engenharia só conseguem ser fabricados em larga escala por conta da matemática.

Por outro lado, as discussões da matemática (especialmente a pura) são bastante herméticas; é claro que as da engenharia também são muito densas, inacessíveis para um leigo, porém elas possuem uma relação com a vida cotidiana bem evidenciada: a tecnologia, que até esconde toda essa prévia herança matemática.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma grande síntese deste livro pode ser dada em algumas frases. Para a consecução do grande projeto moderno (arquitetado na modernidade primeira), a matemática contribui com o duplo harmônico, o mundo das ideias platônico a ser alcançado por meio dela, que se torna, simultaneamente, meio e fim; a engenharia, por seu turno, contribui com a tecnologia ampliável a larga escala, que vai ser a estabelecadora e a garantidora do progresso material.

Uma das inúmeras reflexões que ficam é a questão da história disciplinar. Encontramos, até o momento, poucos historiadores de fato das referentes disciplinas — tirando a matemática e a física, que se pensam historicamente com bastante vigor. O que sói acontecer é de um profissional deixar o saber técnico de lado e buscar uma erudição para realizar uma historiografia da área — algo positivo, posto que muitos cientistas humanos têm renunciado ao conhecimento erudito por diversas razões. Com relação a iniciativas semelhantes, Chervel (1990), por exemplo, inaugurou o campo da história das disciplinas escolares, porém como subcampo da História da Educação e não como disciplina autônoma. Cada área possui sua história própria, que não pode ser adequadamente abordada por historiadores de profissão, os da humanidade, pois lhes falta o conhecimento técnico para perceber as distintas mudanças.

Também a história das ciências não parece dar conta dos objetos como a engenharia, a matemática e a filosofia, por exemplo. É preciso, portanto, uma área de história disciplinar que possua uma formação comum, porque senão a erudição de pesquisadores sem formação em humanidades pode afastar por demais suas respectivas pesquisas, sendo o resultado mais imediato essas áreas seguirem desprestigiadas dentro

de seus campos mais amplos, como atestam os historiadores e os filósofos da engenharia.

Outra reflexão é que a modernidade é um pensamento que precisa do passado e do futuro para pensar o presente. O futuro é a (re)união com a matemática, o passado é a queda do Éden e o presente é um laboratório cujos resultados são muito previsíveis, mesmo que não visíveis agora. Essa certeza e essa teleologia geram a *belle époque*. É claro que sempre há contestações (encaradas como heroicas ou levianas), todavia essa fé parece ter angariado tantos adeptos que muitas das ideias que a criticam o fazem pelos resultados obtidos, e não porque sua intenção estivesse de todo errada na base. Por exemplo, quem critica a falha da modernidade pela questão da redistribuição, como o fez por exemplo Nancy Fraser, assim procede porque esta ignorou ou submeteu-se à desigualdade, mantida pela intencionalidade de alguns grupos beneficiados.

Noções atuais como equidade, sustentabilidade, entre outras, buscam trazer o otimismo de volta por serem capazes de contrapor o sistema econômico voraz, porém a modernidade primeira não tinha no capital um inimigo invencível — talvez o considerasse um aliado essencial, pois é a produção em série que possui uma maior capacidade de multiplicar os bens tecnológicos. Já outras concepções mais críticas se batem contra um Estado que, por meio da mesma tecnologia, consegue aumentar seu poderio contra cada cidadão em particular, o que torna as coisas um pouco mais dramáticas: será que mesmo que se todos os cidadãos de um Estado se unissem contra um governo tirânico conseguiriam fazer frente ao seu poder bélico? Ou seja, um Estado injusto poderia ser derrubado pelos cidadãos pelo qual ele existe? Ou o esvaziamento territorial é a maneira mais eficiente de combater um Estado sem adesão?

Voltando à epistemologia *stricto sensu*: ciência e tecnologia cumpriram um papel central no que chamamos de modernidade combustora. Elas foram o movente: a ciência foi a carroceria, a engenharia foi o motor, a matemática é a estrada; todo o mais (passado ou seus resquícios) seria

combustível para esse veículo e poderia ser esquecido depois de ter sido uniformizado. Talvez esse caráter de deglutição seja o que mais instigou as reações antimodernizantes, e os estudos sobre patrimônio cultural e histórico parecem reforçar esse ponto, pois desejam preservar manifestações culturais do esquecimento completo na dinâmica da cultura.

Há, portanto, verdadeiros compêndios de ideias intelectuais que são reacionárias a essa combustão e deglutição proposta pela modernidade, e preferem a variedade sempre presente, mesmo que através de representação. Estes últimos concebem que, no mínimo, deve existir uma preservação de maneira museológica do pensamento humano, e então o registro, nesse caso, vence o tempo, pois a cultura não moderna, tal como já afirmamos, é o combustível dessa modernidade.

Matemática, ciências experimentais, engenharias e modernidade. A matemática permite que o ser humano escape do império dos sentidos, que é o que limita os animais; ela oportuniza o primeiro escape da cultura, pela tecnologia e pela posterior utilização das figuras matemáticas. A ciência, invenção igualmente antiga, se associa diretamente com a matemática na modernidade e produz esse saber que sustenta o otimismo por meio da descoberta sistemática (e criadora de expectativa), que gera a profecia autorrealizada. Já a engenharia soma a matemática, a tecnologia e a ciência moderna para produzir materialidade do progresso. Há uma articulação forte destes entes para produzir o progresso material, que intermedeia a mudança de mentalidade e dos hábitos culturais. Muito acertadamente, vários antropólogos afirmam que mesmo os novos artefatos tecnológicos são lidos pelas lentes (expressão de Margaret Mead) da cultura prévia, e que as apropriações não se desenvolvem de maneira previsível.

Neste livro, portanto, propomos um estudo da modernidade por meio de seus apoios técnicos, analisando suas consequências para o estabelecimento da modernidade. Entender a epistemologia desses modos de saber pode ser frutífero para inventar até mesmo algumas atitudes de alguns cientistas, que, muitas vezes, escolhem o anonimato ou transbordam de

suas áreas para outras, atuando desde o ativismo até o entretenimento. É claro que o nosso material empírico recaiu nas epistemologias das áreas, e não tanto na investigação dos fatores políticos, mas este flanco já está aberto, no mínimo, desde que Latour (2000) resolveu seguir cientistas em sua labuta.

Outra pergunta interessante, e que já fizemos em outro espaço (Lopes; Lucchini, 2020): seria a modernidade possível? Ou, mais ainda: seria qualquer projeto de humanidade possível? Cientistas críticos afirmariam que isso *ainda* não é possível por conta da dominação, pois é preciso que exista a desigualdade para que a opressão siga, especialmente no capitalismo. No entanto, quando abordamos cientistas experimentais, engenheiros e matemáticos, percebemos, através de seus escritos, uma heterogeneidade no interior do grupo dos supostos comprovadores da modernidade. Se mesmo nessa interação em um grupo diminuto as coisas assim se processam, pode-se inferir que qualquer projeto de humanidade será um mosaico, por vezes até o projeto de nação, desde o grupo até o pessoal: haverá um valor principal, formulado em uma efervescência, que será interpretado por todos os membros do grupo de maneiras distintas.

Ressignificações individuais acontecerão, portanto, e essas resignificações podem dar início a novas interações pautadas por valores inesperados pelos criadores da ideia; de maneira que essas interações podem dar início à construção de subgrupos e de rivalidades entre eles, além da existência dos subgrupos que mais se aproximam de grupos externos e estão na fronteira intergrupar. Nos casos estudados, esses grupos são epistemologicamente construídos por associação a conjuntos de ideias, dependentes ou não da história disciplinar, pois o saber também é suscetível a resgates. No entanto, nosso breve mergulho demonstrou que, dentro de cada época dessa narrativa, já havia grupos disputando pela supremacia da sua ciência, por via da comprovação como elemento de convencimento dos pares — os elementos de comprovação em si, sendo, da mesma forma, objetos de discussão e, conseqüentemente, de efervescência.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, Marcia; AMORELLI, Dirceu; RAMALHO, Simone. **Introdução à engenharia**. Rio de Janeiro: Lexikon, 2015.

ALVES, Manuela; COUTINHO, Clara; ROCHA, Ana Maria; RODRIGUES, Cristina. Fatores que influenciam a aprendizagem de conceitos matemáticos em cursos de engenharia: um estudo exploratório com estudantes da Universidade do Minho. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 29, n. 1, p. 259-293, 2016.

ANDERSON, Perry. **Linhagens do Estado absolutista**. Porto: Editora Afrontamento, 1984.

BAZZO, Walter Antônio; PEREIRA, Luiz Teixeira do Vale. **Introdução à engenharia: conceitos, ferramentas e comportamentos**. UFSC: Florianópolis, 2006.

D'AMBROSIO, Ubiratan. A busca da paz: responsabilidade de matemáticos, cientistas e engenheiros. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 9, n. 1, p. 66-77, 2011.

DEVLIN, Keith. **Matemática: a Ciência dos Padrões**. Porto: Editora Porto, 2003.

DIAS, José Roosevelt. Breves Noções de Filosofia da Matemática. **Caderno de Licenciatura em Matemática**, v. 2, n. 2, p. 71-79, 1999.

DUCASSÉ, P. **História das Técnicas**. São Paulo: Coleção Saber, 1987.

DURKHEIM, Émile. **Les formes elementaires de la vie religieuse**. Paris: Presses Universitaires de France, 1968.

CHERVEL, André. História das disciplinas escolares: reflexões sobre um campo de pesquisa. **Teoria & educação**, v. 2, n. 2, p. 177-229, 1990.

COCIAN, Luis Fernando Espinosa. **Descobrendo a engenharia: a profissão**. Canoas: Gráfica Ulbra, 2009.

LATOURE, Bruno. **Ciência em ação**: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora. São Paulo: Unesp, 2000.

LE GOFF, Jacques. **A civilização do Ocidente Medieval**. Lisboa: Estampa, 1983.

LOPES, Ricardo Cortez. **A situação da religião com relação a universidade laica**: uma análise a partir da perspectiva dos atores. 2015. 231f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Sociologia, Porto Alegre, 2015.

LOPES, Ricardo Cortez. O terceiro verso da modernidade: o inexistente conceito de tradição e o conceito de tradição modernizada a partir da sociologia da moral. **Revista de Estudos e Investigações Antropológicas**, v. 3, n. 1, p. 213-233, 2016.

LOPES, Ricardo Cortez; LUCHINI, Nádila Albuquerque. Já somos modernos? A produção de conteúdo e a modernidade. **Aurora**: Revista de Arte, Mídia e Política, v. 12, n. 36, p. 137-157, 2020.

MACEDO, Geisla M.; SAPUNARU, Raquel A. Uma breve história da engenharia e seu ensino no Brasil e no mundo: foco Minas Gerais. **REUCP**. Petrópolis, v. 10, n. 1, 2016, p. 39-52.

MOL, Rogério Santos. **Introdução à história da matemática**. Belo Horizonte: CAED-UFMG, 2013.

PERFOLL, Aline Pâmela; REZENDE JR., Mikael Franks. A Física Moderna e Contemporânea e o ensino de Engenharia: Contexto e Perspectivas. COBENGE. XXXIV. **Anais...** Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2006.

PEREIRA FILHO, Osvaldo. A importância da epistemologia no ensino de engenharia. COBENGE. XXIX. **Anais...** Porto Alegre: PUCRS, 2001.

PESSOA, Osvaldo. **Filosofia da Física Clássica**. São Paulo: USP, 2017.

ROSSETTO, Hallynnee Héllenn Pires. **Um resgate histórico**: a importância da história da matemática. 2013. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paranavaí, 2014.

SILVA, Édison Renato Pereira da. **Filosofia da Engenharia**: o que é e por que você deveria se interessar. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (Coppe), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

SILVA, Jairo José da. **Filosofias da matemática**. São Paulo: Unifesp, 2007.

VERASZTO, Estéfano Vizconde; SIMON, Fernanda Oliveira; FILHO, Jomar Barros; ALMEIDA, Norton; SANCHEZ, Caio Glauco. **A engenharia e os engenheiros ao longo da história**. In: XXXI Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 2003.

VERASZTO, Estéfano Vizconde; SILVA, Dirceu da; MIRANDA, Nonato Assis; SIMON, Fernanda Oliveira. Tecnologia: buscando uma definição para o conceito. **PRISMA.COM**, n. 8, 2009.

WEISS, Raquel Andrade. Efervescência, dinamogenia e a ontogênese social do sagrado. **Mana**, v. 19, p. 157-179, 2013.



Reitor	João Alfredo Braidá
Vice-Reitora	Sandra Simone Hopner Pierozan
Chefe do Gabinete do Reitor	José Carlos Radin
Pró-Reitor de Administração e Infraestrutura	Edivandro Luiz Tecchio
Pró-Reitor de Assuntos Estudantis	Clovis Alencar Butzge
Pró-Reitora de Gestão de Pessoas	Gabriela Gonçalves de Oliveira
Pró-Reitor de Extensão e Cultura	Willian Simões
Pró-Reitor de Graduação	Elsio José Corá
Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação	Joviles Vitório Trevisol
Pró-Reitor de Planejamento	Ilton Benoni da Silva
Secretária Especial de Obras	Daiane Regina Valentini
Secretário Especial de Tecnologia e Informação	Cassiano Carlos Zanuzzo
Procurador-Chefe	Rosano Augusto Kammers
Diretor do <i>Campus</i> Cerro Largo	Bruno Munchen Wenzel
Diretora do <i>Campus</i> Chapecó	Adriana Remião Luzardo
Diretor do <i>Campus</i> Erechim	Luís Fernando Santos Corrêa da Silva
Diretor do <i>Campus</i> Laranjeiras do Sul	Fábio Luiz Zeneratti
Diretor do <i>Campus</i> Passo Fundo	Jaime Giolo
Diretor do <i>Campus</i> Realeza	Marcos Antônio Beal
Diretor da Editora UFFS	Antonio Marcos Myskiw
Chefe do Departamento de Publicações Editoriais e Revisora de Textos	Marlei Maria Diedrich
Assistente em Administração	Fabiane Pedroso da Silva Sulsbach



Conselho Editorial

Alcione Aparecida de Almeida Alves

Nilce Scheffer

Everton Artuso

Guilherme Dal Bianco

Rosane Rossato Binotto

Izabel Gioveli

Roque Ismael da Costa Güllich

Joice Moreira Schmalfluss

Tassiana Potrich

Maude Regina de Borba

Tatiana Champion

Alessandra Regina Müller Germani

Érica de Brito Pitilin

Valdir Prigol

Melissa Laus Mattos

Antonio Marcos Myskiw

Marlon Brandt

Thiago Ingrassia Pereira

Aline Raquel Müller Tones

Wanderson Gonçalves Wanzeller

Carlos Alberto Cecatto

Samuel da Silva Feitosa

Danielle Nicolodelli

Tiago Vecchi Ricci

Rosemar Ayres dos Santos

Gelson Aguiar da Silva Moser

Inês Claudete Burg

Claudia Simone Madruga Lima

Fabiana Elias

Athany Gutierrez

Débora Tavares de Resende e Silva

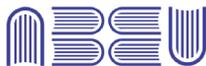
Angela Derlise Stübe

Luiz Felipe Leão Maia Brandão

Sergio Roberto Massagli

Samira Peruchi Moretto

Ana Maria de Oliveira Pereira



Associação Brasileira
das Editoras Universitárias

Revisão dos textos	Autores MC&G Design Editorial
Preparação e revisão final	Marlei Maria Diedrich
Projeto gráfico e diagramação	Paolo Malorgio Studio Ltda
Projeto gráfico da capa	Paolo Malorgio Studio Ltda
Finalização da capa	Paolo Malorgio Studio Ltda
Divulgação	Diretoria de Comunicação Social
Formatos	PDF e e-Pub

L864f Lopes, Ricardo Cortez
 As funções das engenharias e da matemática no projeto
 moderno. / Ricardo Cortez Lopes. – Chapecó : Ed. UFFS, [2024].

Inclui bibliografia.

Dados eletrônicos.

ISBN: 978-65-5019-098-9 (PDF).

978-65-5019-099-6 (EPUB).

1. Engenharia. 2. Matemática. I. Título.

CDD: 620.007

Ficha catalográfica elaborada pela
 Divisão de Bibliotecas – UFFS
 Vanusa Maciel
 CRB - 14/1478

