



EDITORA



UnB

REFLEXIVO E CRIATIVO

Crônicas de um estudante de engenharia

Rafael Amaral Shayani





Universidade de Brasília

Reitora : Márcia Abrahão Moura
Vice-Reitor : Enrique Huelva

EDITORA



UnB

Diretora : Germana Henriques Pereira

Conselho editorial : Germana Henriques Pereira (Presidente)
: Ana Flávia Magalhães Pinto
: Andrey Rosenthal Schlee
: César Lignelli
: Fernando César Lima Leite
: Gabriela Neves Delgado
: Guilherme Sales Soares de Azevedo Melo
: Liliane de Almeida Maia
: Mônica Celeida Rabelo Nogueira
: Roberto Brandão Cavalcanti
: Sely Maria de Souza Costa

EDITORA



UnB

Reflexivo e criativo

Crônicas de um estudante
de engenharia

Rafael Amaral Shayani



	· Equipe do projeto de extensão – Oficina de edição de obras digitais
Coordenação geral	· Thiago Affonso Silva de Almeida
Consultor de produção editorial	· Percio Sávio Romualdo Da Silva
Coordenação de revisão	· Denise Pimenta de Oliveira
	· Talita Guimarães Sales Ribeiro
Coordenação de design	· Cláudia Barbosa Dias
Revisão	· Maria Thalita dos Santos Pessôa
Diagramação	· Larissa Gomes dos Santos Viana
Foto de capa	· Rafael Amaral Shayani

· © 2023 Editora Universidade de Brasília

· Direitos exclusivos para esta edição:

· Editora Universidade de Brasília

· Centro de Vivência, Bloco A - 2ª etapa, 1º andar

· Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília/DF

· CEP: 70910-900

· Site: www.editora.unb.br

· E-mail: contatoeditora@unb.br

· Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser armazenada ou reproduzida por qualquer meio sem a autorização por escrito da Editora.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade de Brasília – BCE/UnB)

S538r

Shayani, Rafael Amaral.

Reflexivo e criativo [recurso eletrônico] :
crônicas de um estudante de engenharia / Rafael
Amaral Shayani. - Brasília : Editora
Universidade de Brasília, 2024.

51 p. - (Série Ensino de Graduação).

Formato PDF.

ISBN 978-65-5846-265-1.

1. Engenharia - Estudo e ensino. 2.
Aprendizagem ativa. 3. Crônicas. I. Título. II.
Série.

CDU 62

*“Fomos criados para levar avante uma civilização
em constante evolução”.*
Bahá’u’lláh (1817-1892)

Prefácio

Caro leitor,

Rafi, o protagonista deste livro de ficção realista, pode ser você! Ele é um estudante de engenharia que não entende claramente por que precisa aprender tantas equações. Por outro lado, mesmo com muito conhecimento teórico, ele se sente inseguro para propor um grande projeto de engenharia capaz de impactar, positivamente, a vida de milhões de pessoas.

O divisor de águas do ensino de engenharia é recente: data de 2019, quando foram aprovadas as novas Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia pelo Ministério da Educação. Essas diretrizes delineiam um novo estudante de engenharia, não mais pautado apenas pela forte formação técnica, mas também dotado de uma visão holística e humanista, reflexiva, inovadora, e comprometida com o desenvolvimento sustentável e a responsabilidade social. Os cursos de engenharia, cada vez mais, estão adaptando seus currículos para desenvolver essas novas características e competências em seus estudantes.

Durante sua jornada no curso de engenharia, Rafi traz à tona diversas reflexões relacionadas a essa nova visão do que é engenharia, com questionamentos que, possivelmente, muitos estudantes de engenharia fazem em algum momento do curso. Minha expectativa é que você se identifique com algumas destas reflexões. Espero que, após ler este livro, possa melhor aproveitar as oportunidades que um curso de graduação em engenharia oferece, especialmente o potencial para construir um mundo melhor e mais sustentável para todos.

Saudações!

Rafael Amaral Shayani

Sumário

Capítulo 1

Engenheiro ou computador? 11

Capítulo 2

Como plantar um milhão de árvores em dois anos? 13

Capítulo 3

Visão holística e humanista 15

Capítulo 4

A juventude pode mover o mundo 19

Capítulo 5

Quem está escrevendo o futuro? 21

Capítulo 6

Considerar aspectos globais 23

Capítulo 7

**Formulação de problemas de forma comprometida
com o desenvolvimento sustentável 25**

Capítulo 8

Viabilidade econômica de situações e contextos complexos 27

Capítulo 9

Cada analogia esquisita que o professor apresenta... 31

Capítulo 10

O juramento da Engenharia 33

Capítulo 11

Abelhas elétricas 35

Capítulo 12

Disciplinas eletivas de módulo livre 37

Capítulo 13

Carro de passeio marciano 39

Capítulo 14

Gostaria de 1 m² de carne moída, por favor 41

Capítulo 15

O tripé no chão irregular 43

Capítulo 16

Modelo matemático do mundo 47

Engenheiro ou computador?

Rafi ficou pensativo. Por que havia escolhido cursar engenharia? Percebeu o quanto se sentia sobrecarregado, com tantas disciplinas para cursar, fórmulas para aprender e letras gregas para decifrar, que não havia sobrado tempo para olhar o caminho que estava trilhando. Estava realmente se tornando um engenheiro ou apenas absorvendo informações de livros para poder consultá-los online quando necessário?

O que diferencia um engenheiro de um computador? A imagem dos robôs com cérebro positrônico de Isaac Asimov¹ surgiu em sua mente. Um pequeno sorriso, inconscientemente, brotou em seu rosto. Sempre foi fascinado pela ideia de robôs auxiliarem o ser humano, especialmente em serviços pesados. Porém, agora, não se sentia confortável com a possibilidade de estar se transformando em um computador, o qual conhece diversas fórmulas e calcula resultados. Sentia que a engenharia tinha de ser mais do que isso, para valer a pena o esforço de passar pelo exigente curso.

Forte formação técnica é uma característica marcante da engenharia. Saber identificar se um projeto é tecnicamente viável é algo que engenheiros devem conseguir opinar a respeito. Rafi olhou para o céu em busca do Quartel-General da S.H.I.E.L.D.,² mas já sabia que não o encontraria. Drones têm grande dificuldade para levantar pequenos pesos; normalmente, conseguem suportar apenas o peso de um celular. Os mais potentes podem tentar fazer entrega de comida ou livros, e, mesmo assim, a bateria acaba rapidamente. Então, como é possível que um drone suporte o peso de um porta-aviões? Ele ficou feliz por conseguir identificar, de forma mais clara, o que é ficção científica e por que ela é ficção. Soprando em seu ouvido, a voz de seu professor de física sussurrou: “princípio da Conservação de Energia”. Precisaria de uma fonte energética bem potente para mantê-lo no ar. “Talvez uma fonte nuclear tenha a energia necessária”, pensou. O que aprendeu em física estava sendo muito útil para poder analisar como os equipamentos funcionam ou o que precisariam para funcionar na vida real.

¹ Isaac Asimov (1920-1992) é um dos principais autores de ficção científica. A referência citada aqui pode ser encontrada na obra *Eu, robô*.

² S.H.I.E.L.D. é uma organização do Universo Marvel. Seu quartel-general é um porta-aviões voador.

Quando o professor pediu para os alunos pesquisarem os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (ODS), Rafi ficou pensativo e uma ideia inusitada surgiu em sua mente. O ODS 3 é sobre “saúde e bem-estar”; ODS 16 trata de “paz, justiça e instituições eficazes”. Será que, ao invés de ter um porta-aviões voador, não seria possível um hospital voador que pudesse se deslocar rapidamente para locais em guerra e fornecer socorro médico às vítimas, com todos os equipamentos médicos necessários?

A possibilidade de projetar um sistema de engenharia que auxilie pessoas e promova a paz é um grande motivador. Ele sentia que as disciplinas teóricas que já havia cursado poderiam ser utilizadas para fazer com que esse projeto deixasse de ser ficção para se tornar realidade. “Hospital voador”, pensou, mas achou o nome pouco criativo. Rafi sentiu-se animado ao vislumbrar que o conhecimento adquirido nas disciplinas poderia ser utilizado para mudar o mundo!

Nova mensagem. Nova tarefa atribuída no Teams. Uma atividade pendente no Moodle. Rafi guardou a ideia para amadurecê-la mais tarde; em seguida, voltou para a leitura do livro da disciplina.

Como plantar um milhão de árvores em dois anos?

Rafi começou a fazer as contas. O plantio de um milhão de árvores em dois anos corresponde a 1.370 mudas por dia, considerando que o trabalho ocorrerá todos os dias. Se a plantação for somente de segunda a sexta, serão 1.924 mudas por dia. Se forem 8 horas de trabalho por dia, precisarão ser plantadas 241 mudas por hora, ou 4 mudas por minuto. “É bem puxado”, pensou.

Após finalizadas as contas, sua atenção voltou-se para o TEDTalks que estava assistindo. Rafi achou muito interessante a iniciativa da Sra. Yvonne Aki-Sawyer, prefeita da cidade de Freetown, capital de Serra Leoa, de plantar um milhão de árvores em dois anos.¹ Além de contribuir para a captura de carbono da atmosfera, isso ajudará a salvar vidas, pois um deslizamento ocorrido em 2017 matou aproximadamente mil pessoas, e as árvores evitarão novas erosões de terra. “Projeto simples e importante!”, refletiu Rafi.

Mas será realmente simples? Como plantar 4 mudas por minuto? Ao pesquisar na internet, Rafi descobriu que Freetown possui um milhão de habitantes. Logo, se cada pessoa plantar 1 árvore em até dois anos, a meta será cumprida. Porém, sua mentalidade de estudante de engenharia o impulsionava a trabalhar com algo mais concreto, com uma margem de segurança, para garantir o sucesso do projeto.

Como a engenharia pode ajudar uma cidade a plantar um milhão de árvores em dois anos? A primeira indagação foi: “e se existisse alguma máquina elétrica que pudesse cavar o buraco para o plantio da muda?” Sua mente imediatamente se enevoou, e tênues riscos foram ganhando a forma de um diagrama de blocos. Estava, de forma automática, tentando formular o problema e identificar as variáveis. Quanta energia essa máquina precisará para cada escavação? Quanto tempo deve levar para cavar o buraco? Lembrou-se da aula sobre potência e energia e percebeu que, para cavar mais rapidamente, haveria necessidade de maior potência, resultando em uma máquina maior e mais cara. Como fazer para energizá-la, visto que estarão em área rural? Baterias? De qual potência? Painéis solares? Quantos? Quais são as outras opções? Um motor a diesel não parecia estar ambientalmente alinhado com essa iniciativa.

¹ Referência ao vídeo TED “The city planting a million trees in two years”. Confira em: https://www.ted.com/talks/yvonne_aki_sawyer_the_city_planting_a_million_trees_in_two_years?subtitle=en&lng=pt-br&geo=pt-br

Além de cavar os buracos, é necessário ter as mudas prontas. No documentário, havia a informação de que estavam plantando mudas em 11 sites, totalizando aproximadamente 91 mil plantas em cada local. Surge a questão: quanta água é necessária para regar 91 mil mudas? E qual a potência necessária do conjunto motobomba para fornecer a irrigação necessária? Este conjunto motobomba poderá ser ligado à instalação elétrica já existente na estufa, ou será necessário um reforço na rede elétrica para alimentar o sistema de irrigação?

Rafi ficou impressionado por ter conseguido, de forma tão intuitiva, formular tantas questões. Antes de ingressar no curso de engenharia, talvez apenas comentasse que essa iniciativa seria legal. No entanto, agora seu olhar havia mudado; enxergava os desafios do mundo sob a ótica da engenharia. Mas onde conseguir as informações necessárias? Alguns de seus colegas disseram que preferiam fazer provas a desenvolver projetos, já que aquelas davam menos trabalho. Rafi lembrou-se da explicação do professor: “na prova, o enunciado fornece todos os valores necessários para resolver o problema. Na prática da engenharia, o cliente apresenta o problema, e o engenheiro deve buscar as informações necessárias para resolvê-lo”. E, ainda, complementou: “se o cliente já tivesse todas as informações prontas, não precisaria chamar um engenheiro”.

Rafi considerou a ideia desafiadora e concluiu que pode ser um interessante projeto a ser desenvolvido na disciplina.

Visão holística e humanista

O assoalho trepidava. As engrenagens faiscavam. O zumbido do vento tornava-se cada vez mais alto, como a trilha sonora de um filme de suspense. O trem já estava super-rápido e, mesmo assim, continuava acelerando.² Diversos passageiros tinham suas feições contorcidas de horror ao perceber o fim trágico que os esperava. Grupos se uniram para conversar com o maquinista e alertá-lo do perigo à frente: “o trem não aguentará mais, é necessário reduzir a velocidade!”. O maquinista deu de ombros: “não há outra forma de conduzir o trem. Vocês estão preocupados à toa”.

A casa sempre foi muito imponente. A construção, toda em madeira, chamava a atenção das pessoas que passavam pela rua. O incêndio, que começara pequeno, agora tomava grandes proporções.³ Os vizinhos se juntaram para ajudar o dono da residência a apagar o fogo antes que se espalhasse para as demais casas, mas o encontraram deitado em uma cadeira de praia, descansando. “A casa está pegando fogo!”, disseram a ele. “Não se preocupe”, ele respondeu entre um gole e outro de seu refresco, “não há pressa!”.

Rafi achou essas analogias absurdas. Se o trem superou a velocidade máxima, por que o maquinista não reduziu a velocidade? Se a casa estava pegando fogo, por que o dono não chamou os bombeiros? Se você enxerga o perigo à sua frente, é esperada uma providência. Por qual motivo eles não tomaram nenhuma ação?

O absurdo mostrou-se surpreendentemente comum ao deparar-se com o gráfico de emissões de gases de efeito estufa, responsáveis pelas mudanças climáticas. “As emissões só aumentam, e as metas que os países se comprometeram não são suficientes”, constatou ao assistir à aula. Mesmo após diversas recomendações provenientes de conferências da ONU sobre mudanças climáticas no Rio de Janeiro, em 1992; no Rio+20 (2012); em Paris (2015), resultando no famoso Acordo de Paris, mesmo assim, a locomotiva continua acelerando, e o dono da casa continua tranquilo.

O setor energético é um dos grandes emissores de gases de efeito estufa. Mas o que pode ser feito a respeito? Como estudante de engenharia, reconhecia a importância da energia para o desenvolvimento da sociedade. “A energia promove qualidade de vida”, pensou ao imaginar o retrocesso que seria uma sociedade sem lâmpadas e sistemas de comunicação.

² Referência ao livro *Economia Solar Global* (2002), de Hermann Scheer (1944-2010), o qual compara o aumento do consumo mundial de combustíveis fósseis a um trem acelerando em direção a um muro.

³ Referência ao discurso “Our house is on fire” de Greta Thunberg (2003-) no Fórum Econômico Mundial de 2019 em Davos.

“O engenheiro deve ter visão holística e humanista”, pensou. Como aplicá-la nessa situação? A visão reducionista, ao analisar a geração de energia de forma pontual, indica que ela é boa, pois promove desenvolvimento. Ponto final, sem considerações adicionais. Já a visão holística mostra que há uma interferência no clima que deve ser considerada.

Rafi refletiu. O problema não é a energia, mas sim o combustível utilizado. Ele ficou impressionado ao perceber que o mundo aumentou o consumo de carvão nas últimas décadas. Bem, com o aumento da população e da qualidade de vida, é esperado o aumento energético. “Parece um beco sem saída: ou restringe o desenvolvimento, ou prejudica o meio ambiente”.

Porém, ficar em um beco sem saída não é uma característica de sua geração. Inovação é necessária para trilhar novos caminhos. Rafi compreendeu que não resolveria trocar os carros à gasolina por veículos elétricos se a eletricidade continuasse sendo gerada pela queima de combustíveis fósseis. Trata-se de uma questão de engenharia que deve ser formulada de maneira ampla e sistêmica.

Essas reflexões ocorriam enquanto passeava pelo parque. O calor do sol esquentava seu cabelo, e ele procurou a sombra de uma árvore. Da mesma forma que Isaac Newton foi atingido pela maçã, Rafi teve um estalo: “por que não utilizar energia solar?”.

Começou a pesquisa a respeito. Será que a energia solar é suficiente para atender às necessidades humanas? Achou vários comentários na internet, mas ficaria mais confiante se ele mesmo fizesse os cálculos da energia solar incidente na Terra:

- Diâmetro da Terra: $d = 12.756,2 \text{ km}$.
- Área da superfície da Terra: $A = 510.000.000 \text{ km}^2$ ($A = 4 \pi r^2$) → apenas metade é iluminada.
- Constante Solar: $S = 1.367 \text{ W/m}^2$.
- Energia diária incidente na Terra durante 12 horas de Sol: $E_{\text{diária}} = 4,2 \times 10^{15} \text{ kWh/dia}$.
- Energia anual incidente na Terra: $E_{\text{anual}} = 1,5 \times 10^{18} \text{ kWh/ano}$.
- Energia anualmente consumida pela Humanidade: 14.000 Mtep/ano .
- $1 \text{ Mtep} = 11.630 \text{ GWh}$.
- Consumo = $1,6 \times 10^{14} \text{ kWh/ano}$.
- Quantas vezes a energia solar incidente na Terra é superior ao consumo? = 10.000 vezes.

Suas contas correspondiam com as informações da internet. A energia solar é abundante. Dez mil vezes mais que o necessário. Pode ser uma excelente alternativa. Mas por que ainda não é adotada em larga escala? Sua pesquisa indicou dois pontos principais: preço e intermitência.

“Não faz sentido”, pensou. “Se a casa está pegando fogo, não vamos chamar os bombeiros porque isso geraria um custo adicional? E o custo de perder a casa?” Lembrou-se do comentário de Bill Gates sobre o microondas, que o preço reduziu em 95%, passando de U\$ 12.000 quando foi inventado para U\$ 50 atualmente.⁴ Sentiu-se orgulhoso ao perceber que a engenharia pode contribuir para a redução substancial do custo de fabricação de produtos.

⁴ Referência ao site GatesNotes: Clean jet fuel needs to be more like a microwave oven.

Sobre a intermitência: os combustíveis fósseis podem ser armazenados e queimados à medida que a demanda elétrica os requisita, gerando estabilidade. Já a energia solar é intermitente, varia o tempo todo e necessita de um sistema de armazenamento. “É uma oportunidade de treinar a criatividade!”. Rafi começou a pensar em formas de armazenar energia solar. “Hidrogênio verde” passou por sua cabeça como uma opção interessante a ser considerada. Decidiu que seu projeto da disciplina, seja lá o que fosse escolhido, seria energizado por fonte solar.

A juventude pode mover o mundo

Rafi ficou impressionado com a história que havia lido. Normalmente, escolhia livros de ficção científica, mas, por indicação de sua amiga Ághata, leu um baseado em fatos reais.

— É muito legal ver como a engenharia consegue mudar a vida das pessoas. — Disse Ághata ao lhe passar o livro *Uma longa caminhada até a água*, de Linda Sue Park.

A guerra civil do Sudão ocorreu por motivos religiosos e econômicos, mas o livro destaca a disputa por água entre vilarejos. Enquanto os meninos vão para a escola, as meninas devem passar o dia buscando água no lago mais próximo, que, muitas vezes, está quase seco, e apenas água lamacenta está disponível.

— Além de não terem tempo para estudar, as crianças e os adultos ficam doentes ao beber água suja e parada. — Rafi disse impressionado a Ághata, após ler o curto livro em uma tarde.

— Pois é... — respondeu Ághata. — Não foi brilhante a solução que Salva implementou na região?

Será que uma pessoa pode mudar o mundo? Rafi refletiu de forma abstrata. O mundo parece muito grande, e uma pessoa é muito pequena. Automaticamente, seu cérebro de estudante de engenharia começou a pensar em estatísticas: se existem 8 bilhões de pessoas, 1 pessoa corresponde a 0,0000000125% da população... imediatamente fechou os olhos com força e abandonou essa linha de pensamento, pois percebeu que não o levaria a nada. Deve-se pensar nas soluções e não nos problemas, decidiu.

Salva, o jovem sudanês cujo livro relata sua história, conseguiu! Ele arrecadou fundos para perfurar poços de água dentro das vilas. Aplicação direta de conhecimentos de engenharia civil e mecânica! Agora, as meninas não precisam mais passar o dia caminhando para buscar água e podem se dedicar aos estudos. Junto com o poço de água limpa, uma escola foi construída, e foi estabelecido um acordo com o vilarejo de que a água deve ser oferecida a todos que necessitarem, pondo um fim às disputas por água. “Além de promover saúde e educação, essa iniciativa também promove a paz”, refletiu Rafi, deslumbrado com o fato de que uma ação tão simples e básica de engenharia pode causar um impacto tão grande na vida das pessoas.

Pesquisou o site relacionado ao projeto “Water for South Sudan” e ficou impressionado ao descobrir que essa iniciativa já perfurou mais de 500 poços. Nesse momento, a mente analítica de Rafi voltou a fazer contas: quantas pessoas será que vivem em cada vilarejo? É possível que dezenas de milhares de pessoas já tivessem suas vidas modificadas pela iniciativa de um único jovem que acreditou que poderia mover o mundo!

Ao pesquisar mais sobre o assunto, achou outras iniciativas relacionadas. O projeto “IEEE Smart Village – Power a Village, Empower Community” pareceu ser um complemento, ao levar eletricidade para essas comunidades, energizando escolas e postos de saúde com painéis fotovoltaicos. Rafi passou a entender melhor, a partir desses exemplos práticos, a característica que todos os engenheiros devem desenvolver: atuar de forma comprometida com a responsabilidade social e o desenvolvimento sustentável.

Lembrou-se do filme “A Corrente do Bem”, que trata da importância de auxiliar os outros, ajudando-os com algo que esteja fora do alcance deles. Rafi levantou o queixo e direcionou seu olhar para o horizonte, mesmo estando dentro de seu quarto e, imerso em pensamentos, vislumbrou o quanto poderia contribuir para um mundo melhor com o conhecimento de engenharia que estava adquirindo em seu curso. Talvez um sistema de tratamento e bombeamento de água, energizado por painéis fotovoltaicos, seja um interessante projeto a ser desenvolvido na disciplina, pensou.

Por fim, devolveu o livro à Ághata, mas seu conteúdo já estava guardado em seus pensamentos, como uma inspiração de que cada pessoa pode mover o mundo.

Quem está escrevendo o futuro?

Parecia um filme de ficção científica, melhor até do que filme, pois era realidade. Rafi estava conversando, juntamente com seus amigos, sobre possíveis projetos que poderiam ser propostos na disciplina.

— Vamos organizar as ideias. — disse Ághata. Vamos utilizar a metodologia “fatos, princípios, participação criativa integral, decisão”. Todos concordaram.

— Fato: as emissões de gases de efeito estufa estão aumentando. O projeto deverá ter emissões nulas, ou até mesmo negativas. — todos concordaram com Júlio.

Isaac acrescentou um novo fato: — O mundo está comprometido com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. O projeto deverá contribuir para o atingimento destes objetivos.

Rafi acrescentou: — Sim! Inclusive, a ONU definiu prioridades, e uma delas é a emergência climática, que necessita de uma avalanche de ações para conter o aquecimento global!

— Sobre os princípios — falou Ághata, com um brilho radiante no olhar —, o projeto deverá ter caráter holístico e humanista, e ser comprometido com o desenvolvimento sustentável.

Todos concordaram. As diretrizes curriculares de engenharia indicam o caminho a seguir!

— Vamos agora para a participação criativa integral. Todas as ideias relacionadas aos fatos, e alinhadas aos princípios, podem ser colocadas à mesa.

— O que acham de um barco que limpa os oceanos? — disse Rafi.

Um momento de silêncio tomou conta da sala. Todos os cérebros de engenharia entraram, intuitivamente, em modo de cálculo. Quanta energia seria necessária para limpar o oceano? Se começar com uma praia, qual deve ser a velocidade do barco? Deverá limpar uma vez por dia a orla da praia? Uma vez por semana? E, principalmente, como energizar o barco de forma sustentável? Este foi um momento de contemplação sobre como uma ideia, que poderia parecer ficção científica, já estava se materializando dentro de um encontro de estudantes de engenharia.

— Uma opção bem interessante é a impressora 3D para a construção de casas, com menor emissão de gases de efeito estufa. — disse Isaac.

— Eu gostei muito de um projeto de purificador de água portátil, movido a energia solar — disse Julio. — Superimportante.

Ághata completou: “o que acham de removermos o CO₂ da atmosfera com um superfiltro? Vai ser necessária muita energia para filtrar todo o ar. Precisa ser bem elaborado, engenhoso, para efetivamente reduzir as emissões”.

Rafi ficou pensativo. Sentiu que agora já estava em outro nível, dialogando com seus amigos sobre como a engenharia, mais especificamente os estudantes de engenharia, podem mudar o mundo e melhorar a vida das pessoas. “Estamos escrevendo o futuro”, pensou, com um vislumbre em sua mente.

Foi um percurso duro até aqui, com muita física e cálculo, mas agora estava tudo valendo a pena. Em breve, conseguirá fazer os cálculos energéticos e elétricos necessários para viabilizar estes e outros projetos. Seu cérebro começou a pensar em diversas outras aplicações, inicialmente futuristas, mas que ganhariam sólida base científica para ser apresentado na disciplina. A tempestade de ideias foi ótima para ajudar na escolha do tema.

Considerar aspectos globais

Rafi recebeu um balde de água fria. Como não havia notado um erro tão básico? Repassou novamente seu raciocínio:

1. O Brasil precisará, cada vez mais, de energia, pois é um país em desenvolvimento. Estudos da Empresa de Pesquisa Energética indicam que o país precisará triplicar a geração de eletricidade até 2050.
2. Há uma expectativa de aumento de veículos elétricos.
3. Há uma expectativa de aumento de fornos elétricos e fogões de indução residenciais.
4. O aumento do consumo de eletricidade é algo positivo, pois uma máquina de lavar roupas economiza mais água do que lavar à mão, além do tempo poupado. Logo, a eletricidade ajuda a economizar água e a reduzir o uso de combustíveis fósseis, tais como gasolina (para os veículos) e gás (para o forno e fogão). Então, a questão é eletrificar o máximo possível e gerar eletricidade limpa.
5. O Brasil pode expandir seu parque hidrelétrico e investir mais em energia eólica e solar.
6. O gás natural polui menos do que o carvão. Enquanto os Estados Unidos emitem 14,5 tCO₂ *per capita*, a China emite 6,8, a média mundial é de 4,4, e o Brasil emite apenas 1,9 tCO₂ *per capita*. Se o Brasil utilizar gás natural para lidar com a intermitência das energias solar e eólica, conseguirá crescer emitindo muito menos do que os países já industrializados, baseados em carvão. É um exemplo de sustentabilidade!

“Você está raciocinando no estilo do século XX”, disse o professor. “O estilo do século XXI possui novos paradigmas, exige inovação e você faz parte da geração que conduzirá o mundo para uma nova realidade de desenvolvimento sustentável”. Rafi olhou surpreso para o professor.

“O mundo precisa de novas soluções”, afirmou o professor, e complementou com um pequeno conto. Em resumo, ele disse o seguinte: digamos que um engenheiro tenha voltado no tempo e encontrado um xerife do Velho Oeste. O xerife disse que precisava de um cavalo mais rápido, capaz de carregar mais guardas para poder capturar os bandidos

de forma mais eficiente. Alguém com uma visão limitada à sua própria época, provavelmente, recomendaria acrescentar algumas vitaminas na dieta do cavalo. Já o engenheiro, com uma visão abrangente, não limitada aos padrões existentes, diria: você precisa de um carro!

Novas soluções são necessárias! Não para melhorar pontualmente soluções já existentes que não atendem mais às demandas, mas para propor um sistema completamente novo. O engenheiro deve considerar aspectos globais e precisa ter uma visão de âmbito mundial! O mundo necessita, de forma unificada, reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Se o Brasil aumentar suas emissões, mesmo que pouco, estará no sentido contrário do combate às mudanças climáticas. Se todos os países que estiverem abaixo da média considerarem justo elevar suas emissões até atingir a média, as emissões aumentarão. Dessa forma, a humanidade falhará, mas com sua visão coberta por um véu, pois acreditará equivocadamente que se tornou mais eficiente e emitiu menos gases de efeito estufa. A Terra é um só país, e os seres humanos são seus cidadãos.¹ Uma visão global deve priorizar o bem do planeta como um todo.

“Mas o que deve ser feito? — perguntou Rafi, contraindo as sobrancelhas. “Gerar mais eletricidade e, ao mesmo tempo, reduzir as emissões totais. Temos de passar de 51 bilhões de tCO₂ para 0, mesmo em um cenário de aumento energético” — respondeu o professor.

“Isso é impossível”, Rafi pensou. O professor percebeu por sua cara de interrogação. “Veja o exemplo de Nikola Tesla quando era estudante de engenharia eletrotécnica e mecânica. Seu professor trouxe para a sala de aula um motor de corrente contínua, o único tipo existente na época. Devido ao comutador, ele faiscava bastante. O aluno Nikola perguntou se não seria possível ter um motor que não faiscasse. “Impossível!” — disse o professor. Como bom aluno, Nikola aceitou a resposta. Entretanto, posteriormente, ele começou a questionar essa resposta. Por que seria impossível? Após anos de pesquisa, Tesla criou a corrente alternada, a qual permite induzir tensão nos motores sem a necessidade de anéis deslizantes; logo, sem o faiscamento do comutador. Não era possível com a tecnologia da época, mas a inovação permitiu realizar o impossível”.

Rafi lembrou-se das frases motivadores com as quais teve contato na primeira aula, em especial a de Lee Iacocca: “deparamo-nos, continuamente, com grandes oportunidades brilhantemente disfarçadas de problemas insolúveis”.² Como fazer para garantir o crescimento de um país e, ao mesmo tempo, reduzir as emissões de gases de efeito estufa? Não adianta emitir menos, a emissão precisa ser negativa!

O problema parecia mais claro em sua mente. Um desafio e tanto! Ele começaria a bolar novos projetos de engenharia com essa visão mais global da importância do desenvolvimento sustentável.

¹ Referência à citação de Bahá'u'lláh (1817-1892).

² Citações famosas de engenheiros divulgados pelo IEEE.

Formulação de problemas de forma comprometida com o desenvolvimento sustentável

Rafi achou muito interessante o relatório da UNESCO *Engenharia para o Desenvolvimento Sustentável*, o qual ilustra como a engenharia pode contribuir para cada um dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU.

Finalmente, Rafi conseguiu ver o curso de uma forma mais completa. Aprender equações, resolver problemas literais, estudar conceitos abstratos de física e cálculo pareciam peças soltas. Entretanto, após essas reflexões, tudo fez sentido. Ele entendeu que poderia utilizar a forte formação técnica para resolver problemas reais de engenharia. Não problemas simples que um computador pode resolver, mas problemas complexos, tais como: redução da pobreza, fome zero, igualdade de gênero, água limpa e saneamento, energia limpa, preservação da vida terrestre e marinha, consumo consciente, cidades sustentáveis, entre outros nobres temas pelos quais compensa estudar tantos anos de engenharia.

No entanto, o capítulo da publicação que Rafi achou mais interessante foi sobre Educação em Engenharia para o Futuro. Para problemas óbvios, cuja solução já é conhecida, basta aplicar as equações que aprendeu nas disciplinas. Já para problemas complicados, nos quais a solução ainda não é conhecida, é necessária a multidisciplinaridade. Um exemplo interessante é: como ter uma casa com emissão líquida nula de carbono?

Porém, foi para os problemas complexos que Rafi voltou sua atenção. “É aqui que reside a engenharia”, pensou. Lembrou-se de seu professor, que dizia: “os engenheiros vem para resolver problemas novos”. O exemplo do relatório é: como ter edificações com emissão zero de carbono em cidades de emissão zero? São questões em que nem o problema nem a solução estão claramente formulados.

Rafi refletiu sobre o projeto da disciplina. Como combater as mudanças climáticas? O problema ainda não estava bem formulado. Quem são os maiores emissores? Cimenteiras são grandes emissoras de carbono, mas como lidar com isso? Será possível que a sociedade

continue evoluindo sem o uso do cimento? E quanto às emissões referentes ao uso da terra? A população mundial deve crescer de 8 para 10 bilhões de pessoas; como fornecer mais comida e, ao mesmo tempo, reduzir as emissões?

Estes são problemas verdadeiramente complexos. “Se você tiver um problema complexo para resolver, chame um engenheiro”, a voz de seu professor assobiou em seu ouvido. Decidiu pesquisar mais a respeito do problema antes de pensar em soluções. A leitura do livro de Bill Gates *Como evitar um desastre climático*, foi muito tranquila e enriquecedora. Ele entendeu que as emissões de gases de efeito estufa envolvem diversos setores:

- Como ligamos as coisas na tomada.
- Como fabricamos as coisas.
- Como cultivamos as coisas.
- Como transportamos as coisas.
- Como esfriamos e aquecemos as coisas.

Rafi ficou refletindo sobre o potencial das soluções propostas. Achou interessante o livro recomendar que uma solução, ao ser utilizada em larga escala, precisa ser capaz de retirar, pelo menos, 1% dos 51 bilhões de tCO₂ que são emitidos anualmente. Esse fato forneceu um parâmetro para ele compreender se seu projeto terá impacto no mundo ou será apenas uma contribuição secundária.

A engenharia pode atuar para o desenvolvimento sustentável em diversas áreas. Rafi começou a pensar sobre qual tema gostava mais, para poder aprofundar as ideias sobre o projeto. Geração de eletricidade? Processos industriais? Cultivo? Transporte? Calor e frio?

Rafi ainda não sabia qual projeto propor para a disciplina, mas estava convencido de que há uma grande necessidade de profissionais em todas essas áreas. Fechou o livro e foi descansar. Com a cabeça arejada, talvez surgissem ideias criativas para explorar.

Viabilidade econômica de situações e contextos complexos

Uma das filas era quilométrica, enquanto a outra estava quase às moscas. As duas barraquinhas vendiam água, sendo que a mais movimentada vendia água suja, não tratada enquanto a outra vendia água limpa e tratada. Perguntei a uma das pessoas da fila: “por que você quer comprar água suja em vez de água limpa?”. “Porque é mais barata; a outra é um pouco mais cara, tornando-a economicamente inviável!”. “Mas você não tem medo de ficar doente?”. “Sempre foi assim, por que mudar agora?”.

Outra analogia absurda. Rafi não aceitava que esse cenário poderia, alguma vez, ser possível. Todos nós temos sentidos: a água suja provocaria repulsão à nossa visão, torceria nosso nariz e amargaria nossa língua. “Ninguém escolheria uma opção que faria mal à sua saúde se outra opção, saudável, estivesse disponível...” — refletiu.

Pensou no que essas pessoas diriam ao médico quando adoecessem: “não, doutor, não tomarei o antibiótico que você está receitando porque é economicamente inviável”. Se continuar assim, essas pessoas terão de pagar a conta de uma UTI de hospital, uma despesa que será centenas, talvez milhares de vezes mais cara do que o antibiótico e a própria água limpa.

Rafi ficou perplexo ao perceber que, no caso da eletricidade, é exatamente isso que ocorre. Muitos países preferem energia proveniente de fontes fósseis, emissoras de gases de efeito estufa, do que energia limpa, simplesmente porque é mais barata. “Somente vamos comprar energia limpa quando ela for mais barata que a energia suja” é uma resposta muito comum de se ouvir.

Mas essa analogia não se encaixa perfeitamente; as pessoas não conseguem ver a eletricidade. Qual a diferença entre uma casa alimentada por uma termelétrica a gás natural, emitindo gases de efeito estufa a centenas de quilômetros de distância, e uma casa alimentada por painéis fotovoltaicos em seu telhado? A eletricidade tem o mesmo aspecto, isto é, invisível em ambos os casos. O consumidor não consegue sentir o cheiro da eletricidade fóssil, sua “cor turva” ou seu aspecto não límpido. Apenas enxerga que seus

equipamentos elétricos funcionam da mesma forma, independentemente da usina que gerou a eletricidade. Por que iriam pagar mais caro por energia limpa se o resultado final é o mesmo?

Rafi ficou incomodado com essa questão. Repassou o raciocínio diversas vezes, divagando entre copos com água limpa e suja, e copos com eletricidade limpa e suja. Então, percebeu que é necessário despertar um outro “sentido” nas pessoas, que é a consciência ambiental e o compromisso com o desenvolvimento sustentável. Saber que estão gerando energia limpa e contribuindo para que o mundo seja um lugar melhor é uma ação que eleva a autoestima das pessoas. É uma forma de contribuir para a melhora do mundo, realizando uma ação pura e boa, que terá reflexo tanto na geração atual quanto nas futuras. As palavras do professor ressoaram em sua mente: “este é o estilo de pensar do engenheiro do século XXI”.

Mas e quanto à viabilidade econômica? Uma das competências da engenharia é saber lidar com situações e contextos complexos; outra é ter visão holística e humanista. Ao analisar a questão de maneira ampla e sistêmica, Rafi achou a falha no raciocínio atual, pois trata-se de uma situação em que o “barato sai caro”, em que o custo de implantação é baixo, mas o de operação é elevado. Ao utilizar combustíveis fósseis, o custo técnico de produção da eletricidade pode até ser barato, mas as externalidades ambientais para a sociedade são muito caras. Estudos estimam em bilhões os custos com mitigação e adaptação climática. Por que essas externalidades não são inseridas no preço de cada fonte energética?

“Vamos voltar ao exemplo do Velho Oeste”, disse o professor. Se o engenheiro sugerir que o xerife troque o cavalo por um carro para ter mais velocidade na captura de bandidos e poder levar mais guardas consigo, talvez algumas pessoas falem: “é economicamente inviável! Precisarás extrair petróleo, refinar, transportar, estabelecer uma rede de postos de gasolina, treinar funcionários; enfim, não é possível arcar com todos esses custos. Portanto, é melhor dar uma vitamina para o cavalo e desistir desse negócio de carro”. A mentalidade da época nem sempre consegue enxergar os benefícios de uma tecnologia inovadora; muitos têm medo do desconhecido e preferem permanecer na segurança daquilo que já conhecem. Mas o engenheiro precisa ser inovador, crítico, reflexivo, trabalhar novas soluções e ter uma visão ampla do problema para propor novas soluções. “Qual seria o tempo de retorno do investimento na compra de um carro?”, perguntou o professor. “Não há retorno financeiro direto, mas as pessoas ainda investem nele, pois existem outros benefícios envolvidos”, complementou.

Se as pessoas começarem a adoecer por conta de problemas respiratórios relacionados à poluição do ar, será que as despesas com a saúde pública não seriam mais elevadas do que os investimentos em energia limpa? “Este é um exemplo de como o engenheiro do século XXI deve pensar”. A visão reducionista, de que o engenheiro deve se preocupar mais com a parte técnica, agora dá lugar a um profissional preocupado em encontrar a melhor solução global. Ao tentar maximizar uma função multivariável, o ponto máximo global não necessariamente será o máximo técnico, mas sim um compromisso entre as variáveis técnicas, sociais e ambientais.

Hum, pensou Rafi. Para achar o máximo, é necessário derivar e igualar a zero. A segunda derivada indicará se o ponto é máximo ou mínimo. A equação “custo técnico” é

conhecida. Mas quais são as equações de custo social e ambiental? Quanto vale a saúde das pessoas? Quanto vale a preservação da biodiversidade? Será que a engenharia não internaliza esses custos por não saber como equacioná-los? Começou a ficar mais claro para Rafi o que é esperado de um engenheiro do século XXI, em especial sobre o significado da competência de engenharia de “adotar perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares em sua prática”.

Cada analogia esquisita que o professor apresenta...

O carro mantinha uma velocidade constante, proporcionando uma sensação de tranquilidade. Ao redor, apenas vegetação baixa, típica do Cerrado. A estrada não estava muito movimentada. O destino final era uma das cachoeiras de Pirenópolis, para descansar no final de semana. Havia cones na estrada, e um rapaz com colete laranja acenava com uma bandeira, alertando os carros para tomarem cuidado devido a uma obra no canteiro entre as duas vias da estrada; uma vala estava sendo aberta. O carro continuou sua viagem normalmente. Alguns quilômetros adiante, mais cones surgiram. Outro rapaz com colete laranja acenava uma bandeira, indicando um novo grupo de trabalhadores que estava agora fechando a vala. O que? Não faz sentido. Parou o carro para perguntar o que estava acontecendo:

— Bom dia!

— Bom dia! — respondeu o encarregado da obra.

— Não pude deixar de notar que tem uma equipe, alguns quilômetros atrás, abrindo uma vala e vocês estão fechando. É isso mesmo?

— Sim! — disse o encarregado, como se a pergunta fosse um assunto corriqueiro. — A obra é para passar uma fibra ótica ao longo da estrada, para melhorar a conexão entre várias cidades. Estavam previstas três equipes: a primeira, que você viu, abre a vala. A segunda assenta a fibra ótica. Nossa equipe é a terceira, responsável por tapar a vala.

— Mas onde está a equipe da fibra ótica? Não vi ninguém ao longo da estrada...

— A segunda equipe não veio. — lamentou o encarregado. Em seguida, empinou o rosto, levantou o braço em sinal de determinação e completou: — Mas o importante é que estamos fazendo a nossa parte!

Nossa! Cada analogia esquisita que o professor apresenta. É inadmissível imaginar que uma situação dessas realmente ocorra na prática. O professor concluiu a história citando uma das competências de engenharia: “o engenheiro deve ser crítico e utilizar técnicas adequadas de observação e compreensão das necessidades dos usuários”.

Rafi sentou-se, pois pensava melhor assim. Que tipo de engenheiro ele estava se tornando? Aquele da analogia, que fica contente apenas executando ações pontuais, independentemente do resultado final? Imediatamente, seu nariz se contorceu, como se o pensamento o tivesse nauseado. Tinha, em seu coração, o desejo de levar avante uma civilização em constante evolução. O que fazer? Pensou nas competências de engenharia e decidiu exercitar a observação das necessidades dos usuários.

Combate às mudanças climáticas. Esta é uma das maiores necessidades da humanidade. Se fosse uma partida de futebol, o time da humanidade estaria perdendo de lavada. As emissões de gases de efeito estufa continuam a aumentar, ao invés de diminuir, e os eventos climáticos extremos estão ocorrendo com acentuada frequência, representando um risco real para todo o planeta. Como a engenharia pode ajudar? Apenas “fazendo sua parte”, ou bolando soluções criativas e inovadoras para reverter a situação?

Mas como reduzir as emissões em uma sociedade com uma demanda energética cada vez maior? Ter carros a combustão mais eficientes poderia parecer um importante avanço da engenharia, mas o que precisamos é de emissão zero. O termo “reduzir a emissão” é bastante falado, mas não está tecnicamente correto. Aumentar mais lentamente não é a mesma coisa que reduzir. Esta é uma observação que parece confundir muitas pessoas.

Por que a sociedade precisa de tanta energia? Como promover o consumo consciente? É possível aumentar o reuso e a reciclagem de produtos? Como ter cidades sustentáveis? Podemos fazer mais gastando menos?

Rafi começou a esboçar algumas contas. A energia cinética necessária para movimentar um carro é calculada multiplicando-se a massa pelo quadrado da velocidade, e o resultado é dividido por dois. Se um carro pesa uma tonelada e uma pessoa pesa 80 quilos, a massa total seria de 1.080 quilos. Se o carro estiver com quatro pessoas, a massa será de 1.320 quilos. Agora, se cada uma das quatro pessoas tiver seu próprio carro, a massa que necessitará de energia cinética será de 4.320 quilos, gastando muito mais energia. “Hum”, pensou Rafi. O transporte público parece ser mais eficiente do ponto de vista energético do que os veículos individuais. Um ônibus elétrico carregado por um eletroposto fotovoltaico pareceu uma alternativa interessante. Lembrou-se que já existe um ônibus elétrico que faz o percurso entre a rodoviária e a Universidade, mas por que existe apenas ele? Por que não generalizar a ideia?

Observação. Precisa observar para formular corretamente o problema e, assim, conceber soluções desejáveis de engenharia. A contribuição não pode ser pontual; é necessária uma mudança drástica na forma como a sociedade está estruturada. É preciso escrever o futuro, e não apenas esperar que ele chegue.

Seu coração bateu mais forte. Rafi passou a vislumbrar um problema real da sociedade, extremamente complexo, e percebeu que sua formação em engenharia poderia ajudar a resolver este e vários outros problemas. Deixaria de ser um observador passivo, seguindo o fluxo, para mostrar que novos caminhos são possíveis e que a engenharia pode ajudar a trilhá-los. Rafi começou a pensar em possíveis projetos de grande impacto que poderiam ser elaborados com o conhecimento técnico que estava aprendendo na disciplina.

O juramento da Engenharia

Patrono. Paraninfo. Beca. Canudo. Era um momento solene. Um de seus amigos, que ingressou na faculdade alguns semestres antes, estava finalmente se formando em engenharia. Mal podia esperar para chegar a sua vez. Prestou atenção a todas as etapas da cerimônia, imaginando-se sentado juntamente aos demais formandos.

Quando o orador fez referência ao famoso discurso de J.K. Rowling aos formandos de Harvard de 2008, Rafi logo entendeu que se tratava de um momento mágico. “Se vocês escolherem usar seu status e influência para levantar suas vozes em nome daqueles que não têm voz; se optarem por identificarem-se não apenas com os poderosos, mas com aqueles que não têm poder; se vocês preservarem a capacidade de imaginar a si próprios na vida daqueles que não têm as suas vantagens, então não vão ser apenas as suas orgulhosas famílias que vão celebrar vossas existências, mas milhares e milhões de pessoas cuja realidade vocês têm ajudado a transformar para melhor. Nós não precisamos de magia para mudar o mundo, pois já carregamos todo o poder necessário dentro de nós mesmos: nós temos o poder de imaginar melhor”.

Entretanto, uma das etapas da cerimônia foi inesperada. O momento do juramento. Rafi sempre soube que os médicos fazem um juramento, pois diversos filmes fazem referência a isso. Mas qual é o juramento da Engenharia? Do que se trata?

Ouviu, então, com atenção, o texto que todos recitaram em uníssono: “prometo que, no cumprimento do meu dever de Engenheiro, não me deixarei cegar pelo brilho excessivo da tecnologia, de forma a não me esquecer de que trabalho para o bem do Homem e não da máquina. Respeitarei a natureza, evitando projetar ou construir equipamentos que destruam o equilíbrio ecológico ou poluam, além de colocar todo o meu conhecimento científico a serviço do conforto e desenvolvimento da humanidade. Assim sendo, estarei em paz comigo e com Deus”.

Rafi ficou pensativo. O que significa trabalhar para o bem do homem e não da máquina? O que é o brilho excessivo da tecnologia? E sobre não construir equipamentos poluidores? Carros poluem o ar; as termelétricas que geram eletricidade também poluem o ar. Além disso, o consumismo desenfreado da sociedade não apenas polui, mas também provoca o desequilíbrio ecológico.

Cada vez mais, Rafi percebia a diferença entre conhecer equações e ser um engenheiro. Não se trata apenas de encontrar o ponto ótimo de funcionamento de um determinado equipamento, mas sim de colocar o seu conhecimento a serviço do desenvolvimento da humanidade!

Muitas armas foram desenvolvidas com a participação da engenharia. Será que esses engenheiros não sabiam o que iria acontecer? Estavam apenas “construindo novos equipamentos” e “desenvolvendo tecnologia”, deixando a responsabilidade pelo uso das armas para os outros? Lembrou-se de Tony Stark, que, ao ver suas armas supertecnológicas sendo utilizadas contra seu próprio país, encerrou imediatamente a produção (até mesmo para se dedicar à armadura do Homem de Ferro).¹ Howard, Leonard e Raj ficaram muito preocupados com a possibilidade de uso militar de sua invenção.² Rafi lembrou-se também de figuras reais, como Alfred Nobel, que, ao perceber que sua criação foi utilizada como arma, decidiu dedicar a fortuna obtida com a invenção da dinamite para premiar os promotores da paz. O próprio Santos Dumont não suportou ver seu invento sendo utilizado para fins bélicos.

Entendeu, então, de maneira mais clara, a importância da visão holística e humanista. Pela primeira vez no curso, ouviu referência a Deus ao final do juramento, compreendendo que sua consciência deve fazer uma análise crítica dos problemas da sociedade. Isso possibilitará inovar com soluções que, ao mesmo tempo, resolvam os problemas e respeitem a natureza, promovendo o equilíbrio ecológico. Tomar decisões importantes, mantendo a consciência tranquila, é o que se espera dos profissionais. O engenheiro não deve fazer apenas o que lhe foi pedido; ele conta com o conhecimento e a preparação necessários para encontrar novas soluções eticamente adequadas. Rafi sentiu a responsabilidade que pousava em seus ombros, e os conselhos de formatura de J.K. Rowling reverberaram em sua cabeça: “esse é o seu privilégio e o seu fardo”.

¹ Referência ao filme da Marvel *Homem de Ferro*.

² Referência ao seriado *The Big Bang Theory*.

Abelhas elétricas

Um avanço incrível da tecnologia! Um feito da engenharia! Robôs minúsculos batendo asas e voando por aí em um verdadeiro enxame! As abelhas elétricas resolveriam o problema da polinização das flores. Assunto encerrado!

Mas será mesmo? Rafi franziu as sobrancelhas. Ele já tinha ouvido falar que alguns tipos de abelhas podem entrar em extinção, especialmente devido às mudanças climáticas. O resultado seria catastrófico para a humanidade, uma vez que as abelhas são grandes polinizadoras. Como as plantas se reproduziriam sem as abelhas?

Não há problema que a tecnologia não resolva; abelhas robóticas resolveriam a questão. Mas por que isso incomodava tanto Rafi? A lembrança da colação de grau de seu colega irrompeu em sua mente da mesma forma que as propagandas aparecem, sem serem chamadas, no meio dos vídeos da internet. “Não se deixe cegar pelo brilho excessivo da tecnologia”, foi sussurrado por um coro de formandos em seu ouvido.

Até onde a tecnologia poderia substituir os seres vivos? Após as abelhas, quem seria o próximo? Se tudo puder ser substituído por réplicas robóticas, não haverá mais problema em perder a biodiversidade do planeta?

Rafi fechou os olhos e tentou pensar no futuro: abelhas mecânicas voando de lá para cá, analisando as flores com suas câmeras de alta resolução, utilizando inteligência artificial para identificar as melhores espécies, coletando seu pólen com movimentos delicados e escolhendo quais plantas receberiam esse pólen para uma reprodução perfeita. Plantas mais fortes e robustas surgiriam, melhor do que jamais uma abelha real poderia fazer. Após cumprirem sua tarefa, voltariam para sua colmeia digital para recompor suas baterias em um carregador de indução sem fio. Um relatório completo sobre o processo de polinização seria enviado ao proprietário da terra, um ciborgue!

Rafi sentiu um arrepio. Imediatamente, lembrou-se do Exterminador do Futuro.¹ Se as abelhas podem ser substituídas, por que não os próprios seres humanos? Qual seria o limite de avanço da tecnologia?

Ele entendeu melhor o que significa deixar-se cegar pelo brilho excessivo da tecnologia. Por mais que as abelhas elétricas pareçam, à primeira vista, uma ótima solução, a tecnologia deve ser utilizada para evitar que as abelhas entrem em extinção, e não para substituí-las

¹ Referência ao filme de Arnold Schwarzenegger (1984).

quando forem extintas. Se a sociedade acreditar que a tecnologia pode remediar todos os problemas, não haverá mais a necessidade de ações preventivas e de proteção: todos podem gerar bastante lixo, que a tecnologia dará um jeito; todos podem aumentar as emissões de gases de efeito estufa, que a tecnologia dará um jeito; incêndios podem ocorrer, que a tecnologia dará um jeito.

Prevenir é sempre melhor do que remediar. Rafi passou a ter uma visão mais ampla do que é o desenvolvimento sustentável e de como a engenharia deve ser comprometida com esse tema. Entendeu que a sociedade necessita de grandes mudanças, e o conhecimento teórico que está aprendendo no curso lhe possibilita ter uma visão mais ampla e sistêmica dos problemas. A engenharia não veio resolver apenas problemas pontuais; não deve ser algo passivo, deve agir de forma ativa, criando novas alternativas sustentáveis para prevenir a ocorrência de problemas. Um senso de missão brilhou à sua frente, pois sentia que poderia fazer uma grande contribuição para o futuro da humanidade. Não somente poderia, mas deveria! Nas aulas, está aprendendo a utilizar ferramentas de engenharia que permitirão avanços tecnológicos, visando o desenvolvimento da humanidade e a preservação do equilíbrio ecológico.

O Exterminador parou de repente; seus pés estavam presos por uma teia. Novas teias surgiram, enroscando-o ainda mais² e entrando dentro de seus circuitos. O Homem-Aranha surgiu e, olhando para Rafi, lembrou-lhe: “com grandes poderes vêm grandes responsabilidades”. Rafi compreendeu que não precisa ser um super-herói para proteger o mundo, basta utilizar seu conhecimento científico para tal. Esses são os verdadeiros heróis: pessoas comuns que amam a humanidade e se esforçam por servi-la.

² Trata-se de uma referência cruzada. No livro *Guerra Civil*, o Homem-Aranha paralisa o Homem de Ferro, e não o Exterminador do Futuro.

Disciplinas eletivas de módulo livre

A fila andou rapidamente, pois o Centro Acadêmico auxiliou a coordenação do curso na organização da fila para o ajuste de matrícula. Em poucos instantes, ele foi chamado.

— Bom dia. Qual é o seu nome? — perguntou, sorridente, o coordenador do curso, que estava sentado em frente ao computador com o sistema de matrícula já aberto.

— Sherlock. — respondeu o aluno.

— Hum... Estou vendo aqui que você está na lista de espera para uma combinação diferente de disciplinas: botânica, geologia, química e anatomia. É isso mesmo?

— Sim. Essas são todas de módulo livre, professor.

— Por que você escolheu essas disciplinas? — indagou o coordenador, franzindo a testa.

— Sobre botânica, quero conhecer a fundo os venenos em geral, mas não tenho interesse em jardinagem ou horticultura. Em geologia, quero ser capaz de reconhecer, à primeira vista, os diversos tipos de solo. Gostaria de poder dizer por onde uma pessoa andou ao observar as manchas nas calças após um passeio. Tenho também muito interesse em Química e Anatomia.

— Vejo, pelo seu histórico, que você também já fez Iniciação Científica.

— Sim, professor. Fiz uma revisão bibliográfica de 1.000 casos penais. É incrível como se podem identificar padrões de comportamento.

— OK, está matriculado! Bom semestre!

— Valeu, professor.

Rafi piscou, balançou a cabeça e voltou à realidade. Ele estava adorando ler as histórias de Sherlock Holmes no livro que seu amigo Júlio havia lhe emprestado. O raciocínio lógico para resolver problemas é algo bastante matemático, próximo à engenharia.

É claro que Sherlock Holmes não se matriculou em disciplinas, mas a descrição dos conhecimentos do detetive feita pelo Dr. Watson no romance *Um Estudo em Vermelho* ajuda a entender o porquê de ele ser o melhor em sua área. Holmes não se limitou somente ao conhecimento tradicional dos detetives comuns; ele buscou novos conhecimentos pontuais para conseguir tomar decisões melhores!

Disciplinas eletivas de módulo livre! Formação complementar! Como isso pode ser aplicado à engenharia? Recentemente, Rafi viu uma reportagem indagando se os robôs conseguem entender sarcasmo. É um ponto interessante. Se os engenheiros são as pessoas

responsáveis por programar os robôs, eles também precisam compreender o sarcasmo. Será que alguma disciplina de psicologia, como módulo livre, poderia ajudá-lo a programar melhor os robôs? Por mais esquisito que possa parecer, quase todo o livro *Eu, Robô*, de Isaac Asimov, é baseado no relato da Dra. Susan Calvin, psicóloga de robôs.

O professor estava estimulando os alunos a escolherem disciplinas de módulo livre que os ajudassem a se tornar profissionais mais bem preparados. Ele citou um exemplo interessante: “sabiam que Steve Jobs buscou aulas de caligrafia e, então, teve a ideia de criar diferentes fontes para o computador?” Embora aparentemente desconexos, a caligrafia e a computação estão interligadas.

O professor apresentou também um exemplo bem real de uma ex-aluna da Universidade de Brasília: dra. Lúcia Willadino Braga, presidente da Rede Sarah de Hospitais. Dra. Braga, inicialmente formada em música, começou sua trajetória acadêmica na faculdade ao escolher uma disciplina de módulo livre sobre o desenvolvimento do pensamento da criança. Posteriormente, ela pegou outra disciplina sobre neurologia. Então, no meio do segundo semestre, teve a ideia de desenvolver um projeto de iniciação científica visando trabalhar parâmetros sonoros em crianças com lesão cerebral, para desenvolver o pensamento. Esse caso é um exemplo de como música e medicina podem caminhar juntas, abrindo novas frentes profissionais e ajudando as pessoas de forma inovadora. Tudo isso graças ao módulo livre!

Esses exemplos deixaram Rafi intrigado. Sempre havia visto o módulo livre como uma atividade a mais a ser cumprida, mas não como uma possibilidade de refinar seus conhecimentos em engenharia. Decidiu enviar mensagem para alguns amigos perguntando o que eles pretendiam fazer. Seu amigo Julio disse que gostaria de pegar algumas disciplinas de computação como módulo livre. Já Ágatha disse que preferia preencher os créditos do módulo livre com optativas. Quanto a Isaac, ele ainda não tinha pensado no assunto.

Rafi ficou pensativo; achou que o módulo livre poderia ajudá-lo a ter uma visão mais abrangente dos problemas do mundo. Lembrou-se das características de engenharia, em que deve ser capaz de reconhecer as necessidades dos usuários. “Se eu compreender melhor como o mundo funciona, poderei entender melhor os problemas e, conseqüentemente, propor soluções mais adequadas”, pensou.

Em seguida, entrou no sistema de matrícula da universidade para buscar disciplinas de Ciências Humanas e Sociais, a fim de aprimorar sua compreensão sobre Desenvolvimento Sustentável. Usaria o módulo livre para expandir sua visão em relação aos problemas do mundo!

Carro de passeio marciano

— Também acho Matt Damon um excelente ator, mas o livro é muito melhor que o filme! — disse Ághata, entregando-lhe o livro.

Haviam decidido começar um clube do livro. Ághata, Isaac, Júlio e Rafi acharam que seria legal para descontraír um pouco; fazer uma pausa de tantos livros técnicos ajudaria a espairecer.

Ficção científica foi o primeiro tema escolhido. Ághata, com o semblante radiante, compartilhou um pequeno spoiler: “tem um aspecto importante que não está no filme: o astronauta, além de botânico, também é engenheiro mecânico!”.

Rafi pegou o livro *Perdido em Marte*.¹ Sempre gostou de ficção científica. Talvez seja um dos motivos que o levou a cursar engenharia, para desenvolver equipamentos futuristas. Leu o livro e foi para a reunião do clube do livro com seus amigos.

— Este livro me deixa orgulhoso da engenharia. — afirmou Júlio. — O astronauta utiliza muita criatividade, aliada à física, para sobreviver em Marte.

— O conhecimento hexadecimal foi crucial! — complementou Isaac.

— Sim! — confirmou Rafi. —, da mesma forma como a noção de como funcionam os painéis fotovoltaicos.

Ághata fez uma constatação mais profunda: — Vocês notaram como os cálculos que ele realiza para energizar o carro de passeio marciano são muito semelhantes ao projeto que o professor pediu para desenvolvermos na disciplina?

— Sim, ele calcula “quilo-watt-hora-por-dia”. Ele também achou essa unidade muito comprida. Adorei quando rebatizou de “pirata-ninja”.

— Parecia mesmo o projeto da disciplina. No primeiro cálculo, a quantidade de energia era imensa, o que inviabilizaria o seu funcionamento. Então, ele mudou o projeto, procurou outras fontes térmicas e conseguiu reduzir consideravelmente a energia elétrica necessária para um valor compatível com o que estava disponível.

— Ele fez interessantes cálculos da quantidade de energia que poderia ser armazenada, da gerada pelo sistema fotovoltaico e da consumida no percurso do veículo marciano, para calcular quantos quilômetros poderia dirigir por dia.

¹ Referência ao livro de mesmo nome, de 2014, do autor Andy Weir.

— Parece, inclusive, que o professor pegou desse livro a ideia de colocar projeto na disciplina.

Todos fizeram uma pausa; estavam contemplando uma aplicação prática dos conhecimentos teóricos adquiridos no curso de engenharia. É como se várias conexões estivessem se fechando, fazendo sentido. “É claro que é ficção”, pensou Rafi, “mas as situações pelas quais o engenheiro se deparou são todas factíveis”.

— E o que acharam da forma como ele utilizou os painéis fotovoltaicos para identificar a tempest... (Alerta de *spoiler* – texto encerrado automaticamente).

Gostaria de 1 m² de carne moída, por favor

— Gostaria de 1 m² de carne moída, por favor.

O atendente do supermercado corria para ajudar todos os clientes.

— Para mim, 30 mililitros de pão francês.

— Este saco de arroz é muito grande. Não tem aquele menor, de 1 metro por segundo?

O cérebro de Rafi se contorcia à medida que o professor escrevia esses disparates.

Doía só de olhar. Não fazia sentido!

Então, o professor escreveu: o QuE voCês aCHAm?

De novo, doeram os olhos. Era como se ele estivesse muito perto de uma fogueira de festa junina, quando começava a fazer os olhos arderem se ficasse focado no fogo por muito tempo.

Rafi entendeu onde o professor queria chegar. Era muito comum os alunos confundirem as unidades de potência e energia, inclusive em apresentações de Trabalhos de Conclusão de Curso.

— Potência e energia são grandezas fundamentais na engenharia. Um engenheiro não pode confundi-las nem escrevê-las incorretamente. — afirmou o professor. E ainda complementou: “a forma de escrever as unidades também precisa estar correta. Se um engenheiro errar conceitos básicos, transmitirá ao cliente a impressão de que não revisou o projeto e que os cálculos também poderão estar errados”.

Rafi fez uma rápida pesquisa na Internet sobre a notação de engenharia dentro do Sistema Internacional:

- Quilo “k” (minúsculo).
- Mega “M”.
- Giga “G”.
- Tera “T”.
- A unidade de potência é “W” em maiúsculo.

Logo, as unidades kW (potência) e kWh (energia – integral da potência no tempo) estão escritas corretamente, enquanto as variações (kw, Kwh etc.) não estão com a grafia correta.

Anotado! Rafi passaria a ficar mais atento neste ponto. Concordou com o professor de que um trabalho, seja de engenharia ou de qualquer outra atividade, precisa, além de ser

bem feito, parecer bem feito. Ele capricharia em seu relatório e na apresentação do projeto, tomando especial atenção aos detalhes. “Excelência sempre!”.

O tripé no chão irregular

O cavalo avançou sobre a rainha. O bispo foi eliminado. A torre fugiu pela lateral. A rainha, na diagonal, capturou o cavalo. O peão avançou uma casa. A rainha atacou o cavalo que restava. Outro peão também avançou timidamente. A rainha, agora, avançou contra a torre. Inesperadamente, o bispo que sobrara cortou o tabuleiro e colocou o rei em xeque. Os peões não deixaram o rei se mover, resultando no fim de jogo: xeque-mate. Vitória!

— Será mesmo vitória? — Rafi questionou seu adversário e colega de curso, Julio. Quase não sobrou nenhuma peça no tabuleiro de xadrez: bispo, cavalos, torres, todos foram abatidos na tentativa de atingir um objetivo.

— Visão reducionista, onde apenas um resultado pontual importa. — O pensamento parecia vir do peão que, tão habilmente, cercou o rei, soando com a voz do professor — É algo do passado. A engenharia do século XXI requer uma visão holística, buscando soluções que conciliem aspectos globais, políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais, e de segurança e saúde no trabalho.

— Acho que estou cansado... — Rafi disse para Isaac. — Até mesmo jogando, parece que ainda estou na sala de aula. Preciso de uma pausa. Vou comer algo na lanchonete antes da próxima aula começar.

O cansaço, entretanto, não era físico. O cérebro de Rafi, inconscientemente, trabalhava a todo vapor. Estava desconfortável com o desafio que lhe fora apresentado na sala de aula: propor um projeto de engenharia holístico que atendesse aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU.

— Cerca de 40% dos municípios brasileiros não têm saneamento básico. — Ághata havia falado na sala de aula — Podemos projetar estações de tratamento de esgoto. Isso atenderá a diversos ODS, como água potável e saneamento, vida na água, e também saúde e bem-estar, pois evitará que as crianças peguem doenças no esgoto a céu aberto.

— Superimportante e necessário! — disse o professor, já adiantando, pelo tom de voz, que apresentaria uma ressalva. — Mas se a energia elétrica necessária para tratar o esgoto vier do gás natural, não atenderá ao ODS 13, de combate às mudanças climáticas. Muitas soluções de engenharia precisam de energia, e o mundo não pode mais aumentar

as emissões de gases de efeito estufa; precisa é reduzi-las, e rapidamente. Novas soluções, criativas e inovadoras, são necessárias!

Integrados e indivisíveis! Para alcançar os ODS, deve-se pensar de forma holística. Não é aceitável atingir alguns objetivos se isso prejudicar outros. É como tentar alinhar um tripé sobre um chão irregular: não adianta alinhar uma das pernas se isso fizer com que as demais fiquem bambas.

— E se houvesse um subsídio para baratear os carros elétricos? — Antes que o professor comentasse, Isaac complementou: — Os carros poderiam vir equipados com pequenos “eletropostos fotovoltaicos” capazes de gerar energia limpa. Assim, atenderá aos ODS de cidades e comunidades sustentáveis, energia limpa e acessível, além de contribuir para a ação contra as mudanças globais do clima.

O professor levantou uma das sobancelhas; sempre fazia isso enquanto pensava. — De onde viria o dinheiro para subsidiar os carros elétricos?

— Dos impostos que o governo arrecada. De onde mais viria? — respondeu Isaac.

— Visão holística! — enfatizou o professor. — Quem comprará os carros elétricos serão as pessoas mais ricas. O subsídio dos impostos será utilizado para favorecer as pessoas ricas, aumentando as desigualdades e não atendendo ao ODS 10, que tem como objetivo reduzir as disparidades sociais. A ideia precisa ser repensada para não prejudicar nenhum ODS.

Rafi sentou-se no banco de concreto em frente à lanchonete. Esse diálogo ocorrido em sala de aula continuou sendo repassado dezenas de vezes em sua mente. Parecia impossível de ser solucionado.

Ele tentou desviar a sua atenção para algo que não tivesse nenhuma relação com o problema. Voltou os olhos para o conjunto de ferros curvados ao lado do banco. “Transformando espadas em arados” lhe veio à mente. Os ferros, formando diversos semicírculos, estavam quase todos vazios; apenas uma bicicleta repousava no amplo bicicletário instalado na entrada da faculdade.

Rafi segurou o sanduíche, mas não chegou a dar nenhuma mordida. Seu cérebro acelerou ainda mais. “E se tivermos bicicletas elétricas?”, lembrou-se do projeto que apresentou na disciplina de Conversão de Energia sobre o melhor motor para uma bicicleta elétrica. De acordo com a legislação de trânsito, as bicicletas elétricas somente podem funcionar quando o usuário as pedala, fornecendo ajuda na subida; não possuem acelerador. Parece que finalmente concebeu seu primeiro projeto holístico: a bicicleta elétrica. Ela ajuda a criar uma cidade mais sustentável, pode ser carregada com energia limpa, combate a mudança climática ao reduzir o número de carros na rua, é bem mais barata que um carro elétrico e ajuda na saúde e bem-estar. Além de reduzir o estresse e a violência do trânsito, continua sendo uma atividade física saudável, pois, mesmo com o motor, é necessário pedalar para que a bicicleta funcione, reduzindo o sedentarismo.

Ághata sentou-se ao seu lado; ela também tinha ficado incomodada com a aula. Buscou ideias na internet e encontrou o episódio “O Código”, em que Bill Gates projeta uma estação de tratamento de esgoto que utiliza a própria energia do esgoto para energizar o sistema.

Sua mente já estava processando como essa solução holística poderia ser implementada em larga escala, considerando as características das cidades brasileiras.

O significado de um projeto de engenharia com visão holística começou a ficar menos abstrato em suas mentes. O tripé parecia firme, mesmo com o chão irregular. Após terminarem o lanche, foram juntos para a próxima aula.

Modelo matemático do mundo

Modelo linear. Uma tensão de 5 volts foi configurada no gerador de funções. O amperímetro mediu a corrente do sistema elétrico resistivo montado na bancada do laboratório. A tensão foi ajustada para 10 volts, resultando em corrente zero. Ops, mau contato em um dos conectores. Agora sim, o valor da corrente registrado no amperímetro coincidiu com o previsto teoricamente.

O professor havia escrito no quadro uma das diversas competências de engenharia que estavam sendo trabalhadas no experimento de laboratório, que incluíam: “analisar, compreender e modelar fenômenos físicos e químicos por meio de modelos simbólicos, utilizando ferramentas matemáticas, estatísticas, computacionais e de simulação, de forma a prever resultados”.

A atividade de laboratório foi tranquila: prever teoricamente, montar, medir e comparar. Entretanto, a última questão apresentada no roteiro do experimento parecia fora do lugar. Será que o professor escreveu por engano e esqueceu de apagar?

“Faça um modelo do mundo e preveja o seu comportamento futuro”.

Trata-se de um desafio interessante; extrapolar o conhecimento de engenharia para além das equações apresentadas nos livros é algo que sempre motivava Rafi. Sentia que, assim, ficava mais próximo de encontrar soluções de engenharia para os problemas reais da sociedade.

— Hari Seldom¹ modelou a sociedade por meio de equações e previu seu comportamento. Ele tinha doutorado em Matemática! — disse Ághata.

— Mas isso não aconteceu de verdade. *Fundação* é um livro fascinante, mas trata-se de ficção científica criada por Isaac Asimov — disse Júlio.

— Mesmo assim — complementou Rafi. — A ideia parece interessante. Será que algo parecido pode ser feito? Precisamos identificar as variáveis de entrada e quais variáveis de saída serão monitoradas. A questão é: quais são essas variáveis?

— Eu vi, recentemente, um modelo desse tipo. — disse Isaac. — Foi no relatório AR6 do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC).

¹ Referência ao livro *Fundação* de Isaac Asimov (1920-1992).

Todos pegaram esse relatório para ver do que se tratava. Até aquele momento, tinham apenas uma vaga noção de que a mudança climática estava aumentando a temperatura do planeta. No entanto, quando tiveram contato com o documento, era como se uma luz brilhante irradiasse e iluminasse o íntimo de cada um deles, trazendo clareza e uma nova percepção da realidade. A ciência apresentada nesse relatório foi impressionante! Como dado de entrada, estava a emissão de gases de efeito estufa; como variáveis de saída, estavam: o aumento da temperatura da terra, os eventos climáticos extremos (chuvas muito fortes e furacões), as possibilidades de seca, de perda de biodiversidade e de aumento das desigualdades sociais, além de problemas relacionados à disponibilidade de água, alimentos e saúde. O relatório ainda mostrava diversos cenários com possíveis resultados para as próximas décadas.

A modelagem do mundo foi finalmente encontrada! Utilizaram-se ferramentas matemáticas, estatísticas, computacionais e de simulação para prever resultados. O efeito do comportamento humano no clima foi modelado com ferramentas de engenharia. Entretanto, ao se depararem com essa brilhante modelagem, o sentimento inicial de admiração rapidamente se dissolveu, dando lugar a um desânimo que tomou conta de cada um deles.

— Se esses modelos estão corretos... — gaguejou Rafi, quase aflito — O mundo está em uma estrada em direção ao inferno climático, e com o pé no fundo do acelerador.²

Isaac, mais atento às questões climáticas, acrescentou. — Todos os anos, a ONU realiza conferências sobre Meio Ambiente, chamadas COP. Os governos prometem reduzir as emissões de gases de efeito estufa, mas na prática pouco ainda é feito.

— Talvez a engenharia possa ajudar. — disse Ághata, com um brilho no olhar, típico de quem se sente desafiada e decide encarar o problema como uma oportunidade. — Para mudarmos o valor da saída do modelo, precisamos alterar o parâmetro de entrada. É necessário reduzir a emissão de gases de efeito estufa urgentemente!

— Mas como fazer isso? — perguntou Júlio.

O professor, que acompanhava atentamente o diálogo suscitado na sala, fez uma colocação.

— A questão é mais complexa do que parece. Se desligarmos as termelétricas que queimam gás natural, haverá um apagão. Se trocarmos os veículos a gasolina por carros elétricos, a rede elétrica atual talvez não suporte a demanda, além de precisar de mais eletricidade. De onde virá a eletricidade, sem as termelétricas a gás natural? De hidrelétricas em terras indígenas? Não é uma opção. A engenharia precisa definir soluções factíveis e prever as modificações necessárias para propor um caminho que leve à redução imediata dos gases de efeito estufa; esse caminho ainda não está claro.

² Referência ao discurso do secretário-geral da Organização das Nações Unidas (ONU), António Guterres, no início da cúpula da COP27 no Egito, em 2022.

O cérebro de Rafi parecia uma barata tonta. Algo precisava ser feito, e com urgência, mas o mundo está viciado em combustíveis fósseis.³ Nenhuma solução simples de curto prazo parecia estar ao alcance. Ele piscou os olhos várias vezes para tentar focar seus pensamentos.

Um enevoadado diagrama de blocos surgiu no meio do ar, com entradas e saídas. A saída aumentava cada vez mais, divergindo do valor de referência, e elevando a temperatura do globo, quase como um fogão que esquenta uma panela. Então, uma nova variável de entrada surgiu no diagrama, e o resultado passou a convergir. A temperatura do planeta estava reduzindo. Ao aproximar-se para ver que variável era essa, Rafi notou que não eram números, e sim pessoas, milhares delas, talvez milhões, todos jovens, unidos por um mundo mais sustentável e com menos emissões de gases de efeito estufa.

— A previsão do modelo pode ser alterada. — disse Rafi aos colegas, com uma convicção que ele sentia ser correta, embora não pudesse justificar ainda matematicamente. — Trata-se de uma grande oportunidade para aplicarmos o nosso conhecimento de engenharia. Se, para reduzir as emissões, é necessária uma nova forma de pensar e agir, então vamos pensar e agir de maneira diferente. Vamos especificar a infraestrutura de engenharia necessária para promover a transição para uma sociedade com emissões nulas de gases de efeito estufa.

Pela primeira vez, Rafi vislumbrou um problema real da sociedade, de dimensões colossais, e sentiu que poderia utilizar seu conhecimento de engenharia para ajudar a achar uma solução. Sentiu-se motivado e inspirado. “Posso desenvolver uma proposta de solução mais completa como Trabalho de Conclusão de Curso”, pensou.

³ Referência ao discurso do secretário-geral da Organização das Nações Unidas (ONU), António Guterres, na abertura da Assembleia-Geral da ONU, em 20 de setembro de 2022.

A Editora UnB é filiada à



Este livro foi composto em UnB Pro e Liberation Serif.

REFLEXIVO E CRIATIVO

Crônicas de um estudante de engenharia

Este curto livro de ficção realista visa abordar, de forma descontraída, as características e competências de engenharia que cada aluno deve desenvolver no decorrer de seu curso de graduação. O personagem principal, Rafi, é um estudante de engenharia que está cursando uma disciplina na qual o professor utiliza metodologia de aprendizagem ativa baseada em projeto. Os requisitos do projeto que cada aluno deve elaborar são: atender aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, com especial atenção ao combate às mudanças climáticas, e estar diretamente relacionado com a teoria apresentada na disciplina. Acostumado a resolver provas em que todas as informações necessárias estão no enunciado, Rafi precisará sair de sua zona de conforto para conceber um projeto de engenharia capaz de impactar a vida de milhões de pessoas.

É importante que cada estudante conheça e reflita sobre as características e competências que definem o que é ser engenheiro, para poder aproveitar ao máximo cada uma das disciplinas do curso. Os diversos pontos apresentados pelo personagem do livro visam estimular reflexões em cada um dos leitores, para que possam melhor entender o potencial que a engenharia oferece, e que possam se motivar cada vez mais aos estudos ao perceber como, por meio do conhecimento de engenharia, é possível contribuir para um mundo mais justo, sustentável e pacífico.

EDITORA



UnB

