

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática



JAMES CRAWFORD FERNANDES JÚNIOR
ELENICE DE SOUZA LODRON ZUIN
JOÃO BOSCO LAUDARES

2018

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

INTRODUÇÃO À ENGENHARIA:
um novo olhar

JAMES CRAWFORD FERNANDES JÚNIOR
ELENICE DE SOUZA LODRON ZUIN
JOÃO BOSCO LAUDARES
2018

APRESENTAÇÃO

Este guia foi elaborado como parte integrante da pesquisa de dissertação do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, intitulada “*Introdução à Engenharia: propostas de ensino-aprendizagem*”.

O intuito deste trabalho foi elaborar um material que possa ser utilizado nas aulas de *Introdução à Engenharia*, fato de existirem, ainda, poucas referências para a disciplina.

O enfoque dado se fixou culminou na produção de um guia generalista, sem enfatizar uma área específica, salvo em momento oportuno, quando é abordado, de forma concisa, os dez cursos de engenharia mais ofertados no Brasil, com o objetivo de dar uma visão geral sobre as especificidades de cada um deles. Essa decisão se ancora, também, na premissa de que, apesar de existir a necessidade de uma formação específica, os profissionais da Engenharia precisam ter ciência de, pelo menos, alguns aspectos de todas as áreas, pois, não raro, em seu cotidiano laboral há a possibilidade de se deparar com situações inerentes à outra(s) área(s), além disso, muitos projetos têm uma perspectiva multidisciplinar.

O guia parte da história das engenharias, evidenciando a relevância e a evolução desta ciência, ao longo do tempo, desde a antiguidade até o século XX. Outro objetivo é a proposta de que seja mostrada aos alunos ingressantes nos cursos de Engenharia a importância do Cálculo Diferencial e Integral para a sua formação. Não é sugerido que o docente de *Introdução à Engenharia* ministre aulas de Cálculo, a intenção é de que sejam enfatizados alguns dos principais conceitos matemáticos que são relevantes para as diversas áreas.

Ao final, sugere-se a utilização de filmes e documentários, não apenas para ilustrar a profissão do engenheiro e/ou a importância de novas tecnologias para a evolução humana, mas também para possibilitar debates e reflexões sobre a execução de projetos, de diversas situações que podem ocorrer no cotidiano profissional e outros aspectos mais gerais ou específicos. Pautando-se nesta proposição, foi elaborada uma lista de dezenove filmes e vinte e dois documentários dentro dos propósitos que foram elencados.

Esperamos que esse material possa guiar novas metodologias para a *Introdução à Engenharia*.

Os autores

SUMÁRIO

1. HISTÓRIA DAS ENGENHARIAS	5
1.1. A Engenharia na Antiguidade	7
1.2 A Engenharia evoluiu na Idade Média	14
1.3 As Escolas de Engenharia	17
1.4 A Engenharia no Brasil-Colônia	20
1.5 O início do ensino de Engenharia no Brasil	22
1.6 Engenharia no Brasil no século XX	26
2. A IMPORTÂNCIA DA ENGENHARIA	29
NA SOCIEDADE BRASILEIRA	29
2.1 A REGULAMENTAÇÃO DA ENGENHARIA NO BRASIL	29
2.2 OS CURSOS DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA	31
2.2.1 Engenharia Civil.....	32
2.2.2 Engenharia de Produção.....	33
2.2.3 Engenharia Elétrica	34
2.2.4 Engenharia Mecânica	35
2.2.5 Engenharia de Computação.....	35
2.2.6 Engenharia Química.....	36
2.2.7 Engenharia de Controle e Automação.....	36
2.2.8 Engenharia Ambiental e Sanitária e Engenharia Ambiental	37
2.2.9 Engenharia de Alimentos	38
3. A MATEMÁTICA NA ENGENHARIA	39
4.1. Funções:	42
4.2. Noção intuitiva de Limite de uma Função	44
4.3.Continuidade	49
4.4. A Derivada de uma Função:.....	51
4. A ENGENHARIA ATRAVÉS DE AUDIOVISUAIS	56
4.1 Filmes baseados em fatos reais	57
4.2. Filmes de ficção científica.....	61
4.3 Documentários	65
REFERÊNCIAS	73

1. HISTÓRIA DAS ENGENHARIAS

Neste capítulo, que traz um viés histórico, defendemos a necessidade de o futuro profissional ter conhecimento dos primórdios da engenharia e de outros elementos ligados à área sob uma perspectiva histórica. Esse capítulo tenta cumprir, ainda que de forma sucinta, esse papel.

Entender a nossa história e como chegamos até aqui nos ajuda a programar melhor o futuro. No caso das carreiras consideradas da área de Ciências Exatas não é diferente, se conseguirmos entender como os saberes que temos hoje foram elaborados, é possível avançar sobre aquilo que não conhecemos. Acreditamos que há muitos conhecimentos adquiridos, mas que se perderam ao longo tempo e que poderiam ser a chave para avanços ainda mais importantes na atualidade.

Como podem ser definidos os termos engenho, engenharia e engenheiro? O minidicionário Amora da língua portuguesa define Engenharia, Engenheiro e Engenho como:

en.ge.nha.ri.a sf. Ciência ou arte da aplicação de princípios científicos e empíricos às construções civis, à fabricação de máquinas ou de qualquer engenho.

en.ge.nhei.rosm 1. Indivíduo que se dedica à engenharia; 2. Aquele que tem o curso de engenharia.

en.ge.nhosm 1. Faculdade inventiva talento, gênio, aptidão natural habilidade; 2. qualquer máquina; 3. Estabelecimento agrícola destinado à cultura de cana e à fabricação do açúcar. (AMORA, 2009, p. 259).

A palavra engenheiro vem do termo **engenho**, de acordo com o *Diccionario Bluteau*, engenheiro era aquele “que aplica a Engenharia, faz engenhos ou máquinas bélicas para o ataque ou defesa de praças, que sabe de fortificações, da arte de tirar planos, medir geométrica ou trigonometricamente... o que faz quaisquer máquinas.” (DICCIONÁRIO BLUTEAU DA LÍNGUA PORTUGUESA, 1789 *apud* TELLES, 1994, p. 6).

A primeira escola que titulou pessoas com formação em Engenharia e por tanto pode ser considerada a primeira instituição que formou o que chamamos de engenheiro moderno foi a *École Nationale des Ponts et Chaussées*, fundada em 1747, em Paris, por Daniel Trudaine (1703-1769). Ao longo deste texto, utilizaremos o termo *engenheiro* para um período antes do surgimento dessa palavra e da criação da *École Nationale*, pois os autores consultados utilizam este termo para se referir aos profissionais que exerciam tais funções.

Vendo a Engenharia como “a arte de construir” é difícil precisar uma época onde tudo começou, já que a construção de qualquer artefato pode ser considerada complexa por todas

tentativas e erros para se chegar à sua elaboração, como uma machadinha de pedra. Esta, feita de rocha e madeira, se constituía em armas de pedra lascada, do período Paleolítico, utilizada pelo homem pré-histórico, para se proteger dos grandes predadores e servia também como utensílios do dia a dia.

Concordamos com Lindenberg Neto (2002), ao afirmar que há vários motivos para se ensinar a História da Engenharia, passando por um aspecto tanto cultural, quanto sociológico.

O que o homem é hoje decorre de todo um passado que ele não pode ignorar. A engenharia civil atual é a filha e a herdeira direta de cerca de 10.000 anos do exercício da arte de construir moradias, templos, túmulos, estádios, teatros, auditórios, aquedutos, pontes, barragens, portos, canais e túneis, e o conhecimento deste passado é fundamental para que se tenha a real dimensão da engenharia de nossos dias. (LINDENBERG NETO, 2002, p. 2).

As obras da Antiguidade que resistiram aos séculos, foram construídas para homenagear grandes conquistas, reis, rainhas, faraós, ou deuses e todas foram edificadas para resistirem ao tempo. Para Lindenberg Neto (2002) as “construções, além de satisfazerem necessidades materiais e tangíveis do homem, são uma importantíssima expressão cultural, social, política e econômica das sociedades que as erigiram.” (2002, p. 2).

Neste contexto, entender como estas obras foram elaboradas, em condições tão adversas às contemporâneas, pode nos dar elementos (ainda que apenas motivacional) para que a engenharia atual esteja em constante avanço. E não só os acadêmicos de engenharia civil, mas todo e qualquer engenheiro precisa saber como sua profissão surgiu, quem foram seus precursores, quais foram as pessoas que construíram os conhecimentos que ele possui hoje, em que condições tais conhecimentos se estabeleceram. É igualmente importante que este profissional saiba os percalços para a obtenção da regulamentação da sua área, ainda que apenas para se valorizar tais memórias e legados.

A Engenharia é a responsável direta pelos avanços tecnológicos que, cada vez mais, nos proporcionam conforto, o que não significa que os povos da antiguidade não o tinham. Desde o momento que o homem começa a caçar, quer seja para conquistar seu próprio alimento ou para usar a pele dos animais como vestimenta, ele principia a “engenharia”, ou seja, ele passa a investir em “novas tecnologias” para melhorar seu conforto e lhe permitir sobrevivência. Dentre estes saberes, a Matemática também comparece, D’Ambrósio (2005), entende a

[...] matemática como uma estratégia desenvolvida pela espécie humana ao longo de sua história para explicar, para entender, para manejar e conviver com a realidade sensível, perceptível, e com o seu imaginário, naturalmente dentro de um contexto natural e cultural. Isso se dá também com as técnicas,

as artes, as religiões e as ciências em geral. Trata-se essencialmente da construção de corpos de conhecimento em total simbiose, dentro de um mesmo contexto temporal e espacial, que obviamente tem variado de acordo com a geografia e a história dos indivíduos e dos vários grupos culturais a que eles pertencem – famílias, tribos, sociedades, civilizações. A finalidade maior desses corpos de conhecimento tem sido a vontade, que é efetivamente uma necessidade, desses grupos culturais de sobreviver no seu ambiente e de transcender, espacial e temporalmente, esse ambiente. (D’AMBROSIO, 2005, p. 102).

Dentro de diversos contextos culturais, os saberes se aprimoraram. Os primeiros “engenheiros”, de acordo com suas experiências, foram percebendo que outros aspectos estavam envolvidos nas suas elaborações, deste modo, desenvolveu-se a noção de equilíbrio, estabilidade, centro de gravidade, entre outros conceitos fundamentais, que são essenciais na formação de um engenheiro moderno, mas nossos “engenheiros” ancestrais não tinham nenhuma base teórica.

A história da tecnologia e das invenções, em especial no que se refere aos períodos mais antigos, foi deixada incompreensivelmente sem cultivo. Nossos vastos institutos técnicos continuam a revolucionar, em ritmo cada vez mais acelerado, o mundo em que vivemos, mas apenas um pequeno esforço vem sendo feito para localizar nossa tecnologia atual dentro de uma sequência cronológica e para oferecer aos técnicos aquela consciência de suas responsabilidades sociais que só pode surgir na compreensão de suas responsabilidades sociais que só poder-se-ia quase dizer, de sua herança apostólica. Ao permitir que aqueles que trabalham em oficinas e laboratórios esqueçam o passado, estamos empobrecendo o presente e colocando em perigo o futuro. (GAMA, 1985, p. 88).

1.1. A Engenharia na Antiguidade

Para Addis (2009), o homem começa a “engenhar” quando começa a manipular grandes blocos de pedra, já que para se realizar tal tarefa seria necessário não só o uso da força, mas principalmente da inteligência.

Têm sido um tópico de especulação frequente o modo como os antigos egípcios extraíram e manipularam cerca de 2,3 milhões de pedras, cada uma pesando aproximadamente 2.500 kg, para construir a Grande Pirâmide de Quéops (Khofu) em Gizé por volta do ano 2500 a.C.

[...] Aproximadamente na mesma época, na Inglaterra, blocos de pedra de cerca de 20.000 kg foram levantados a cerca de 6 m de altura para construir Stonehenge. Por volta de 1500 a.C., os engenheiros egípcios extraíram, moveram e ergueram três obeliscos de pedra, cada um com aproximadamente 450 toneladas. A remoção posterior de um deles (conhecido como o Obelisco do Vaticano) do Egito, seu levantamento em Roma e subsequente relocação foram obras de Engenharia também impressionantes (ADDIS, 2009, p. 13).

Estes são apenas alguns exemplos, de obras da antiguidade que despertam a curiosidade de pessoas no mundo todo, não só pela beleza, mas também pela complexidade na construção. Além da dificuldade de se mover uma pedra com grandes dimensões, outros saberes eram necessários. Como não ter conhecimento de topografia, resistência e mecânica dos materiais, equilíbrio e vários outros conhecimentos que todo engenheiro moderno possui?

“No caso das pirâmides egípcias, os projetistas também tinham que planejar a forma e a localização de inúmeras salas e túneis em seu interior, e construí-las exigia grandes conhecimentos de geometria e técnicas de medição tridimensional.” (ADDIS, 2009, p. 13). Podemos citar o *Código de Hamurabi*, um conjunto de leis da antiga Babilônia, elaborado pelo primeiro soberano, Hamurabi, que reinou no período de 1792 a 1750 a.C. Este código “regrava todos os aspectos da sociedade, incluía leis específicas sobre construção, o que nos transmite tanto a ideia de responsabilidade profissional como o fato de que tal atividade exigia conhecimentos específicos”. (ADDIS, 2009, p. 13-15).

O primeiro engenheiro de quem se tem registro foi Imhotep, no Egito, que ficou famoso após projetar a Pirâmide de Djoser (figura 8), para o faraó Djoser, da 3ª dinastia¹. “Também conhecida como *Pirâmide de Degraus* ou *Pirâmide de Saqqara*, foi erguida para o sepultamento do Faraó Djoser, durante o século XXVII a.C., na necrópole de Saqqara, a nordeste da cidade de Mênfis” (EGITO ANTIGO, 2016). A pirâmide fica no centro de um grande cemitério, num amplo pátio cercado por estruturas e elementos decorativos cerimoniais.

Figura 1 - Pirâmide de Djoser



Fonte: <http://arqueologiaegipcia.com.br/2011/07/15/airbags-sao-usados-em-piramide/>

A civilização minóica originária de uma ilha no mar mediterrâneo, chamada Creta, especialmente entre os anos de 1800 e 1600 a.C. Havia o palácio real de Minos, construído em Cnossos. Tal palácio chama atenção por “representar os últimos avanços em conforto arquite-

¹ Para a 3ª dinastia os historiadores definem o período de 2686 a.C. a 2613 a.C.

tônico para a família real. Poços de luz garantiam bons níveis de iluminação natural; havia água encanada no palácio, e o sistema hidrossanitário incluía um recurso para descarga dos vasos sanitários”. (ADDIS, 2009, p. 15).

O Grande *Templo de Amon*, em Karnak, é uma das construções primitivas mais fascinantes. “Construído em várias fases por reis sucessivos a partir de 1550 a.C. O Salão Hipostilo cobria uma área de cerca de 100 m por 50 m. [...] A cobertura era feita de grandes placas de pedra apoiadas em vigas de pedra, que eram sustentadas por 134 colunas”. (ADDIS, 2009, p. 15).

A mais antiga das Sete Maravilhas do Mundo antigo, a única que sobreviveu ao tempo, é a *Grande Pirâmide de Quéops* (figura 9), com seus quase 150 m de altura, foi a mais alta construção do mundo até o surgimento de algumas catedrais do século XIV. (ADDIS, 2009, p.18).

Figura 2 - Pirâmide de Quéops



Fonte: <http://filosofiaetecnologia.blogspot.com.br/2011/07/grande-piramide-de-keops.html>

A segunda maravilha mais antiga, data de cerca de 600 a.C. era os Jardins sos² da Babilônia, construídos às margens do rio Eufrates. Apesar de o tamanho, a localização e a idade dos lendários jardins ainda sejam discutidos, muitas descrições deixam claro a sua grandiosidade e beleza. “A água necessária para a irrigação contínua dos jardins tinha que subir cerca de 50 metros acima do rio através de máquinas com tração humana e canais de barro e impermeabilizados com folhas de chumbo ou asfalto.” (ADDIS, 2009, p.18).

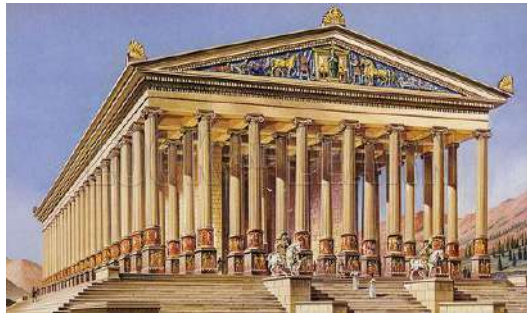
Outra das Sete Maravilhas do Mundo Antigo foi o Templo dedicado à deusa Ártemis (figura 10). Sua construção começou na década de 350 a.C., sendo finalizada cinquenta anos depois. O templo reconstruído tinha mais de 120 colunas de 19 metros; sua estrutura, cerca de 130 metros de comprimento e 68 metros de largura. Descrevendo as Sete Maravilhas, em um livro escrito³ por volta de 230 a.C., seu autor se referia ao Templo de Éfeso:

² “Suspense” era a palavra usada para descrever muitas construções com pé-direito alto, inclusive, por exemplo, a enorme cúpula de alvenaria de Santa Sofia, em Constantinopla, construída entre 532-37 d.C.

³ ADDIS (2009) não diz que livro é esse. Nem qual autor.

Eu vi as muralhas e os Jardins Suspensos da antiga Babilônia, a estátua de Zeus, em Olímpia, o Colosso de Rodes, as Grandes Pirâmides e o túmulo de Mausolo em Halicarnasso. Mas quando vi o templo de Éfeso erguendo-se sobre as nuvens, todas estas outras maravilhas ficaram na sombra. (ADDIS, 2009, p. 20).

Figura 3: Representação do Templo de Ártemis



Fonte: <https://funchalnoticias.net/2016/01/26/as-sete-maravilhas-do-mundo-antigo-o-templo-de-arteemis-em-efeso/>

Por volta de 230 a.C., finalizava-se a construção do *Colosso de Rodes*, uma estátua que celebrava a vitória da cidade contra as tropas de Demétrio, um dos generais de Alexandre, o Grande. Com aproximadamente 35 metros de altura, ficava sobre um plinto de 16 metros de altura. Filon de Bizâncio (c. 280–220 a.C.), provavelmente um engenheiro militar, “escreve que o Colosso consistia de um núcleo com duas ou três colunas de pedra que chegavam até o nível da cabeça e eram conectadas por arquitraves ou vigas de pedra, provavelmente em mais de um nível.” (ADDIS, 2009, p.20). Nas colunas foi construída uma armação em ferro que avançava até sustentação da estátua.

Outra das Sete Maravilhas do Mundo Antigo foi o farol de Alexandria (figura 11), na ilha de Faro, marcava a entrada ao porto da nova cidade que lhe dera o nome. Terminado em 270 a.C., pelo filho de Ptolomeu Soter, Ptolomeu II, esta maravilha foi construída em pedra assentada sobre folhas de chumbo, para melhoria do assentamento entre as fiadas. Estima-se que tivesse cerca de 300 cúbitos de altura (cerca de 120 metros).

Figura 4: Representação do Farol de Alexandria



Fonte: <https://marsefim.com.br/o-farol-de-alexandria/>

Em 290 a.C., Ptolomeu I fundou a escola *Museum*⁴ de Alexandria (figura 12), “com o fim declarado de coletar todas as obras escritas importantes, promover o estudo da literatura e da arte, estimular e auxiliar investigações, pesquisas experimentais e matemáticas.” (ADDIS, 2009, p. 24). Inspirado, no currículo amplo do *Liceu*⁵, foi a mais bem-sucedida de todas as escolas da Antiguidade, o modelo no qual se baseiam todas as instituições acadêmicas e de ensino atuais.

Durante os 900 anos seguintes, ele atraiu estudiosos e alunos de todos os confins do futuro Império Romano do Ocidente e do Oriente. Uma importante parte do complexo do Museu era a famosa Biblioteca de Alexandria, na qual se acredita que houvesse 750.000 livros em seu apogeu. [...] A lista de nomes relacionados à Universidade de Alexandria como professor ou aluno é impressionante, incluindo, entre outros, o geômetra Euclides e os engenheiros Arquimedes, Tesíbio, Filon e Hiéron de Alexandria. Para que possamos ter uma ideia do alto padrão que a Engenharia grega e romana alcançou, vale a pena examinarmos as carreiras, as conquistas e os escritos dos mais eminentes destes homens. (ADDIS, 2009, p. 25).

Figura 5: Representação do Museum de Alexandria



Fonte: <http://seguindopassoshistoria.blogspot.com.br/2014/05/a-biblioteca-e-o-museu-de-alexandria.html>

Foi por volta do ano 100 d.C. que o historiador romano Plutarco, descreveu um experimento que Hiéron, rei de Siracusa, preparou para que Arquimedes (287a. C.-212 a. C.) pudesse demonstrar sua polia composta.

Em uma carta ao Rei Hiéron, Arquimedes afirmou que, dada força suficiente, qualquer peso podia ser movido por seu sistema de polias.

Hiéron maravilhou-se com isto e pediu a Arquimedes uma demonstração prática na qual um grande peso poderia ser movido por uma pequena máquina. Um dos navios de carga da frota do rei – que não podia ser movido do cais a não ser com muito esforço e muitos homens – foi selecionado, enchido com passageiros e carga total, e Hiéron se sentou para assistir; e praticamente sem esforço, Arquimedes puxou a corda da polia composta e moveu o na-

⁴ A palavra “museu” significava um santuário para as Musas, mas hoje seria mais apropriado chamá-lo de uma universidade.

⁵ O *Liceu* foi construído perto de Atenas, na Grécia, tendo como fundador Aristóteles 335 em a.C. no qual eram discutidos assuntos relacionados a lógica, física, metafísica, retórica, política e literatura.

vio em linha reta, de forma tão suave e estável como se ele estivesse no mar. (PLUTARCO *apud* ADDIS, 2009, p.25).

[...]

Quando Arquimedes começou a manejar suas máquinas e a atirar contra as forças terrestres dos atacantes todos os tipos de projéteis e imensas massas de rocha, que caíam com barulho e velocidades inacreditáveis, nada conseguia evitar o peso deles, e estes projéteis arrasavam tudo que estivesse em seus caminhos, causando grande confusão entre os inimigos. Ao mesmo tempo, enormes vigas eram subitamente arremessadas das muralhas e caíam sobre os navios, afundando rapidamente alguns deles; outros eram capturados pela proa com o uso de garras de ferro ou ganchos que pareciam ganhos de guindaste, eram erguidos no ar, e então tinham suas proas levantadas e eram jogados para o fundo do mar, ou giravam várias vezes, puxados pelas máquinas de guerra da cidade, até se chocarem contra as pontas de aço que projetavam das muralhas, massacrando os guerreiros a bordo, que morriam nos escombros. (PLUTARCO *apud* ADDIS, 2009, p. 25).

Apesar de tudo, Arquimedes era um engenheiro um tanto relutante, só desenvolvia máquinas de guerra quando solicitado por seu amigo, o rei de Siracusa, e não escreveu nada sobre seus conhecimentos militares.

O *Museum* de Alexandria teve também uma “escola de Engenharia”, fundada em 230 a.C. por Tesíbio de Alexandria (c. 285a.C.–222 a.C.) que “era um engenheiro militar egípcio e escreveu dois livros sobre a mecânica aplicada à guerra e às máquinas bélicas, ambos perdidos: *Memorando sobre Mecânica e Belopoietica*.” (ADDIS, 2009, p. 26). Cujas finalidades eram educar e treinar engenheiros militares e engenheiros mecânicos.

A lista de nomes relacionados à Universidade de Alexandria como professor ou aluno é impressionante, incluindo, entre outros, o geômetra Euclides e os engenheiros Arquimedes, Tesíbio, Filon e Hiéron de Alexandria. Para que possamos ter uma ideia do alto padrão que a Engenharia grega e romana alcançou, vale a pena examinarmos as carreiras, as conquistas e os escritos dos mais eminentes destes homens. (ADDIS, 2009, p. 25).

Tesíbio projetou várias catapultas, incluindo uma que usava cabos de bronze torcidos que, ao contrário dos cabos feitos de materiais orgânicos (cordas e tendões de animais), seu desempenho não era afetado pela umidade. Sua obra sobre a compressibilidade e elasticidade do ar também foi importante e lhe rendeu o título de “pai da pneumática”. Inventou a bomba de sucção que, ainda hoje, é usada para bombear água verticalmente e muitas máquinas movidas a água ou energia pneumática, algumas incorporando engrenagens mecânicas. (ADDIS, 2009).

A única edificação que se sabe que foi projetada e construída por Vitruvius, século I a. C., foi a nova basílica em Fano, no sudeste da Itália. Apesar de não existir mais, esta basílica “representou o clímax de 500 ou 600 anos de desenvolvimento contínuo de técnicas de construção e Engenharia em toda a Itália e Grécia.” (ADDIS, 2009, p.38).

Tal Basílica tinha “um pátio interno fechado em três lados por uma edificação de dois pavimentos, formados por um grande salão com pé-direito duplo e uma colunata fechando o quarto lado”. (ADDIS, 2009, p.38). Seu centro era coberto em vertente sobre um vão de 18,5 metros por 35 metros (mesmo para as tecnologias atuais é um vão muito grande) e “sustentado por vigas de madeira quadradas, com cerca de 60 cm de largura, as quais, por sua vez, eram apoiadas em colunas de pedra de 15 metros de altura e 1,5 metro de diâmetro.” (ADDIS, 2009, p.38 - 40).

O *Coliseu* (em italiano, *Colosseo*) é, sem dúvida, o anfiteatro permanente mais antigo que se conhece na Itália. Sabe-se que seu nome foi registrado pela primeira vez no século XI e é uma referência à estátua gigantesca (ou colossal) de Nero e que fora construída próxima ao anfiteatro. Sua construção foi concluída por volta de 80 a.C., em Pompéia, oferecendo assentos para 20.000 espectadores em uma edificação que media 133 metros por 102 metros. O *Coliseu* não foi apenas o primeiro anfiteatro de que se tem registro, mas também o maior já construído e levou cerca de dez anos para sua finalização. (ADDIS, 2009, p. 46-48).

De certa forma, a Engenharia do Coliseu não chama a atenção, embora sua complexa geometria tridimensional deva ter sido muito difícil de projetar. [...] O que torna a edificação absolutamente incrível, no entanto, seu tamanho é impressionante. Em planta baixa, é uma elipse de 188 por 156 metros no seu eixo principal noroeste-sudoeste, cobrindo uma área de 6 acres (6 mil metros quadrados). Mais de 100.000 metros cúbicos de mármore travertino tiveram que ser transportados ao sítio por um exército de carroças puxadas por bois. O Coliseu tinha 48 metros de altura e, embora as estimativas de sua capacidade de espectadores sentados variem, 50.000 pessoas é um número bastante comedido. (ADDIS, 2009, p. 48).

Concebido apenas 40 anos após a finalização do Coliseu, o *Panteon* representa um grande avanço em termos de Engenharia de estruturas. Sua cúpula tem um vão de 44 metros e a altura dela tem praticamente a mesma medida. Até mesmo a cúpula de Brunelleschi para a Catedral de Florença (1434) e a cúpula da Catedral de São Pedro (1590) tem cerca de um metro a menos, usando as abóbadas de cisalhamento. (ADDIS, 2009, p.51).

Um fato curioso é que as moradias, na Antiguidade, eram feitas de barro e madeira, e cobertas com palhas. Com estruturas consideradas de simples manuseio e que qualquer carpinteiro poderia fabricar, além disso, seus tamanhos eram parecidos com o das casas modernas, com pé-direito⁶ entre 3 ou 4 metros de altura; enquanto que os templos eram sempre de dimensões gigantescas, para abrigar a estátua de um deus, com pedras que são indiscutivelmente impossíveis para o homem erguer – mesmo que um grupo muito grande não seria pos-

⁶ Altura do chão até o teto ou à laje da casa.

sível por causa das dimensões – ou animais arrastarem. “Sua forma precisava ser diferente para atender à sua função especial, e talvez fosse escolhida inspirada em outros templos de cidades distantes” (ADDIS, 2009, p. 15).

1.2 A Engenharia evoluiu na Idade Média

Avançando um pouco no tempo, é preciso mencionara Engenharia e o desenvolvimento tecnológico durante a Idade Média.

As Corporações de Ofício eram “associações de artesão e mercadores que na Europa tomarão forte desenvolvimento” (SANTONI RUGIU, 1998, p. 23) atingindo sua hegemonia no século XII, mas foram sendo suprimidas no fim do século XVIII e início do século XIX, devido às mudanças que advieram da Revolução Industrial. Segundo Rugiu (1998), além do termo Corporações de Ofício, outras denominações também foram utilizados:

Para citar algumas, temos: Colégio em Roma, Consulados em parte de Lombardia, Universidade no Piemonte e outros lugares, Companhia na Emília, Grémio na Sardenha, Confrarias ou Irmandades no Vêneto, mestranças na Sicília, Ministérios em alguns centros norte-ocidentais, Paratici em zona ex-longobarda, etc. Na Grã-Bretanha e nos países alemães, prevaleceram em geral, respectivamente, guilds e Gilden; na península ibérica, grêmios; na França *métiers* ou *devoirs*. (SANTONI RUGIU, 1998, p. 23).

O destaque a tais associações se deve ao fato de estas, além de cooperativas, também eram formativas, seus membros ensinavam aos mais novos a arte do artesanato, Reimer (1973) destaca:

A prática das Corporações tinha antigamente grandíssimo valor educativo (...) as pessoas aprendiam de dois modos: mediante o trabalho desenvolvido em contato com mestres de grande experiência ou mediante a associação de arte e prática profissional.(REIMER *apud* SANTONI RUGIU, 1998, p. 21).

Para Gama (1985), não podemos falar sobre a história das grandes navegações no fim da Idade Média sem falar “das melhorias introduzidas pela Idade Média na construção de navios e na navegação” (GAMA, 1985, p. 89) como a descoberta da vela para embarcações, que aumentaram consideravelmente a autonomia das viagens oceânicas, uma vez que esta invenção dispensou remadores e, com eles, mantimentos e dentre outros que diminuíram, tanto a carga dos navios, quanto suas tripulações.

Para este autor, falar da história da tecnologia utilizada na Idade Média, não se pode delimitar uma região, pois em diversas localidades muitos grupos detinham conhecimentos de várias práticas e procedimentos.

Ainda antes das migrações germânicas, (...) bárbaros já influenciavam a tecnologia romana e, em séculos posteriores, contribuíram com vários ingredientes próprios para a vida medieval: o uso de calças e o hábito de vestir peles, a casa compacta de aquecimento fácil quando comparada com a casa de pátio mediterrânea, as joias *cloisonné*, a fabricação de feltro, o esqui, o uso de sabão para limpeza e da manteiga para substituir o azeite, a fabricação de barris e tonéis, o cultivo de centeio, da aveia, da espelta e do lúpulo, talvez a alta volataria e alguns elementos do sistema numérico. Acima de tudo, as grandes planícies inventaram o estribo, que tornou o cavalo etimologicamente responsável pela cavalaria e, talvez ainda mais importante, o arado pesado, que é a base tecnológica do feudo medieval típico. (GAMA, 1985, p. 90).

O homem medieval não tinha o hábito de leitura e menos ainda da escrita, o que faz com que seja muito difícil afirmar que essa ou aquela invenção tem origem em determinada região, às vezes, torna-se incerto até mesmo precisar o período de determinadas descobertas. “Mesmo a destilação do álcool, por tanto tempo considerada uma arte tomada ao Islã, e agora considerada uma invenção da Europa ocidental” (GAMA, 1985, p. 90).

Ao contrário do que se pensa, os historiadores têm cada vez mais certeza de que a Europa Medieval usou:

[...] inovações técnicas não só de Bizâncio e do Islã, mas também, e talvez em maior quantidade, da China. E nem sempre tais empréstimos foram mediados pelos gregos e pelos muçulmanos como no caso do papel: ao contrário, muitas coisas foram obtidas diretamente através das rotas de caravanas da Ásia Central. A pólvora, a bússola e a imprensa com tipos móveis provavelmente não se originaram no Extremo Oriente: as últimas pesquisas atribuem tais invenções à Europa, de onde teriam se difundido em direção ao Islã. (GAMA, 1985, p. 91).

Além destas invenções, há outras que são muito utilizadas na Europa Ocidental e também têm de origem duvidosa, são elas: sinos de igreja, comuns nos dois extremos do continente Euroasiático, mas não se sabe se foi utilizado no centro daquele mesmo território; a besta, empregada pelos gregos, ficou por muito tempo esquecida, até reaparecer na China e nas cruzadas em Constantinopla; o arco de violino, que revolucionou a música da época; o carrinho de mão, que facilitou o transporte de pequenas cargas substituindo mão de obra humana; a roca, que aumentou a velocidade de produção de tecidos e, no século XIV, iniciou a maior das revoluções na história do vestuário e, talvez, a invenção mais importante da Idade Média: a fundição do ferro, que, provavelmente, tenha surgido no Extremo Oriente (GAMA, 1985).

A manivela também é uma invenção da Idade Média e sua aplicação prática é tão importante, principalmente na mecânica que, para Gama (1985) só superada pela roda (uma invenção muito mais antiga). “Aparece apenas depois das invasões, e ainda em forma rudimen-

tar: primeiro, talvez, em moinhos de mão, depois em moinhos de pedra rotatórios. A Idade Média tardia desenvolveu sua aplicação a todo tipo de maquinaria”. (GAMA, 1985, p. 95).

Desde a época medieval, a matemática passou a ser vista predominantemente como um conhecimento útil para as chamadas “artes mecânicas”, um conhecimento prático. A geometria representava um dos elementos necessários aos carpinteiros, aos arquitetos e aos agrimensores e aritmética constituía a base principal da “arte do comércio”. (GILLE *apud* VALENTE, 2007, p. 40).

Apesar de ser inventada no século I, pelos chineses ou pelos europeus, a pólvora⁷ só foi utilizada em armas no século XX, mas é na transição Idade Média – Era Moderna (sec. XIV), com a invenção do canhão, pelo monge alquimista alemão Berthold Shwarz (1310 – 1384), que se começou a utilizar armas de fogo nas guerras.

É somente no século XVIII que as armas da artilharia ganham alcance e mobilidade para fazerem parte do exército napoleônico no século XIX. [...] já no século XVII, a artilharia influenciou decisivamente sobre as novas formas de se construírem as fortificações. As grandes muralhas se abaixam; muda o traçado das obras, para obtenção de fogos cruzados; modificam-se os métodos de construção, para proteção das guarnições; criam-se obstáculos para impedir aproximação. Tudo, enfim é alterado e aperfeiçoado. Fica constituída, assim, uma forma inteiramente nova de arquitetura das fortificações. (VALENTE, 2007, p. 40).

A partir dessas informações, podemos dizer que o desenvolvimento da Engenharia desde a antiguidade, passa pela necessidade de homenagear deuses ou grandes vitórias e também pela ação militar. As tecnologias que surgiram para a guerra impulsionaram uma nova arquitetura e muralhas mais resistentes, uma vez que o “poder de fogo” aumentou consideravelmente. E, obviamente, tanto a construção civil quanto a arte da guerra exigiram uma mão de obra especializada em tais tecnologias.

No decorrer dos séculos, a geometria e a aritmética tornam-se úteis em outras áreas e “é assim que nascem, por toda a parte, as *Aulas*⁸ *de Artilharia e Fortificação*” (MAGALHÃES *apud* VALENTE, 2006, p. 40). Esse novo profissional, de quem se exigia um conhecimento geométrico e matemático, formado nessa escola, que se constitui o engenheiro moderno.

As altas torres e as muralhas retas das fortificações medievais não proporcionavam mais uma boa defesa na era dos canhões (...). Com isso, a necessidade de realizar obras que fossem ao mesmo tempo sólidas e econômicas e, também, estradas, pontes e portos para fins militares forçou o surgimento

⁷ Segundo Gama (1985), a pólvora fora descoberta na Europa, mas qualquer pesquisa na internet afirmará que a mesma fora descoberta na China. Não há discordância quanto à data de descoberta.

⁸ “Até o início do Século XIX, os termos “aula” e “academia” eram sinônimos, e empregados indiscriminadamente pra designar instituições de ensino. Deve ser observado, aliás, que por essa época dava-se pouca importância à denominação exata das instituições.” (TELLES, 1994, p. 3).

dos oficiais – engenheiros e a criação de corpos especializados de Engenharia nos exércitos. (TELLES, 1994, p. 3).

É necessário complementar que o “posto de engenheiro representa historicamente os esforços de centralização do poder político, é o rei quem concede tal título a certos indivíduos à medida que seus atributos estejam ligados a seu espírito engenhoso.” (VALENTE, 2007, p. 41). Do Seiscentos ao final do Novecentos, os dicionários os descreviam como um oficial e um “matemático”, que após uma longa descrição, o engenheiro era descrito como alguém que é muito bom em matemática, conhecedor da arquitetura militar e que de seu ofício são exigidas rapidez, solidez e economia. (VALENTE, 2007).

1.3 As Escolas de Engenharia

A mais remota escola para formar engenheiros, que se tem registros, era grega e fazia parte do grande complexo da Escola de Alexandria, fundada no ano de 290 a.C.. Poucas décadas antes, haviam sido criadas a Academia de Platão e o Liceu, fundado por Aristóteles em 335 a.C. Não há certeza se tais instituições levavam o nome de “Escola de Engenharia” e se alguém se referia aos alunos e aos egressos daquela instituição como “engenheiros”, já que os registros mais remotos do uso dos termos “*Engenheiro*” e “*Engenharia*” datam dos séculos XVI e XVII, mas, nestas instituições, se ensinava a arte de Engenhar.

A Engenharia nasce entre o civil e o militar e, com o tempo, vão surgindo as especializações. As primeiras escolas formam o que Telles (1993) chama de “engenheiros enciclopédicos”. A formação sólida “ministrada nas Escolas de Engenharia da época [início do século XVIII] facilitava o autodidatismo como especialização posterior, e a exiguidade do mercado de trabalho não permitia aos engenheiros a escolha do campo de atuação, obrigando assim, muitas vezes, a frequentes passagens de um para outro” (TELLES, 1993, p. 705).

No Brasil, as primeiras escolas a oferecer uma “Engenharia especializada” foi a Escola Politécnica de São Paulo, em 1874, com o curso de “engenheiros de artes e manufaturas” hoje Engenharia Industrial, e a Escola de Minas de Ouro Preto, atual Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP. Esta última, quase uma pioneira na área, sua fundação se deve, especificamente, à necessidade de formação de profissionais de Engenharia de Minas naquela região, entre outras escolas, citadas, posteriormente, que ofereceram os cursos de Engenharia mecânica, elétrica, entre outros.

Mesmo assim, até época bem recente, havia ainda uma enorme predominância quantitativa dos tradicionais ‘engenheiros civis’, que eram afinal de contas, o ‘pau para toda obra’. Ainda em 1937, de um total de 57 diplomados

pela Escola Politécnica de São Paulo, 45 eram engenheiros civis, sendo que em 1942, esses números foram respectivamente 61 e 43. (TELLES, 1993, p. 705-706).

Entendendo a Engenharia “como um conjunto organizado de conhecimentos com base científica aplicada à construção geral” (TELLES, 1994, p.1), é possível estabelecer uma época, para seu surgimento, no caso, a segunda metade do século XVIII, apesar de haver registros de, pelo menos, duas outras instituições de ensino na antiguidade. Vitruvius, autor da mais antiga obra dedicada à Engenharia que se tem registro, trazendo a seguinte definição:

Architectura [Engenharia e arquitetura] é um conjunto de conhecimentos que engloba muitas disciplinas e ciências que também podem ser aplicadas a outras artes. As obras acabadas nascem da perícia na manufatura e no projeto. A perícia na manufatura advém do estudo constante da mão-de-obra qualificada e do uso de materiais para se criar de acordo com o resultado desejado. Projetar é a habilidade de se transmitir o esquema do objeto finalizado para as demais pessoas, e dar uma explanação racional para o esquema, usando conhecimentos de Engenharia e princípios científicos. (VITRÚVIO *apud* ADDIS, 2009, p.30).

Outra definição de Engenharia:

Engenheiro: oficial que serve à guerra para ataques, defesa e fortificação de praças. É um matemático hábil, ‘expert’ e astuto que conhece a arte da arquitetura militar, que faz o reconhecimento das praças que se quer atacar e que mostra ao general o ponto mais frágil, que desenha trincheiras, galerias [...] Ao engenheiro cabe também a invenção de novas bombas [...]. (FURETIÉRE *apud* VÉRIN *apud* VALENTE, 2007, p. 41).

A obra, “Tratado de Arquitetura”, de Vitruvius é uma coleção de dez livros, que abrange as várias áreas da Engenharia; o último livro e o mais longo trata da Engenharia militar, profissão original de Vitruvius.

É necessário dar o devido crédito a este grande autor, que deixa muito claro nos agradecimentos de sua obra que “muitos autores já haviam escrito sobre os mesmos assuntos durante os séculos anteriores, e Vitruvius admite basear-se muito neles.” (ADDIS, 2009, p. 28).

A primeira língua “moderna” para a qual os livros de Vitruvius foram traduzidos foi o francês, em 1673, e, dezoito anos mais tarde, para o inglês (ADDIS, 2009, p. 30). Talvez, como consequência da tradução francesa, a primeira escola moderna de Engenharia foi a *École Nationale des Ponts et Chaussées*, fundada em 1747, em Paris, por Daniel Trudaine (1703-1769), como já mencionado. Dois anos mais tarde, também em Paris, surge a *École Nationale Supérieure des Mines* que formava Engenheiros Militares. E, pouco mais de setenta anos depois, surge “em Londres, o *Instituto de Engenheiros Civis*, com a principal finalidade de defender e prestigiar o significado da profissão”. (TELLES, 1994, p. 1). Todavia, a fun-

dação da *École Nationale*, não implica que antes não houvesse quem se dedicasse a ensinar a “arte de engenhar” no mundo, foi apenas a partir de 1747 que uma “instituição” oficializou e diplomou pessoas como engenheiros oficialmente. No século XVI, por exemplo, já existia o *Colégio de Santo Antão* e a *Aula da Esfera* em Portugal.

Pode-se dizer que a Engenharia científica só teve início quando se começou a chegar um consenso de que tudo aquilo que se fazia em base empírica e intuitiva, era na realidade regida por leis físicas e matemáticas que importava descobrir e estudar. Leonardo da Vinci e Galileu, nos Séc. XV e XVII podem ser considerados como os precursores da Engenharia científica. (TELLES, 1994, p. 2).

No Seiscentos, grandes contribuições vieram do inglês Sir Isaac Newton (1643-1727) e do alemão Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), com o Cálculo Diferencial e Integral; do físico inglês Robert Hooke (1635-1703), com a lei de Hooke, em 1660; que são os princípios básicos da resistência dos materiais.

Apenas em 1729, o General Bernard Forest de Bélidor (1698-1761) publicou o primeiro livro em que se sistematizou o que havia, até então, na “ciência do engenheiro”. Em 1887, o engenheiro Civil e de Minas Paul Ferrand (1853-1924), publica o primeiro livro brasileiro a tratar especificamente de resistência dos materiais (CARVALHO, 2014). As *matemáticas* passam a ser vistas como conhecimento chave para o desenvolvimento de “novas tecnologias” para a Engenharia no final do século XVI e início do século XVII. A “geometria prática” representará matéria fundamental para as *Aulas de Artilharia e Fortificação* ministradas em toda a Europa. À aritmética fica reservado o papel de matéria prévia, requisito primeiro para frequentar as aulas. (VALENTE, 2007, p. 43).

A Revolução Industrial e o Iluminismo, dois acontecimentos ocorridos na virada do século XVIII para o XIX e que marcaram a história da civilização, fortaleceram, também, o nascimento da Engenharia moderna, já que o surgimento das máquinas forçou o desenvolvimento tecnológico, enquanto a valorização da observação da natureza e a experimentação aceleraram o estudo das ciências físicas e naturais. Tais movimentos fizeram com que a Engenharia, antes vista como útil apenas para os militares, passasse a ser vista como um ramo de grande importância para a sociedade como um todo.

É importante salientar “que a maioria dos grandes avanços tecnológicos da revolução industrial foram devido à inventiva e intuição de artesãos habilidosos e homens práticos, com pouco conhecimento científico” (TELLES, 1994, p. 4).

Homens como Thomas Savery (1650-1715) que inventou a máquina a vapor; Thomas Newcomen (1664-1729), desenvolvedor do primeiro motor a vapor verdadeiramente bem-

sucedido na tarefa de conduzir uma bomba para retirar água das minas; James Watt (1736-1819), responsável por uma melhora significativa nos motores a vapor; George Stephenson (1781-1848), inventor da locomotiva; Robert Fulton (1765-1815), quem criou o primeiro barco a vapor e Edmund Cartwright (1743-1823), inventor do tear mecânico, merecem destaque por ter conseguido tais feitos quase um século antes de Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796-1832), formalizar a existência da Termodinâmica em 1824.

O título que, inicialmente, se dava aos oficiais, que formavam em Engenharia militar, era *oficial de engenheiros* e não *oficial-engenheiro*, dando a entender que os oficiais comandados por essas pessoas eram também engenheiros, já que havia destacamentos militares com a função específica de construção. Além disso, não havia uma distinção entre quem projetava e quem construía, ou seja, não existia uma distinção entre engenheiros, mestres de obra, arquitetos, pedreiros, projetistas, etc. (TELLES, 1994).

1.4 A Engenharia no Brasil-Colônia

No Brasil e em Portugal, até princípios do Séc. XIX, a palavra *engenheiro* designava propriamente os engenheiros militares, e é por isso que o *Diccionario Bluteau* da língua portuguesa (1789) define engenheiro como “o que aplica a Engenharia, faz engenhos ou máquinas bélicas para o ataque ou defesa de praças, que sabe de fortificações, da arte de tirar planos, medir geométrica ou trigonometricamente... o que faz quaisquer máquinas” [...] mostrando assim como era arraigado o conceito de engenheiro como um profissional militar. (TELLES, 1994, p. 6).

Em 1549, com a fundação do Governo Geral e da Cidade do Salvador, Thomé de Souza traz, para o Brasil, um grupo de profissionais construtores marcando, assim, a história da Engenharia e Arquitetura no país. Mas, só em 1648, é que a Corte Portuguesa manda ao Brasil especialistas militares com a função de “ensinar e formar pessoal capacitado para trabalhos com fortificações militares” (TAVARES *apud* VALENTE, 2007, p. 43).

Uma Carta Régia de 1694 comunicava o envio do Engenheiro Gregório Gomes Henriques ao Brasil, informando que: “Para reparos, fortificações e o que mais for necessário, vai muito bom engenheiro [...] para partes tão distantes vão sempre os engenheiros mais capazes, porque, se errarem não tem quem os emende”. (PONDÉ *apud* TELLES, 1994, p. 10).

Até o início do Séc. XIX, a legislação que regia as construções no Brasil eram as *Ordenações do Reino*, que, complementadas em muitos casos, por Cartas-Régias e posturas das Câmaras Municipais, constituíam o *Código de Obras* da época, detalhando o que era permitindo ou não se fazer, as servidões etc. (TELLES, 1994, p. 13).

A Engenharia, no Brasil-Colônia e Brasil-Império, teve como principal atividade a construção predial que, em nossos dias, mesmo depois de mais de cinco séculos, os milhares de prédios que ainda existem impressionam pela beleza, dimensões e apuro técnico. Entretanto, pode-se evidenciar que:

De modo geral as construções residenciais foram modestas, ou até modestísimas, e mesmo entre as construções civis administrativas foram poucos os casos de suntuosidade e de riquezas, características reservadas quase somente às igrejas e conventos. Esse fato é consequência não tanto da pobreza da colônia e da população, como, principalmente, da mentalidade do colono português, que mesmo que quando rico conservava hábitos quase ascéticos em sua moradia. (TELLES, 1994, p. 19).

Como já foi dito, a atividade de Engenharia mais intensa no período colonial foi a construção de prédios residenciais, comerciais, de repartições públicas, a construção predial como um todo. A maioria das estradas, daquela época, não podia ter, exatamente, essa denominação, pois eram bastante precárias e esse fato ocorria porque durante muitos anos a colonização se deu basicamente no litoral. As cidades não avançavam no interior do continente, o que privilegiava o transporte marítimo (TELLES, 1994).

A estrada colonial mais notável, e que merece algum destaque, foi a Calçada do Lorena, ligando São Bernardo do Campo a Cubatão em 1790, projetada pelo Engenheiro João da Costa Ferreira. Mas, a ameaça de guerra contra a Espanha e a descoberta de ouro nas Minas Gerais, que faz com que a coroa Portuguesa concentre o governo do Rio de Janeiro, de São Paulo e de Vila Rica nas mãos de Gomes Freire Andrada. (VALENTE, 2007, p. 43-44) e, além disso, surge uma necessidade de ligar o interior do continente com o mar e, mesmo assim, as estradas “eram alguns caminhos, meras trilhas abertas sem grandes cuidados, apenas praticáveis para o tráfego de mulas e, às vezes com grandes dificuldades, devido à floresta espessa, os atoleiros, etc.” (TELLES, 1994, p. 21), para as autoridades, daquela época, quanto menos estradas, mais fácil era para controlar e impedir que o ouro saísse da Colônia, sem se pagar impostos.

A necessidade de defesa será o determinante principal da criação do ensino militar. A Aula do Terço de Artilharia do Rio de Janeiro representará o ponto de partida da formação de uma nova casta na sociedade colonial. Sob os esforços de Gomes Freire, a Colônia consegue [...] um curso que se tornará o embrião da escolaridade militar [...]. (VALENTE, 2007, p. 44).

Telles (1994,p.22) destaca que uma “obra importantíssima da Engenharia colonial foi a construção dos fortes para a defesa do litoral e das fronteiras terrestres” e, no Brasil-Colônia, existiam trezentas construções, entre fortes, fortins e fortalezas, boa parte delas já demolidas.

Obras portuárias, hidráulicas, de saneamento e de serviços públicos quase não existiram no Brasil-Colônia, mas há destaque para o aqueduto da Carioca no Rio de Janeiro (os famosos arcos da Lapa no Rio de Janeiro); “uma muralha sobre o quebra-mar do porto do Recife e também melhoramentos no porto de Mucuripe em Fortaleza” (TELLES, 1994, p. 25). Essas duas últimas, construídas pelos holandeses. A mais importante obra portuária foi “o cais acostável projetado e construído em 1770 pelo engenheiro Brigadeiro Jacques Funck, como parte das obras de ampliação da ‘Casa do Trem’, no Rio de Janeiro”. (TELLES, 1994, p. 25).

Quanto às obras de saneamento, cabe destaque os canais feitos pelos holandeses, no Recife, uma rede de drenagem subterrânea, em São Luiz do Maranhão, e duas obras, no Rio de Janeiro. Essas últimas, iniciadas em 1641.

No atual centro histórico de S. Luiz do Maranhão foi construído nos séculos XVII e XVIII, um complexo sistema de galerias pluviais subterrâneas, que foram recentemente redescobertas, e em parte restauradas e reativadas. As galerias têm parede de alvenaria de pedra e teto abobadado de lajotas de cerâmica, chegando, em alguns trechos, a medir dois metros de altura; [...]. São tão bem projetadas e construídas que estão acabando de vez com as inundações em certas áreas, por ocasião das fortes chuvaradas, o que as galerias do Século XX não conseguiam evitar. (TELLES, 1994, p. 27).

Entre várias outras obras de urbanização da época.

1.5 O início do ensino de Engenharia no Brasil

O registro mais antigo que se tem de alguém ensinar a arte de engenhar, data de meados do século XVII, como Lucena (2005) destaca: “O holandês Miguel Timermans, ‘engenheiro de fogo’, que esteve no Brasil de 1648 a 1650, sendo ‘encarregado de formar discípulos aptos para os trabalhos de fortificações’.” (LUCENA, 2005, p. 5). Telles(1994, p. 83) afirma ter encontrado documentos que comprovam a existência das aulas de Miguel Timermans, mas em 1640, mas, ainda segundo ele, não se sabe em que região do país esse engenheiro ministrou suas aulas, em que condições ou quais suas finalidades.

A coroa portuguesa tinha especial preocupação com o sucesso dessa aula e parece que uma de suas finalidades era formar brasileiros capazes de, um dia, tomar o lugar do holandês, uma vez que a Holanda, na época, era inimiga de Portugal, e ocupava o nordeste, naquela ocasião, além do mais, um profissional estrangeiro era muito caro.

Em 1694, foi enviado ao Brasil, o capitão engenheiro Gregório Gomes Henriques, a quem a coroa portuguesa classificou como “muito bom engenheiro”; com a missão de, além de atuar como engenheiro, ensinar aos condestáveis e artilheiros. Quatro anos mais tarde, porém, o capitão é preso por “culpas que resultaram de erros de seu ofício”, mas mesmo assim,

há registros de uma “Carta Régia dirigida ao Governador pedia que ‘possa dar aulas na cadeia o engenheiro, onde é mais fácil recebê-la os que querem aprendê-la, do que ir o mesmo engenheiro às fortificações’ sob escolta naturalmente”. (TELLES, 1994, p. 84).

Valente (2002), fundamentado em outros autores, evidencia que após retomar a independência da Espanha em 1640, Portugal se preocupa em atualizar-se quanto às novos conhecimentos na *arte da guerra* e por isso cria em 1647 a *Aula de Fortificação e Arquitetura Militar*. “O expediente foi contratar *experts* internacionais sobre o assunto [a arte da guerra]. Tal prática era comum entre os países cujo intento era o aperfeiçoamento de seus exércitos” (VALENTE, 2007, p. 43).

Uma Carta Régia, de 7 de outubro de 1705, ordenava que, em qualquer lugar na Colônia onde existisse um Capitão-Engenheiro, este deveria “ensinar às pessoas que quisessem aprender a Engenharia”, porém, não há registros de que tal ordem tenha sido seguida, que os Capitães-Engenheiros deveriam ministrar aulas, sem salário algum, e que, pela primeira vez, o objeto de ensino é chamado de *Engenharia*. (TELLES, 1994, p. 85)

Em 1699, foi criada uma *Aula de Fortificação* no Rio de Janeiro e em 1710 uma *Aula de Fortificação e Artilharia* em Salvador. [...] Esses foram presumivelmente, os primeiros os cursos regulares no Brasil, já que as iniciativas anteriores foram avulsas e descontínuas, dependendo de professores especialmente enviados. (TELLES, 1994, p. 84).

Dirigida por Gregório Gomes, ensinava-se a arte de desenhar e erguer fortificações. Acredita-se que estas aulas aconteciam em algum forte nas cidades e, só em 1730, houve a reclamação de uma sede apropriada ao Conselho Ultramarino; o que só ocorreu anos mais tarde.

É interessante observar que essas Aulas foram as primeiras instituições leigas de ensino que existiram no Brasil, já que por essa época todo o ensino em todos os níveis, estava inteiramente entregue às ordens religiosas, principalmente aos jesuítas. (TELLES, 1994, p. 85).

Baseada na filosofia de Descartes, o *Terço de Artilharia* objetivava formar “engenheiros militares, cartógrafos e matemáticos, capazes de levar a cabo o levantamento de mapas com latitudes determinadas pelos novos métodos empregados na Inglaterra e na França, e habilitar engenheiros a construir fortificações para a defesa dos domínios ultramarinos.” (VALENTE, 2007, p. 46).

No mesmo ano que foi criado o *Terço de Artilharia*, no Rio de Janeiro, há registros do estabelecimento de outra Aula, nos mesmos moldes, na Bahia. (FILHO *apud* VALENTE, 2007, p. 44).

As academias militares tinham um ensino baseado na filosofia renascentista de Descartes, com teorias e conhecimentos bastante atuais para aquela época, tendo o propósito de formar engenheiros capazes de “construir fortificações para a defesa dos domínios ultramarinos”. (VALENTE, 2007, p.46).

Pode-se dizer que a “origem do ensino de Engenharia no Brasil, em caráter formal e contínuo, ocorreu em 17 de dezembro de 1792 quando D. José Luís de Castro, o 2º Conde Resende, instituiu a Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho.” (MOREIRA & SALGADO, 2008, p.2). Tal academia funcionou na *Casa do Trem* no Rio de Janeiro, até 1810, quando da chegada da corte portuguesa, tal Academia é reformada, transformada e ampliada e passa a se chamar *Academia Real Militar*, “de onde descendem, em linhas diretas, por sucessivas transformações de nome e de estatuto, as atuais Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro e a Academia Militar de Agulhas Negras do Exército Brasileiro” (TELLES, 1998, p.32).

Em 4 de dezembro de 1810, aí então sob a iniciativa do Conde de Linhares e com a presença da Família Real na cidade do Rio de Janeiro, a Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho foi transformada, por carta régia de D. João VI, em Academia Real Militar. E essa carta régia, além de ampliar o ensino com a introdução de cadeiras de ciências matemáticas, físicas e naturais manteve textualmente, no seu Título Segundo, também para o sexto ano, a seguinte cadeira: “Princípios da Arquitetura Civil, traço e construção das estradas, Pontes, Canais e Portos, Orçamentos das obras, e tudo o que mais poder interessar, seja sobre o corte das pedras, seja a força das terras para derrubarem os edifício, ou muralhas que lhe são contíguas” (MOREIRA & SALGADO, 2008, p.2).

Outras Aulas de que há registros no Brasil-Colônia são:

- 1719, no Recife, *Aula de Fortificação*, em que se ensinavam as partes essenciais de um curso de matemática;
- 1788, também no Recife, *Academia Militar*⁹;
- 1770, em São Paulo, Aula de Geometria, no Convento de São Francisco;
- 1795, no Recife, *Aula de Geometria*, em 1809 é ampliada as cadeiras de Cálculo Integral, Mecânica e Hidrodinâmica, lecionadas pelo Capitão Antônio Francisco Bastos. Essa aula existiu até 1812;
- 1800, no Seminário de Olinda, o curso de Matemáticas e Ciências Físicas e Naturais. Com aulas de Matemática, Física, Química, Botânica, Mineralogia e Desenho. (TELLES, 1994, p. 89).

Em 1792, é criada no Rio de Janeiro a *Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho*, conforme estatutos aprovados em 17 de dezembro daquele ano [...]. Essa Academia, que sucedeu a antiga aula do Rio de Janeiro, não era uma simples aula como os cursos anteriores, tendo o caráter de um verdadeiro instituto de ensino superior, com organização comparável aos con-

⁹ Telles (1994) afirma que, muito provavelmente, a *Aula de Fortificação* fora transformada em *Academia Militar*, mas não se tem certeza.

gêneres de sua época, como se depreende de seus estatutos. Foi assim o antecedente mais remoto da futura famosa *Escola Polytechnica* e da atual Escola de Engenharia da U.F.R.J., que dela descendem em linha direta. (TELLES, 1994, p. 87).

Segundo a página que conta a história do *Instituto Militar de Engenharia*, a *Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho*¹⁰ é a primeira instituição de ensino de Engenharia não só do Brasil, mas da América e a terceira do mundo. E acrescenta:

Destinava-se ela a formar oficiais de todas as Armas e engenheiros para o Brasil-Colônia. [...] os oficiais destinados à Infantaria e à Cavalaria, cursavam três anos; os Artilheiros, cinco anos. E os destinados à Engenharia, seis anos, no último dos quais eram lecionadas as cadeiras de Arquitetura Civil, Materiais de Construção, Caminhos e Calçadas, Hidráulica, Pontes, Canais, Diques e Comportas. (LUCENA, 2005, p. 7).

É na França, em 1747, que é criada a primeira instituição com a finalidade de formar engenheiros com bases científicas e racionais no mundo, e é natural que aquelas que surgiram, a partir de então, se organizasse conforme o modelo francês. Com a *Academia Real de Artilharia, Fortificação e Desenho*, fundada no Brasil em 1792, não foi diferente, ela era “inteiramente francesa em seus currículos e nos livros adotados.” (TELLES, 1998, p.32).

É de se salientar o notável pragmatismo do governo português da época, em continuar adotando integralmente o modelo francês, apesar do estado de guerra que havia com a França, que invadira Portugal, obrigando o rei e a corte a se refugiarem no Brasil: era o reconhecimento tácito da indiscutível prioridade e superioridade francesas no assunto. (TELLES, 1998, p. 32-33).

A *Academia Real* usa o mesmo currículo da *École Nationale des Ponts et Chaussées* de Paris e livros franceses, além de financiar e exigir que os seus professores escrevesse livros em português. A influência francesa era tão presente que, em 1856, a *Academia Real de Artilharia, Fortificação e Desenho* não formava mais oficiais do Exército e passa a se chamar Escola Central, uma referencia à *École Centrale des Artes et Manufactures*, também parisiense e fundada em 1828. Pedro Carlos Telles afirma, que quando ele frequentou esta escola, “entre 1943 e 1947, ainda quase todos os livros adotados eram franceses. Quem não soubesse pelo menos ler o francês dificilmente poderia estudar!” (TELLES, 1998, p. 33). Tal influência continuou forte em todo o mundo até o fim da Segunda Guerra Mundial, quando deu espaço à norte-americana.

Existiram outras instituições pioneiras no ensino de Engenharia no Brasil, como o Gabinete Topográfico, criada em março de 1835, uma “verdadeira escola de Engenharia com a

¹⁰ Disponível em: www.ime.eb.br/arquivos/Noticia/historicoIME.pdf

finalidade de formar topógrafos, ‘engenheiros de estradas’ e medidores de terras.” e foi extinto em 1850.(TELLES, 1994, p.114).

O *Imperial Instituto de Agronomia*, dirigido pelo francês Maurice Drenzert – mais tarde Escola Agrícola da Bahia – criada em São Bento das Lages, na Bahia, em 1859, e extinta no final do século XIX, formava engenheiros agrônomos e regentes rurais de nível médio. Baseado na escola de agricultura de Guignon, na França, foi, sem dúvida, a primeira do gênero no Brasil (TELLES, 1994).

Apesar de citar tais academias entre a *Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho* de 1772 e o *Imperial Instituto de Agronomia* em 1859, Telles (1998), coloca que:

A segunda escola de Engenharia que se fundou no Brasil, em 1876, a afamada Escola de Minas de Ouro Preto, era, pode-se dizer uma escola francesa transplantada em nosso país. Francesa em tudo, até no calendário escolar, que ia de 15 de setembro a junho do ano seguinte, contrariando toda a tradição brasileira. O primeiro diretor dessa escola foi o cientista francês Henri Claude Gorceix. Além dele, vieram como primeiros professores os engenheiros franceses Armand de Bovet, Artur Thieré, Paul Ferrand e Ferdinand Victor Langlet. (TELLES, 1998, p. 33).

1.6 Engenharia no Brasil no século XX

Impulsionadas pelo surto de desenvolvimento proporcionado pelo café, a imigração estrangeira e a descentralização político-administrativa da República, acontece no fim do século XIX e início do XX uma expansão nas escolas de Engenharia existentes em todo o país, para ilustrar, só nos vinte anos que começam na última década do Oitocentos e vão até a primeira do século XX, dez instituições de ensino de Engenharia foram criadas no Brasil. (TELLES, 1998).

O desenvolvimento industrial ocorrido no Brasil durante o século XIX provocou também a necessidade de se estudar novas áreas do conhecimento e aplicações tecnológicas.[...] Assim várias alterações acadêmicas foram feitas no curso de Engenharia da Escola Polytechnica (anos de 1874, 1896, 1911, 1925) quando foram criadas, além da Engenharia Civil, de Artes e Manufaturas, Mecânico, Industrial e Eletricista.

O objetivo era formar engenheiros politécnicos, ou seja, com múltiplos conhecimentos técnicos para atender a diversidade dos novos campos de atuação. (MOREIRA & SALGADO, 2008, p.3)

E não foi só a *Polytechnica* que acabou se adaptando à nova realidade, isso também faz surgir novas escolas de Engenharia no Brasil: em 1911, a Escola Livre de Engenharia, atual Escola de Engenharia da UFMG¹¹, na capital mineira e, três anos depois, é a vez da Escola de Engenharia de Juiz de Fora; em 1912, fundam-se a Faculdade de Engenharia do Para-

¹¹ UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais.

ná, em Curitiba e a Escola Politécnica do Recife e, no próximo ano, nasce o Instituto Eletrotécnico de Itajubá, Minas Gerais, este especializado na formação de engenheiros mecânicos e eletricitistas.

[...] em 1928, foi criada dentro da organização do Exército Brasileiro, a Escola de Engenharia Militar – antecessora do atual Instituto Militar de Engenharia –, para a formação de engenheiros militares de várias especialidades. Seguiu-se, cronologicamente, a Escola de Engenharia do Pará, em Belém, fundada em 1931. (TELLES, 1993, p. 2)

A Escola Politécnica de São Paulo que “foi oficialmente reconhecida pelo Governo Federal em 1900; era a primeira instituição de ensino superior de propriedade de um Governo Estadual a existir em nosso país.” (TELLES, 1993, p. 3). Ela quase foi dividida em duas instituições, em 1892, por duas leis; uma de maio que criava a escola superior de agronomia e “formaria engenheiros práticos, construtores e condutores de máquinas, mestres de oficinas e diretores de industriais” e outras dez estações agrônômicas; e outra, sancionada em agosto, criava na capital “uma escola superior de matemáticas e ciências aplicadas às artes e indústrias”, mas antes que tal lei fora promulgada, uma terceira lei estadual, de agosto de 1893, fundia “as instituições previstas nas duas leis anteriores, argumentando, com razão, que seria mais econômico um única escola que preenchesse todas as funções”. (TELLES, 1993, p. 2).

Na primeira lei, os cursos seriam de três anos, e, na seguinte, a Politécnica formaria engenheiros civis e industriais em cinco anos, engenheiros agrônomos de artes mecânicas em três, e aqueles que optassem por agrimensura formar-se-iam em dois anos.

Dois anos depois da lei nº 191/1892, criou-se “o curso de ‘engenheiros-arquitetos’, e mais os cursos de nível médio de contador e de maquinista, foi também criado o título de ‘engenheiro geógrafo’, para alunos que concluíssem o 3º ano do curso de Engenharia civil.” (TELLES, 1993, p. 4).

A partir de 1895, os cursos de Engenharia, de todas as especialidades, passaram a ter seis anos, sendo o primeiro ano o chamado “curso preliminar”, criado para suprir a enorme deficiência do ensino secundário. Somente em 1931, com a reforma do ensino secundário que criou os chamados “cursos complementares”, os cursos de Engenharia na Politécnica de São Paulo voltaram aos tradicionais cinco anos. (TELLES, 1993, p. 5).

A Escola Politécnica de São Paulo passou a oferecer o curso de “doutor em Engenharia” em 1951, com exigência de defesa de tese e estar graduado há, no mínimo, dois anos. (TELLES, 1993)

A Politécnica do Rio de Janeiro formou, entre outros profissionais, engenheiros militares e oficiais do Exército até 1858, quanto esta escola “passou a ser exclusivamente para a

formação de engenheiros civis, e a formação de oficiais do Exército e de engenheiros militares ficou a cargo da Escola Militar da Praia Vermelha” (TELLES, 1993, p. 24).

Inspirada pela Missão Militar Francesa, que tem seus primórdios na década de 20 do século passado, tal escola foi instituída em 31 de dezembro de 1928 pelo decreto nº 5632 do Governo Federal com o nome de Escola de Engenharia Militar. Antecessora do famoso Instituto Militar de Engenharia – IME, foi criada com o objetivo de “formar engenheiros-artilheiros, e engenheiros eletrotécnicos, químicos, e de fortificações e construções” (TELLES, 1993, p.24). Com isso, o exército voltava formar seus próprios engenheiros, uma vez que desde 1913 todos os oficiais do Exército Brasileiro eram formados no exterior.

.A partir de 1958 a Escola passa a ofertar uma Pós-Graduação em Engenharia Nuclear e, no ano seguinte há a fusão da Escola Técnica do Exército com o Instituto Militar de Tecnologia formando o Instituto Militar de Engenharia – IME.

A partir de 1964, o IME passou a admitir, também, a entrada de jovens de procedência civil, sem que – deles – fosse exigido qualquer compromisso para com o Serviço do Exército, senão o de receber, durante a aprendizagem, a formação básica indispensável à orientação da qualificação de Oficial da Reserva.

O ano de 1997 marcou o início da participação feminina, para concludentes do segundo grau e para engenheiras formadas. O acesso aos cursos oferecidos pelo IME é realizado em absoluta igualdade de condições com os homens. (LUCENA, 2005, p. 15 e 17).

Isso é parte da história de algumas das primeiras instituições de ensino de Engenharia no Brasil. Hoje, existem incontáveis Instituições de Ensino Superior no mundo que mantêm algum curso de Engenharia. O *site Guia do Estudante*, da Editora Abril, informa a existência de 35 opções distintas de Engenharia no Brasil, mas, pelo *site E-MEC*¹², do Ministério da Educação, no ano de 2017, podiam ser contabilizados 145 registros (nomes) de Engenharias em todo Brasil, além disso, o aluno que procurar por um curso de Engenharia em alguma instituição de ensino superior, terá 5802 opções distintas.

¹² O E-MEC é uma plataforma do Ministério da Educação, criada para que as Instituições de Ensino Superior possam, através da plataforma, fazer o credenciamento e reconhecimento dos cursos superiores no Brasil. Além disso, o mesmo permite consultar as principais informações de regulamentação sobre todas as IEs e todos os cursos superiores do Brasil. Site: <http://emec.mec.gov.br/>.

2. A IMPORTÂNCIA DA ENGENHARIA NA SOCIEDADE BRASILEIRA

Telles (1994) defende a necessidade de se fazer “um panorama geral sobre a influência da atuação da Engenharia e dos engenheiros na sociedade brasileira” (TELLES, 1994, p. 583). Dentro dessa perspectiva, esse capítulo tratará da importância da Engenharia para a sociedade contemporânea e da luta para a regulamentação da profissão; além de dar um panorama geral da função de dez engenharias comumente ofertadas no Brasil.

2.1 A REGULAMENTAÇÃO DA ENGENHARIA NO BRASIL

“A luta dos engenheiros pela regulamentação de sua profissão foi longa, árdua, e muitas vezes mal compreendida” (TELLES, 1993, p. 694). O Código Civil Brasileiro de 1915, do jurista Clóvis Beviláqua (1859-1944) não tratava da profissão de engenheiro, ou seja, nessa época, a profissão de engenheiro não existia no Brasil oficialmente.

Telles (1993) descreve parte da luta travada pelos engenheiros para regulamentar a sua profissão, citando que o principal argumento para a não regulamentação da profissão era que isso “feria o artigo 72 da Constituição da República, de 1891, que garantia a todos o livre exercício de qualquer profissão” (TELLES, 1993, p. 694), mas questiona: porque a regulamentação de outras profissões, como medicina, advocacia e agrimensura não era inconstitucional?

Não foi possível precisar quando a luta pela regulamentação da profissão começou de forma mais concreta e objetiva. Na década de 1920, temos amplo noticiário e vários movimentos nesse sentido, e, na mesma década, aparecem as primeiras leis estaduais regulamentando a profissão, antes mesmo que houvesse qualquer legislação federal a esse respeito. (TELLES, 1993, p. 694).

O estado pioneiro na regulamentação a profissão de engenheiro, juntamente com a profissão de arquiteto e agrimensor, é São Paulo, com a Lei Estadual nº 2.022, de 27 de dezembro de 1924. Quatro anos depois, como já foi dito, foi a vez do Pará regulamentar a profissão naquele estado.

Após a promulgação desta lei, “as profissões do engenheiro, arquiteto e agrimensor, – em quaisquer de seus ramos –, só poderiam ser exercidas por pessoas diplomadas por escolas nacionais oficiais ou equiparadas, e pelos diplomados por escola estrangeiras que aqui revalidassem seus diplomas” (TELLES, 1993, p. 696).

Em 1927 o Ministro da Viação baixa uma portaria que invalidava os diplomas expedidos por instituições estrangeiras que não fosse revalidado por uma instituição brasileira e aqueles diplomas de cursos feitos por correspondência. A portaria exigia também, a partir daquela data “nenhuma nomeação fosse feita para cargos técnicos – efetivos ou interinos – sem que o candidato apresentasse o seu título ou diploma devidamente registra na Secretaria do Ministério” (TELLES, 1993, p. 697).

Continuava, porém o esforço de associações de classe de engenheiros, sindicalizados, escolas etc., pela regulamentação da profissão em nível nacional. Como consequência desse esforço, em agosto de 1929, o Ministério da Justiça – a quem estavam afetos, na época, os assuntos de educação –, solicitou ao Conselho Nacional do Ensino um anteprojeto de regulamentação, para ser posteriormente submetido à apreciação do Congresso Nacional. (TELLES, 1993, p. 698).

Não se sabe se esse anteprojeto foi realmente elaborado, e se foi se chegou a se apreciado no pelo Ministério da Justiça ou alguma outra autoridade oficial. Contudo, há registros de outros projetos elaborados, por iniciativa de associações de classe regionais e nacionais, com o intuito de colaborar com o Governo e tentar, finalmente, regulamentar esta importante profissão.

A Sociedade Brasileira dos Engenheiros (SBE) teve importante papel na regulamentação da Engenharia no Brasil. Nos primeiros meses de 1930, ela encarregou o Eng. Moacyr Malheiros Fernandes da Silva, de elaborar um projeto de lei e o encaminhou ao Deputado Eng. Prado Lopes. Mesmo com a revolução e fechamento do congresso naquele mesmo ano, esse projeto não foi deixado de lado e graças a esforços da SBE e do Ministro da Viação. Ainda em 1930, e nos anos seguintes, aconteceram várias reuniões de representantes da SBE com o Presidente Getúlio Vargas que fizeram com que esse projeto avançasse muito dentro do congresso. Até que, o então Presidente do Brasil, Getúlio Vargas, assinou o Decreto Federal nº 23.569 de 11 de dezembro de 1933. Essa lei, não veio apenas regulamentar as profissões do engenheiro, do arquiteto e do agrimensor, ela também criou o *Conselho Federal de Engenharia e Agronomia* – CONFEA, órgão responsável por regular a função do engenheiro em todo país. É representado nos 26 estados da federação e no Distrito Federal pelos Conselhos Regionais de Engenharia e Agronomia – CREA.

O CONFEA (Conselho Federal de Engenharia e Agronomia) é a instância máxima à qual o profissional de Engenharia, Agronomia, Geologia, Geografia, Meteorologia e Técnicos, podem recorrer no que diz respeito à regulamentação do exercício profissional. De grande importância para toda a sociedade, o CONFEA atua na verificação, fiscalização e aperfeiçoamento das profissões reguladas pelo mesmo, primando pelo desenvolvimento sustentável e defesa da cidadania. (AZEVEDO e CARVALHO SEGUNDO, 2015, p. 1).

O CONFEA é o órgão maior no Brasil com a função de regulamentar a Engenharia, arquitetura, agronomia, geologia, geografia e meteorologia, tanto para aqueles com formação superior quanto os de formação técnica.

2.2 OS CURSOS DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA

O Conselho Nacional de Educação, por meio da Câmara de Educação Superior, publicou em 11 de março de 2002 a resolução que institui Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) do Curso de Graduação em Engenharia no Brasil, que no seu artigo 1º afirma: “Art. 1º A presente Resolução institui as *Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia*, a serem observadas na organização curricular das Instituições do Sistema de Educação Superior do País.” (BRASIL, 2002, p. 1). Responsável por regular os cursos de graduação no Brasil, o DCN de Engenharias também trata do perfil do profissional que atuará como Engenheiro:

Art. 3º O Curso de Graduação em Engenharia tem como perfil do formando egresso/profissional o engenheiro, com formação generalista, humanista, crítica e reflexiva, capacitado a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade. (BRASIL, 2002, p. 1).

O que vai ao encontro das definições de engenharia dadas ao longo deste texto e, no artigo 6º, é discriminado quais disciplinas deverão ser trabalhadas no curso. Tais disciplinas são divididas em três grandes núcleos, o de conteúdos básicos, o de conteúdos profissionalizantes e, o último, núcleo de conteúdos específicos.

Para o DCN, a formação do engenheiro deverá ter como objetivo:

Art. 4º [...] dotar o profissional dos conhecimentos requeridos para o exercício das seguintes competências e habilidades gerais:

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

- XII - avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia;
 XIII - assumir a postura de permanente busca de atualização profissional.
 (BRASIL, 2002, p. 1).

Através de uma pesquisa na plataforma E-MEC, do Ministério da Educação, em dezembro de 2017, foi possível concluir que, em todo o país, existiam 948 IES que disponibilizavam, pelo menos, uma das 145 Engenharias distintas que existem no Brasil. Foi verificada a existência de 5802 cursos de Graduação em Engenharia em todo o território nacional, nas modalidades presencial, semipresencial e à distância, nos períodos integral, diurno e noturno.

É importante ressaltar que este número (5082) se refere a todas as Graduações em Engenharia do Brasil – ou seja, se uma instituição disponibilizar a mesma graduação em dois Campi, em modalidades ou turnos diferentes, tais cursos foram contados separadamente. Um exemplo é o Curso de Engenharia Elétrica da UNICAMP, que é ofertado nos turnos Integral e Noturno e é contado como dois cursos distintos.

O quadro 5 apresenta os dez cursos de graduação em engenharia que mais são ofertados no Brasil.

Quadro 1 – Os dez cursos de Engenharia mais ofertados no Brasil

	Curso	Número de cursos
1	Engenharia Civil	1145
2	Engenharia de Produção	1018
3	Engenharia Elétrica	661
4	Engenharia Mecânica	611
5	Engenharia de Computação	295
6	Engenharia de Química	257
7	Engenharia de Controle e Automação	244
8	Engenharia Ambiental e Sanitária	207
9	Engenharia Ambiental	201
10	Engenharia de Alimentos	115

Fonte: Plataforma E-MEC

Traremos agora uma visão geral sobre as principais funções destes cursos, bem com o que diz a resolução nº 218, de 29 de junho de 1973, do CONFEA, sobre as competências de cada uma destas profissões.

2.2.1 Engenharia Civil

O artigo 7º da resolução 218 do CONFEA declara:

Art. 7º - Compete ao ENGENHEIRO CIVIL ou ao ENGENHEIRO DE FORTIFICAÇÃO e CONSTRUÇÃO:

I - o desempenho das atividades 01 a 18 do artigo 1º desta Resolução, referentes a edificações, estradas, pistas de rolamentos e aeroportos; sistema de transportes, de abastecimento de água e de saneamento; portos, rios, canais, barragens e diques; drenagem e irrigação; pontes e grandes estruturas; seus serviços afins e correlatos. (CONFEA, 1973).

Ou seja, o Engenheiro Civil é o responsável por projetar, executar e gerenciar a construção, não só de edifícios, mas também de viadutos, passarelas, pontes, portos, estradas e barragens.

Em seu trabalho, um engenheiro civil projeta e acompanha as etapas de obras civis. E para projetar tais obras, ele estuda as características do solo, a incidência do vento, a finalidade de uso da construção, os materiais disponíveis, os custos envolvidos. Como ele desenvolve o seu trabalho? Dimensionando e especificando estruturas, instalações elétricas, [hidrossanitárias] e de gás, bem como os materiais a serem utilizados. Ou fazendo cálculos de resistência dos materiais empregados ou orçamentos de obras, traçando cronogramas físicos e financeiros, fiscalizando obras. No seu dia-a-dia, seja no escritório e no canteiro de obras - o local da construção -, chefia equipes, supervisiona prazos, custos e o cumprimento das normas de segurança. (BAZZO e PEREIRA, 2006, p. 234).

Muitas vezes, o profissional de Engenharia Civil é substituído pelo Arquiteto, mesmo assim, este último não tem conhecimentos suficientes para planejar toda uma construção. O arquiteto depende de um Engenheiro Civil para fazer o cálculo estrutural de uma obra. Ainda assim, é das carreiras com mais altos e baixos, como atesta o Portal G1 numa reportagem publicada na coluna Guia de Carreiras:

Há dez anos, em 10 de agosto de 2007, uma reportagem do jornal "Bom Dia Brasil" mostrou que o bom da construção civil fazia com que a demanda por engenheiros fosse tão grande que as empresas estavam "importando, treinando e brigando para não perder o profissional". Hoje em dia, depois da Copa do Mundo de 2014, da Olimpíada de 2016 e da crise econômica e política, a situação da carreira de engenharia civil é outra: só entre janeiro de 2014 e abril de 2017, a demissão de engenheiros de todas as áreas no Brasil ultrapassou em mais de 48 mil a admissão deles em novos empregos, segundo dados da Federação Nacional de Engenheiros (FNE) obtidos pelo G1. (G1, 2017).

2.2.2 Engenharia de Produção

Desenvolvida ao longo do século XX, a Engenharia de Produção surgiu para atender às necessidades de desenvolvimento de métodos e técnicas de gestão dos meios produtivos, que permitissem otimização na utilização dos recursos produtivos.

A Engenharia de Produção centraliza-se em gestão dos processos produtivos, diferentemente da administração de empresas, que se centraliza em gestão dos processos administrativos, de negócios e na organização estrutural da empresa.

Compete à Engenharia de Produção o projeto, a implantação, a operação, a melhoria e a manutenção de sistemas produtivos integrados de bens e serviços, envolvendo homens, materiais, tecnologia, informação e energia. Compete ainda especificar, prever e avaliar os resultados obtidos destes sistemas para a sociedade e o meio ambiente, recorrendo a conhecimentos especializados da matemática, física, ciências humanas e sociais, conjuntamente com os princípios e métodos de análise e projeto da engenharia. (ABREPO, 1998, p.1).

A Engenharia de Produção tem ênfase nas dimensões do produto e do sistema produtivo, no que tange projetar, viabilizar, planejar, produzir e distribuir produtos que a sociedade valoriza. Para Bazzo e Pereira (2006),

Podemos dizer que, em linhas gerais, um engenheiro de produção se dedica ao projeto e gerência de sistemas que envolvem pessoas, materiais, equipamentos e ambiente. Por englobar um conjunto maior de conhecimentos e habilidades, este profissional consegue visualizar os problemas de forma global. (BAZZO e PEREIRA, 2006, p. 240).

2.2.3 Engenharia Elétrica

O artigo 8º da resolução 218 do CONFEA afirma:

Art. 8º - Compete ao ENGENHEIRO ELETRICISTA ou ao ENGENHEIRO ELETRICISTA, MODALIDADE ELETROTÉCNICA:

I - o desempenho das atividades 01 a 18 do artigo 1º desta Resolução, referentes à geração, transmissão, distribuição e utilização da energia elétrica; equipamentos, materiais e máquinas elétricas; sistemas de medição e controle elétricos; seus serviços afins e correlatos. (CONFEA, 1973).

A formação em Engenharia Elétrica abrange praticamente todo o conhecimento relacionado à eletricidade e à eletrônica. O engenheiro eletricista é responsável pela concepção e operação da geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Além disso, é o responsável por construir, conceber e projetar a montagem, operação e manutenção de instalações de energia em edifícios residenciais e industriais, além dos sistemas de medição e de controle, analisando as diversas alternativas tecnológicas e de custo final dos investimentos.

O Engenheiro Eletricista é encarregado por viabilizar sistemas de energia para a sociedade, garantindo eficiência e segurança. Ao longo da história, o seu trabalho impulsionou o desenvolvimento de motores, geradores, telefone, rádio, TV, computador e até da energia nuclear.¹³

¹³ Homenagem do CREA-SP aos Engenheiros Eletricistas publicada em 23 de novembro de 2017, em função de data comemorativa.

O Engenheiro Eletricista atua em “concessionárias de energia elétrica, empresas voltadas para projetos de instalações elétricas de pequeno e grande porte, processos e instalações industriais de um modo geral, ensino e pesquisa”. (PUC MINAS¹⁴).

2.2.4 Engenharia Mecânica

Pelo artigo 12º da resolução 218 do CONFEA:

Art. 12 - Compete ao ENGENHEIRO MECÂNICO ou ao ENGENHEIRO MECÂNICO E DE AUTOMÓVEIS ou ao ENGENHEIRO MECÂNICO E DE ARMAMENTO ou ao ENGENHEIRO DE AUTOMÓVEIS ou ao ENGENHEIRO INDUSTRIAL MODALIDADE MECÂNICA:

I - o desempenho das atividades 01 a 18 do artigo 1º desta Resolução, referentes a processos mecânicos, máquinas em geral; instalações industriais e mecânicas; equipamentos mecânicos e eletromecânicos; veículos automotores; sistemas de produção de transmissão e de utilização do calor; sistemas de refrigeração e de ar condicionado; seus serviços afins e correlatos. (CONFEA, 1973).

Não é incomum as pessoas terem uma concepção de que o Engenheiro Mecânico é aquele profissional que desenvolve carros, de fato, esta é uma das funções deste profissional, que, além de imaginar, projetar, planejar e criar carros, também imagina, projeta, planeja e cria aviões, barcos, máquinas, motores.

Os engenheiros mecânicos constroem motores, veículos (automóveis, trens e aviões), ferramentas mecânicas (tornos e laminadores), trocadores de calor, equipamentos para processos industriais, usinas de energia elétrica, bens de consumo (máquinas de escrever e canetas), sistemas para aquecimento, refrigeração, condicionamento de ar e ventilação. Os engenheiros mecânicos devem ter conhecimento sobre estruturas, transferência de calor, mecânica dos fluidos, materiais e termodinâmica, entre outros. (HOLTZAPPLE e REECE, 2016, p. 7- 8).

2.2.5 Engenharia de Computação

É um dos cursos mais completos da área da Tecnologia da Informação, uma vez que é responsabilidade deste profissional projetar, desenvolver e/ou construir tanto *softwares* quanto *hardwares*. Além disso, o *site Guia da Carreira* afirma que:

Na área de desenvolvimento de software o engenheiro da computação cria programas de computadores e aplicativos para os mais diversos fins. Outra área em que um engenheiro da computação pode atuar é o campo da automação industrial e robótica. Ele desenvolve robôs e sistemas digitais para fábricas e indústrias. Também é comum este profissional atuar no suporte e

¹⁴ Informações obtidas na página do curso de Engenharia Elétrica da PUC MINAS.

Endereço: <https://www.pucminas.br/unidade/coracao-eucaristico/ensino/graduacao/Paginas/Engenharia-Eletrica.aspx?tipo=152f25a5-fa8d-4d04-a7ba-57b6b4c21265&campi=ab23480c-5f60-4752-b990-1ac1cf9b8cf5&curso=206&turno=3>

gerenciamento de redes de computadores em empresas de grande porte. (GUIA da carreira, 2016).

O estudante desta área deve ter um raciocínio lógico bastante aguçado, uma vez que, o desenvolvimento de *softwares* requer do Engenheiro de Computação um raciocínio rápido, ser bom em lógica matemática, principalmente por trabalhar com várias linguagens de programação distintas.

2.2.6 Engenharia Química

O artigo 17º da resolução 218 do CONFEA esclarece:

Art. 17 - Compete ao ENGENHEIRO QUÍMICO ou ao ENGENHEIRO INDUSTRIAL MODALIDADE QUÍMICA:

I - desempenho das atividades 01 a 18 do artigo 1º desta Resolução, referentes à indústria química e petroquímica e de alimentos; produtos químicos; tratamento de água e instalações de tratamento de água industrial e de rejeitos industriais; seus serviços afins e correlatos. (CONFEA, 1973).

O trabalho de um engenheiro químico está mais presente em nosso dia a dia do que imaginamos. Ele é responsável por transformar matérias-primas, através de processos químicos, em produtos úteis e apropriados para o nosso uso. Alguns exemplos destes produtos: tinta de caneta esferográfica, esmalte de unha, potes plásticos para armazenar alimentos, medicamentos, alimentos e muito mais.

A engenharia química é caracterizada por um conceito chamado de *operações unitárias*. Operação unitária é a peça individual de um equipamento de processor (reator químico, trocador de calor, bomba, compressor ou coluna de destilação). Assim como os engenheiros eletricitistas montam circuitos complexos a partir de componentes [...], os engenheiros químicos montam usinas químicas combinando operações unitárias.

Os engenheiros químicos processam matéria-prima (petróleo, carvão minerais, milho, árvores) e a transformam em produtos refinados (gasolina, óleo de calefação, plásticos, medicamentos, papel). (HOLTZAPPLE e REECE, 2016, p. 10).

Além dos processos de transformação, ele preocupa-se também com as técnicas de extração das matérias-primas, de forma a causar o menor impacto ambiental possível.

2.2.7 Engenharia de Controle e Automação

O Engenheiro de Controle e Automação é um profissional que trabalhará com a automação, ou seja, a função deste profissional é criar, gerenciar e supervisionar o funcionamento de máquinas autônomas.

Por meio de uma formação abrangente e multidisciplinar, o curso irá capacitar o aluno a atuar como um bacharel em sistemas de Controle e Automação, incluindo desde a concepção de processos, até a implementação, utilização e

manutenção de sistemas automatizados. O bacharel em Controle e Automação articula os conhecimentos de engenharia, robótica, computação, tecnologia de informação e gerenciamento de projeto, o que o torna um profissional versátil. Você será constantemente incentivado a adquirir uma postura empreendedora a partir da aquisição de conceitos organizacionais e empresariais, favorecendo também a habilidade em desenvolver e gerenciar o próprio negócio. (PUC MINAS¹⁵).

Este profissional trabalha em parceria com diversos outros engenheiros, por exemplo, no desenvolvimento de um carro autônomo, os engenheiros mecânicos responsáveis pelo mesmo precisarão de um Engenheiro de Controle e Automação. E também atuam sozinhos, seja desenvolvendo máquinas autônomas ou gerenciando o sistema de resfriamento de uma grande fábrica – ou seja, o curso tem um mercado de trabalho muito amplo, como é colocado pela página do curso da PUC Minas:

O bacharel poderá atuar no controle e automação nas mais diversificadas áreas, tais como médica, comercial, predial e residencial, hotelaria, setor bancário, agricultura, aeronáutica, aeroespacial, energia elétrica, eólica, nuclear, controle de poluição, tratamento de água, esgoto e outros efluentes, indústria alimentícia, extração mineral e vegetal, indústria farmacêutica, laboratórios clínicos, entre outros. Os campos de atuação englobam desde empresas de engenharia, indústrias de produção de equipamentos em geral, desenvolvimento de software de automação e controle até a gestão de processos produtivos.²⁶

2.2.8 Engenharia Ambiental e Sanitária e Engenharia Ambiental

Foi realizada uma longa pesquisa em artigos científicos, planos de curso das Engenharias, na página do CONFEA e do CREA-MG, além de conversas informais com três profissionais com formação em Engenharia Ambiental e Engenharia Ambiental e Sanitarista, não sendo possível concluir de forma coesa e consistente as diferenças entre as atribuições destas profissões. A resolução 218 do CONFEA prevê apenas as funções do Engenheiro Sanitarista, no artigo 18º, nos seguintes termos:

Art. 18 - Compete ao ENGENHEIRO SANITARISTA:

I - o desempenho das atividades 01 a 18 do artigo 1º desta Resolução, referentes a controle sanitário do ambiente; captação e distribuição de água; tratamento de água, esgoto e resíduos; controle de poluição; drenagem; higiene e conforto de ambiente; seus serviços afins e correlatos. (CONFEA, 1973).

O Engenheiro Ambiental e Sanitarista é um profissional habilitado a desenvolver, executar e gerenciar projetos de desenvolvimento sustentável; ou seja, sua função será trabalhar

¹⁵ Informações obtidas na página do curso de Engenharia de Controle e Automação da PUC MINAS. <<https://www.pucminas.br/unidade/coracao-eucaristico/ensino/graduacao/Paginas/Engenharia-de-Controle-e-Automacao.aspx?tipo=152f25a5-fa8d-4d04-a7ba-57b6b4c21265&campi=ab23480c-5f60-4752-b990-1ac1cf9b8cf5&curso=203&turno=1>>

com projetos que priorizam não só a conservação do ambiente como também é o responsável por recuperar áreas degradadas por acidentes (ou catástrofes) ambientais.

O engenheiro sanitarista – ou engenheiro sanitarista e ambiental – elabora, executa, projeta, opera e mantém obras civis relativas a instalações de saneamento e ambientais. Especifica e prepara orçamentos de custo, recursos necessários, técnicas de execução e outros dados, para assegurar a construção, funcionamento, manutenção e reparos dos sistemas de abastecimento de água e sistemas de esgotos. Por isso, desempenha o importante papel de contribuir para a melhoria da qualidade ambiental e para um desenvolvimento sustentado. Podemos dizer que, em linhas gerais, um engenheiro de produção se dedica ao projeto e gerência de sistemas que envolvem pessoas, materiais, equipamentos e ambiente. Por englobar um conjunto maior de conhecimentos e habilidades, este profissional consegue visualizar os problemas de forma global. (BAZZO e PEREIRA, 2006, p. 249).

2.2.9 Engenharia de Alimentos

O artigo 19º da resolução 218 do CONFEA diz:

Art. 19 - Compete ao ENGENHEIRO TECNÓLOGO DE ALIMENTOS:
I - o desempenho das atividades 01 a 18 do artigo 1º desta Resolução, referentes à indústria de alimentos; acondicionamento, preservação, distribuição, transporte e abastecimento de produtos alimentares; seus serviços afins e correlatos. (CONFEA, 1973)

Ou seja, esse profissional trabalhará principalmente em indústrias alimentícias, desenvolvendo projetos e técnicas para a fabricação, conservação, armazenamentos e transporte de alimentos industrializados.

Esse profissional atua em escala industrial, cuidando de todas as etapas de preparo e conservação de alimentos de origem animal e vegetal. Seleciona a matéria-prima, e define a melhor forma de armazenagem, acondicionamento. e preservação dos produtos, projetando embalagens. Desenvolve formulações com a finalidade de determinar o valor nutricional de alimentos industrializados. A indústria alimentícia é, sem dúvida, o principal campo de atuação desse engenheiro. Mas ele pode trabalhar, ainda, em indústrias fornecedoras de equipamentos, embalagens e aditivos.¹⁶

¹⁶ Informações disponíveis em: <<http://engenhariae.com.br/editorial/guia-de-engenharia/tudo-sobre-o-curso-de-engenharia-de-alimentos/>>. Acesso em: 4 jan. 2018.

3. A MATEMÁTICA NA ENGENHARIA

As relações entre a “arte da guerra” e a matemática são remotíssimas. Platão indignou-se e reprovou os trabalhos realizados por Eudóxio e Archytas, acusando-os de arruinarem a geometria a partir da qual eles vinham construindo instrumentos chamados mesógrafos, pontos de partida da mecânica iniciada por Archimedes. [...] É desde essa época que a mecânica se separa da geometria e permanece, durante longo tempo, desprezada pela filosofia, tornando-se um ramo da arte militar. (DHOMBRES apud VALENTE, 2007, p. 39).

A epígrafe remete a uma estreita relação entre as artes da engenharia e da guerra, que marcam a introdução desse capítulo, no qual iremos discorrer sobre alguns conceitos matemáticos importantes para todos os profissionais na área da Engenharia. Trataremos das Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Engenharia e de alguns conceitos matemáticos fundamentais para todo engenheiro, conceitos estes que são importantes para a solução de problemas elencados abaixo:

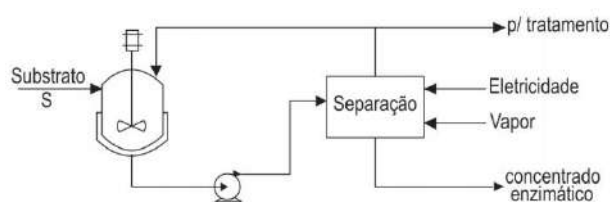
- 1) O telescópio Hubble foi colocado em órbita em 24 de abril de 1990 pelo ônibus espacial Discovery. Um modelo para a velocidade do ônibus durante essa missão, do lançamento em $t = 0$ até a ejeção do foguete auxiliar em $t = 126s$, é dado por:

$$v(t) = 0,0003968t^3 - 0,02752t^2 + 7,196t - 0,9397$$

(em metros/segundo). Usando este modelo, estime os valores de máximo e mínimo absolutos da aceleração do ônibus entre o lançamento e a ejeção do foguete auxiliar. (STEWART, 2014, p.253).

- 2) Uma empresa de biscoitos quer fazer uma embalagem comemorativa para lançar uma nova receita no mercado. A ideia é construir uma lata decorada que será vendida cheia dos biscoitos que serão lançados.
A lata terá o formato de um paralelepípedo reto retângulo, porém, o material da lateral da lata, em função da decoração a ser utilizada, será diferente e mais barato que o material da tampa. Se o material da lateral da lata custa R\$ 0,35 o cm^2 e o da tampa R\$ 0,60 cada cm^2 , quais as dimensões da mesma para que tenhamos o volume máximo, com um custo entre R\$ 10,00 e R\$ 18,00.
(Elaborado pelo autor).
- 3) Um dos subprodutos resultantes da produção de queijos é o soro. Atualmente, o soro está sendo empregado na produção de bebidas lácteas, representando um faturamento líquido de R\$ 200,00 por tonelada de soro. Uma empresa planeja usar o soro como substrato em um processo para a produção de uma enzima de valor expressivo no mercado: R\$ 90,00 por quilograma de concentrado enzimático. O processo é constituído por um reator biológico e uma unidade de separação, como mostra a figura.

Figura 6: Esquema de separação do soro e queijo



O dispêndio com a operação da unidade, em função da massa S (ton/dia) de substrato alimentada ao reator, pode ser resumido pelos valores:

- Matéria-prima (soro): $MP = 200.S$ (R\$/dia)
- Eletricidade: $E = 20.S^2$ (R\$/dia)
- Vapor: $V = 50.S$ (R\$/dia)
- Custo do capital investido (aquisição da unidade): $(20+60.S)$ R\$/dia

Considere que 1,0 tonelada de soro tratado rende 5 kg de concentrado enzimático, e que o sistema de separação recupera 98% da enzima produzida no reator. A análise dos dados permite concluir que: (ENADE, 2008, p. 15)

- 4) Após observar as temperaturas de uma cidade, ao longo do ano, um Engenheiro modela a função que descreve a temperatura no decorrer de alguns dias para estudos posteriores. No dia de maior variação, a temperatura é dada por:

$$f(x) = \frac{-x^2 + 25x - 136}{10}$$

Qual é a maior temperatura e a menor temperatura ao longo deste dia?
(Elaborado pelo autor).

Estes são exemplos que ilustram como o engenheiro pode se deparar com problemas que para que ele consiga interpretar, entender e resolver é necessário que ele possua alguns conhecimentos que são adquiridos nas aulas de cálculo. Conceitos estes que serão discutidos a seguir.

A Matemática é muito útil para todo e qualquer engenheiro, prova disso é a quantidade de disciplinas nesta área no currículo das Engenharias e disciplinas para as quais os conhecimentos da Matemática Superior são pré-requisito fundamental.

As *Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia* (DCN) são normas regulamentadoras que orientam o planejamento dos sistemas de ensino. Foram criadas apenas para a Educação Básica, mas, em 1995, “outorgou à Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação e do Desporto a competência de deliberar acerca das diretrizes curriculares propostas pelo Ministério da Educação e do Desporto, voltadas para os cursos superiores.” (CUNHA, 2014, p. 26).

Apesar de o conhecimento ser cada vez mais específico, as DCN propõe uma formação mais geral para o engenheiro, para que o mesmo esteja apto a se adaptar às tecnologias que surgirão, não só enquanto o futuro engenheiro for estudante, mas também quando este já

estiver no mercado de trabalho. Além disso, é responsável por normatizar o que deve ser ensinado no decorrer do curso:

Art. 6º - Todo o curso de Engenharia, independente de sua modalidade, deve possuir em seu currículo um núcleo de conteúdos básicos, um núcleo de conteúdos profissionalizantes e um núcleo de conteúdos específicos que caracterizem a modalidade.

§ 1º O núcleo de conteúdos básicos, cerca de 30% da carga horária mínima, versará sobre os tópicos que seguem:

- I. Metodologia Científica e Tecnológica;
- II. Comunicação e Expressão;
- III. Informática;
- IV. Expressão Gráfica;
- V. Matemática;
- VI. Física;
- VII. Fenômenos de Transporte;
- VIII. Mecânica dos Sólidos;
- IX. Eletricidade Aplicada;
- X. Química;
- XI. Ciência e Tecnologia dos Materiais;
- XII. Administração;
- XIII. Economia;
- XIV. Ciências do Ambiente;
- XV. Humanidades, Ciências Sociais e Cidadania (BRASIL, 2002).

Quanto aos conteúdos de Matemática que o engenheiro deve aprender, eles são divididos em Álgebra Linear, Geometria Analítica e Cálculo Diferencial e Integral, Cálculo Numérico e Estatística. O Cálculo Diferencial e Integral é um componente curricular com índice de reprovação muito alta e é também aquele que aborda alguns dos assuntos mais importantes para a formação do engenheiro, como destaca Cunha (2014):

Existem, nos cursos superiores, disciplinas que são rotuladas devido à sua dificuldade ou por exigirem abordagens bem diferentes daquelas a que os alunos estão acostumados. Nos cursos de Engenharia, uma das disciplinas que mais acumula rótulos é o Cálculo Diferencial e Integral. Por ser uma disciplina do núcleo básico, é o primeiro contato do aluno com a Matemática, e muitos desses alunos a encaram de forma diferente daquela que viram na formação básica. Assim, essa disciplina representa um desafio para os estudantes. (CUNHA, 2014, p. 28).

Os conceitos matemáticos surgem de “problemas de interesse capital, prático ou teórico: – é o número natural, surgindo da necessidade da contagem, o número racional, da medida, o número real, para assegurar a compatibilidade lógica de questões diferentes”. (CARAÇA, 2003, p. 118).

Zuin (2001, p. 13-14) observa que o Cálculo Diferencial e Integral tem dois questionamentos principais: “O cálculo do coeficiente angular da reta tangente a um gráfico num

ponto dado, ou seja, ‘o problema das tangentes’ [e] o cálculo da medida da área abaixo de uma curva plana, entre dois pontos dados no eixo dos x , que é o ‘problema das áreas’.” Esses problemas são a base de diversos desenvolvimentos na área da Matemática, vindo a incidir na evolução de diversos ramos científicos.

O objetivo deste capítulo é apresentar ao calouro de engenharia alguns conceitos de matemática, de forma que, esse acadêmico tenha uma dimensão da importância da matemática para a Engenharia e para que ele conheça algumas das aplicações destes conceitos para a engenharia, o que instigará sua curiosidade e também lhe dará uma dimensão das áreas de atuação do engenheiro. Trataremos dos conceitos de Funções, Limite, Continuidade, Derivada, neste último enfatizaremos os conceitos de Otimização. Para Bazzo e Pereira (2006),

Otimização é o processo de procura por uma solução que forneça o máximo benefício segundo algum critério; ou seja, é a busca da melhor condição. Afirmamos que é procura porque nem sempre a condição ótima é alcançada, embora o ótimo seja sempre uma meta. Às vezes, restrições econômicas, de tempo, de recursos técnicos ou mesmo de falta de conhecimento limitam essa busca pelo ótimo. (BAZZO E PEREIRA, 2006, p. 183)

Ao tratar de problemas que versam sobre Otimização, objetivamos oportunizar ao professor de *Introdução à Engenharia* discutir sobre a função do engenheiro na sociedade e principalmente sobre qual imagem que a sociedade tem desse profissional.

4.1. Funções:

Caraça (2003, p. 101), defende que:

[...] o homem, na sua necessidade de lutar contra a Natureza e no seu desejo de dominá-la, foi levado, naturalmente, à observação e estudo dos fenômenos, procurando descobrir as suas causas e o seu encadeamento.

Os resultados desse estudo, lentamente adquiridos e acumulados, vão construindo o que, no decurso dos séculos da vida consciente da Humanidade, se pode designar pelo nome de *Ciência*. [...].

O objectivo final da Ciência é, portanto, a formação de um quadro *ordenado e explicativo* dos fenômenos naturais, – fenômenos do mundo físico e do mundo humano, individual e social. (CARAÇA, 2003, p. 101).

A Matemática possui uma ferramenta que ajuda o homem a construir, manipular, entender e interpretar os conhecimentos que o levaram à construção da Ciência. Para entender como isso acontece, podemos pensar que, em um jogo no celular, ao começar um determinado evento de missões e prêmios, o prêmio que mais interessa ao jogador são os pontos de experiência adquiridos por alcançar os objetivos propostos na missão.

Em dado momento do jogo, percebe-se que tais prêmios aumentam a cada nova missão proposta pelo jogo e o jogador decide, então, avaliar se desviar do objetivo principal do jogo para concluir tais tarefas realmente é válido e, analisa os prêmios que ganhou nos dez últimos objetivos propostos. Ao abrir o histórico do jogo, ele se depara com o seguinte quadro:

Quadro 2 – XP ganha em cada missão

m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
xp	13550	13948	14347	14745	14745	15542	15941	16340	16738	17137

Fonte: Elaborado pelo autor

Tal quadro descreve uma sucessão de números ou dois conjuntos. O primeiro, dos números m que representa a ordem que a missão foi cumprida e, o segundo, xp , das pontos de experiência ganhos ao realizar as tarefas.

Estes resultados, ao serem dispostos no quadro (6), apresentam uma correspondência, que é *unívoca*¹⁷, uma vez que não existe a possibilidade de, em uma mesma missão, o jogador ganhar quantidades diferentes de pontos de experiência.

Depois de estudar o quadro, consegue-se notar que a quantidade pontos de experiência ganhos ao final de cada missão cresce segundo uma “regra” (ou uma lei). Ao perceber essa “regra”, o jogador será capaz de prever quanto de experiência ganhará nas próximas missões e, assim, julgar se é ou não interessante participar do evento.

Esta regra, que por questões de rigor matemático, passaremos a chamar de lei, dá a correspondência do conjunto m com o conjunto xp ; se a correspondência mudar, mudarão os consequentes – aqui a experiência ganha – mudará, por consequência, a variação, mudará a lei. (CARAÇA, 2003).

Então em que consiste, afinal, [essa] lei – Na forma de correspondência dos dois conjuntos. Se, por consequência, queremos estudar leis quantitativas, temos que criar um instrumento matemático cuja essência seja a correspondência de dois conjuntos. (CARAÇA, 2003, p.119).

A lei possibilita a correspondência quantitativa (numérica) entre os conjuntos m e xp , além de garantir que esta correspondência seja unívoca. Mas, ainda falta um conceito que permite uma representação simbólica dessa lei. Esse conceito é o de *variável*, que Caraça (2013), trás da seguinte forma:

¹⁷ Uma relação de correspondência unívoca é aquela em que o segundo elemento, chamado consequente corresponde a um único antecedente (primeiro elemento da correspondência).

Seja E um conjunto qualquer de números, conjunto finito ou infinito, e convençionemos representar qualquer dos seus elementos por um símbolo, por ex.: x . A este símbolo, representativo de qualquer dos elementos. E , chamamos variável.

Quando dizemos, por exemplo: seja E o conjunto dos números reais do intervalo $(0,1)$, e seja x a sua variável, o que queremos significar? Que o símbolo x , sem coincidir individualmente com nenhum dos números reais desse intervalo, é susceptível de representá-los a todos; é afinal, o símbolo da vida colectiva do conjunto, essa que se nutre da vida individual de cada um dos seus membros, mas não se reduz a ela. (CARAÇA, 2003, p. 120).

A princípio, o leitor pode se confundir e pensar variável é o x da equação. Quando em $3x + 5 = 20$, a letra x representa um único valor (no caso 5) e por isso é chamado *incógnita*, já em $f: R \rightarrow R | f(x) = 3x + 5$, x representa todos os números reais e, por isso, é chamado *variável*.

Voltando ao exemplo evento no jogo de celular, vamos falar da lei que permite prever quantos pontos de experiência o jogador ganhará nos próximos níveis. Seja m a variável do conjunto do número da missão, e xp a variável do conjunto dos pontos de experiência; a lei é a relação entre m e xp , uma correspondência unívoca no sentido de $m \rightarrow xp$. Pode-se dizer, portanto, que a variável xp é função da variável m , e escrevemos $xp = f(m)$; a variável m é chamada variável independente; e xp é a variável dependente (CARAÇA, 2003). Para fechar o raciocínio Caraça (2003) define:

Definição. Sejam x e y duas variáveis representativas de conjuntos de números; diz-se que y é função de x e escreve-se

$$y = f(x)$$

se entre as duas variáveis existe uma correspondência unívoca no sentido $x \rightarrow y$. A x chama-se variável independente, a y variável dependente. (CARAÇA, 2003, p. 121)

As variáveis x e y representarão todos os valores de dois conjuntos separados. O primeiro será chamado *domínio* da função, que são todos os valores que x poderá assumir, e, o segundo, será chamado *contradomínio* da função, que são todos os valores que y poderá assumir. O que gerará um terceiro conjunto, chamado conjunto imagem, que será o conjunto dos valores de y que são consequentes de algum x .

4.2. Noção intuitiva de Limite de uma Função

Seja a função $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} | f(x) = x^2 - 3x + 2$. Para estudar os valores desta função no entorno do ponto $x = 3$, deve-se analisar esta função para valores à direita de 3, isto é, valores

maiores que 3, mas próximos a 3; e valores à esquerda deste valor, usando valores para x pouco menores que 3. Veja os quadros 7 e 8:

Para valores menores do que 3, porém, próximos a ele:

Quadro 3 – Valores da função quando x se aproxima de 3 à esquerda.

x	$f(x) = f(x) = x^2 - 3x + 2$
2,5	$f(x) = 2,5^2 - 3 \cdot 2,5 + 2 = 0,75$
2,9	$f(x) = 2,9^2 - 3 \cdot 2,9 + 2 = 1,71$
2,95	$f(x) = 2,95^2 - 3 \cdot 2,95 + 2 = 1,85$
2,995	$f(x) = 2,995^2 - 3 \cdot 2,995 + 2 = 1,985$
2,9995	$f(x) = 2,9995^2 - 3 \cdot 2,9995 + 2 = 1,9985$
2,99995	$f(x) = 2,99995^2 - 3 \cdot 2,99995 + 2 = 1,99985$

Fonte: Elaborado pelo autor

Para alguns valores maiores que 3, mas próximos de 3, temos:

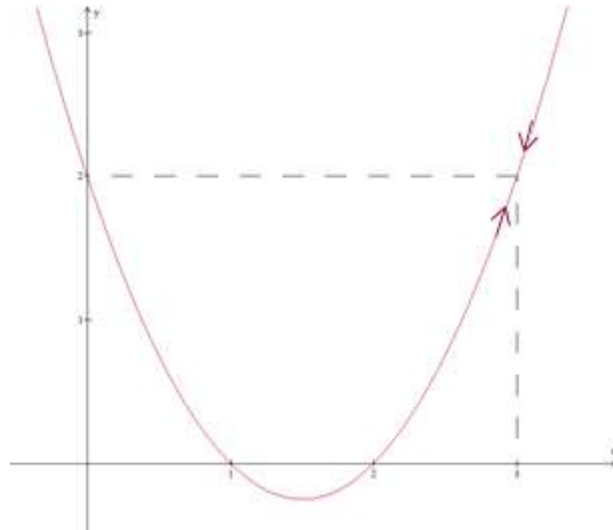
Quadro 4 – Valores da função quando x se aproxima de 3 à direita.

x	$f(x) = x^2 - 3x + 2$
3,5	$f(x) = 3,5^2 - 3 \cdot 3,5 + 2 = 3,75$
3,1	$f(x) = 3,1^2 - 3 \cdot 3,1 + 2 = 2,31$
3,01	$f(x) = 3,01^2 - 3 \cdot 3,01 + 2 = 2,03$
3,001	$f(x) = 3,001^2 - 3 \cdot 3,001 + 2 = 2,003$
3,0001	$f(x) = 3,0001^2 - 3 \cdot 3,0001 + 2 = 2,0003$
3,00001	$f(x) = 3,00001^2 - 3 \cdot 3,00001 + 2 = 2,00003$

Fonte: Elaborado pelo autor

Construindo um gráfico (figura 14) para esta função:

Figura 7: Gráfico da função $f(x) = x^2 - 3x + 2$



Fonte: Elaborado pelos autores no Winplot

Observando os quadros e o gráfico da função, é possível notar que, quanto mais o valor de x se aproxima do valor de abscissa $x = 3$, mais o valor da função aproxima-se do valor da ordenada $y = 2$, e denotamos essa situação por:

$$\lim_{x \rightarrow 3} (x^2 - 3x + 2) = 2$$

Dizemos que, se x tende para 3, então, a função tende para 2, ou ainda, que “o limite de $x^2 - 3x + 2$, quando x tende para 3 é igual a 2”. Observamos que:

$$f(3) = 3^2 - 3 \cdot 3 + 2 = 2$$

OBSERVAÇÃO IMPORTANTE

EXCEPCIONALMENTE, para as funções contínuas no seu domínio de continuidade, temos o valor do limite da função igual ao valor da função para o valor do domínio no qual se estuda o limite da função, isto é: $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = f(a)$ quando x tende para a .

Por exemplo:

- Para as funções contínuas em todo domínio real, isto é para todo real, o valor do limite da função é igual ao valor da função: função polinomial, função seno, função cosseno, função exponencial entre outras;
- Para as funções contínuas num subconjunto do real, o valor do limite da função é igual ao valor da função para valores do subconjunto real do domínio, como: a função recíproca $y = \frac{1}{x}$, ($x \neq 0$) a função logarítmica $y = \log x$, ($x > 0$); a função tangente $y = \operatorname{tg} x$ ($x \neq k\pi + \frac{\pi}{2}$, k inteiro), entre outras.

Mas, há situações que não são tão simples, como no exemplo a seguir, qual é o valor do limite:

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{6x^3 + 13x^2 - 5x}{4x^3 - 25x}$$

Nesse caso, se substituirmos, na função, x por zero, teremos um problema, observe:

$$\frac{6x^3 + 13x^2 - 5x}{4x^3 - 25x} = \frac{6 \cdot 0^3 + 13 \cdot 0^2 - 5 \cdot 0}{4 \cdot 0^3 - 25 \cdot 0} = -\frac{0}{0} \text{ é indeterminado}$$

Mas, e se precisarmos justamente do valor desse limite em zero? Podemos, como na situação anterior, construir um quadro (9 e 10) de valores próximos de zero.

Para valores menores que zero e próximos a ele, obtemos:

Quadro 5 – Valores da função quando x se aproxima de 0 pela esquerda.

X	$f(x) = \frac{6x^3 + 13x^2 - 5x}{4x^3 - 25x}$
-0,5	$f(x) = \frac{6 \cdot (-0,5)^3 + 13 \cdot (-0,5)^2 - 5 \cdot (-0,5)}{4 \cdot (-0,5)^3 - 25 \cdot (-0,5)} = 0,41$
-0,1	$f(x) = \frac{6 \cdot (-0,1)^3 + 13 \cdot (-0,1)^2 - 5 \cdot (-0,1)}{4 \cdot (-0,1)^3 - 25 \cdot (-0,1)} = 0,25$
X	$f(x) = \frac{6x^3 + 13x^2 - 5x}{4x^3 - 25x}$
-0,01	$f(x) = \frac{6 \cdot (-0,01)^3 + 13 \cdot (-0,01)^2 - 5 \cdot (-0,01)}{4 \cdot (-0,01)^3 - 25 \cdot (-0,01)} = 0,205$
-0,001	$f(x) = \frac{6 \cdot (-0,001)^3 + 13 \cdot (-0,001)^2 - 5 \cdot (-0,001)}{4 \cdot (-0,001)^3 - 25 \cdot (-0,001)} = 0,2005$
-0,0001	$f(x) = \frac{6 \cdot (-0,0001)^3 + 13 \cdot (-0,0001)^2 - 5 \cdot (-0,0001)}{4 \cdot (-0,0001)^3 - 25 \cdot (-0,0001)} = 0,20005$
-0,00001	$f(x) = \frac{6 \cdot (-0,00001)^3 + 13 \cdot (-0,00001)^2 - 5 \cdot (-0,00001)}{4 \cdot (-0,00001)^3 - 25 \cdot (-0,00001)} = 0,200005$

Fonte: Elaborado pelo autor

Para valores maiores que zero e próximos a ele, obtemos:

Quadro 6 – Valores da função quando x se aproxima de 0 pela direita.

X	$f(x) = \frac{6x^3 + 13x^2 - 5x}{4x^3 - 25x}$
0,5	$f(x) = \frac{6 \cdot (0,5)^3 + 13 \cdot (0,5)^2 - 5 \cdot (0,5)}{4 \cdot (0,5)^3 - 25 \cdot (0,5)} = -0,125$
0,1	$f(x) = \frac{6 \cdot (0,1)^3 + 13 \cdot (0,1)^2 - 5 \cdot (0,1)}{4 \cdot (0,1)^3 - 25 \cdot (0,1)} = 0,145$
0,01	$f(x) = \frac{6 \cdot (0,01)^3 + 13 \cdot (0,01)^2 - 5 \cdot (0,01)}{4 \cdot (0,01)^3 - 25 \cdot (0,01)} = 0,194$
0,001	$f(x) = \frac{6 \cdot (0,001)^3 + 13 \cdot (0,001)^2 - 5 \cdot (0,001)}{4 \cdot (0,001)^3 - 25 \cdot (0,001)} = 0,1994$

0,0001	$f(x) = \frac{6 \cdot (0,0001)^3 + 13 \cdot (0,0001)^2 - 5 \cdot (0,0001)}{4 \cdot (0,0001)^3 - 25 \cdot (0,0001)} = 0,19994$
0,00001	$f(x) = \frac{6 \cdot (0,00001)^3 + 13 \cdot (0,00001)^2 - 5 \cdot (0,00001)}{4 \cdot (0,00001)^3 - 25 \cdot (0,00001)} = 0,199994$

Fonte: Elaborado pelo autor.

Guimaraes (2010) sugere que a ideia de limite seja entendido, neste caso, como um intervalo aberto, como se estivéssemos pensando nos intervalos $[-\frac{1}{2}, 0[e]$ e $0, \frac{1}{2}]$ e fizéssemos as imagens de todos os valores presente nestes dois intervalos. Quanto mais próximo de zero estiver o valor de x , em quaisquer dos dois intervalos, mais próximos de 0,2 estará. Note que, como nos intervalos, podemos nos aproximar o quanto quisermos de zero, mas não igual a zero.

Observe a definição de limite segundo Stewart (2014):

Definição: Suponha que $f(x)$ seja definido quando está próximo ao número a . (Isto significa que f é definido em algum intervalo aberto que contenha a , exceto possivelmente no próprio a .) Então escrevemos:

$$\lim_{x \rightarrow a} f(x) = L$$

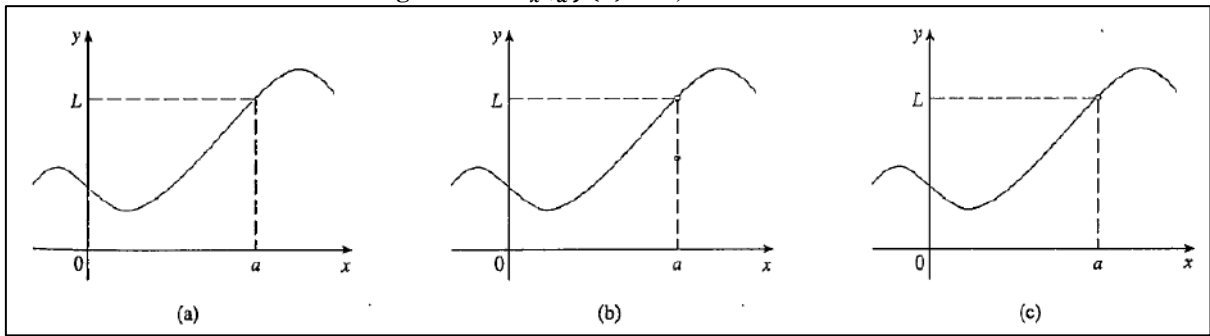
e dizemos “o limite de $f(x)$, quando x tende a a , é igual a L ”, se pudermos tornar os valores de $f(x)$ arbitrariamente próximos de L (tão próximos de L quanto quisermos), tornando x suficientemente próximo de a (por ambos os lados de a), mas não igual a a . (STEWART, 2014, p. 81).

OBS.: Algumas vezes, o domínio da função não nos permite trabalhar na vizinhança de a , e neste caso trabalharemos apenas no lado que o domínio da função nos permitir.

Esta definição, ao dizer, “mas não igual a a ”, parece contrariar o Teorema 1, mas, na verdade, tal definição diz apenas que L não será necessariamente o valor de $f(a)$, mas aquele valor que $f(x)$ parece assumir quando x aproxima-se de a .

Em resumo, o $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = L$, se $f(a) = L$, ou ao substituir os valores de x na função, muito próximos de a ; e na vizinhança de a , mas, não necessariamente igual a ; esses valores se aproximam do mesmo valor L . A figura 15 ilustra os casos em que o limite da função pode ou não coincidir com a imagem da função naquele ponto, mas nos três casos, o limite existe.

Figura 8: $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = L$, nos três casos



Fonte: STEWART (2014, p. 82).

4.3. Continuidade

Cabe aqui uma pergunta muito importante para os conceitos que virão: “O limite existirá sempre?” Para responder a essa pergunta, vamos estudar o limite da função: $f(x) = \frac{1}{x}$ quando x tende a zero.

Quadro 7 – Valores da função quando x se aproxima de 0 pela direita.

X	$f(x) = \frac{1}{x}$
0,5	$f(x) = \frac{1}{0,5} = 2$
0,1	$f(x) = \frac{1}{0,1} = 10$
0,01	$f(x) = \frac{1}{0,01} = 100$
0,001	$f(x) = \frac{1}{0,001} = 1000$
X	$f(x) = \frac{1}{x}$
0,0001	$f(x) = \frac{1}{0,0001} = 10000$
0,00001	$f(x) = \frac{1}{0,00001} = 100000$

Fonte: Quadro elaborado pelo autor.

Quadro 8 – Valores da função quando x se aproxima de 0 pela esquerda.

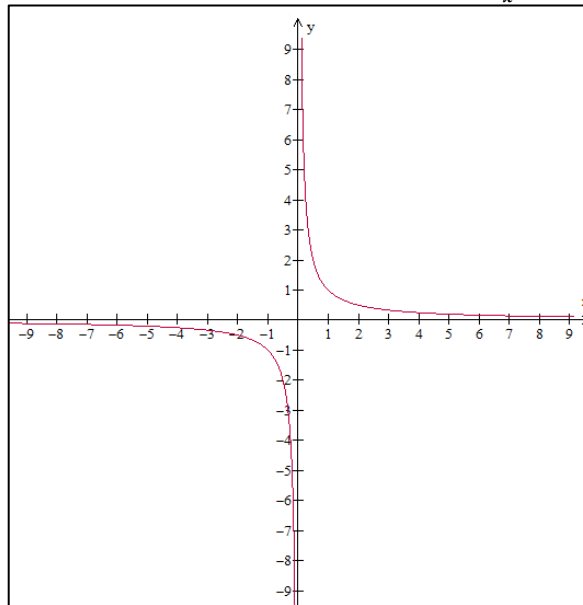
X	$f(x) = \frac{1}{x}$
-0,5	$f(x) = \frac{1}{-0,5} = -2$
-0,1	$f(x) = \frac{1}{-0,1} = -10$
-0,01	$f(x) = \frac{1}{-0,01} = -100$
-0,001	$f(x) = \frac{1}{-0,001} = -1000$

-0,0001	$f(x) = \frac{1}{-0,0001} = -10000$
-0,00001	$f(x) = \frac{1}{-0,00001} = -100000$

Fonte: Quadro elaborado pelo autor.

Observe o gráfico (figura 16) da função:

Figura 9: Gráfico da função $f(x) = \frac{1}{x}$



Fonte: Elaborado pelo autor

Para valores menores que zero, quanto mais próximo de zero é o valor de x , maior o valor do limite; dizemos que o limite desta função tende a $+\infty$ (mais infinito). Mas, para valores menores que zero, quanto mais próximos de zero é o valor de x , menor é valor do limite; dizemos que o limite desta função tende a $-\infty$ (menos infinito). Em linguagem matemática escrevemos:

$$\lim_{x \rightarrow 0^+} \frac{1}{x} = +\infty$$

Lê-se: “limite da função $1/x$ quando x tende a zero pela direita é mais infinito”. E,

$$\lim_{x \rightarrow 0^-} \frac{1}{x} = -\infty$$

Lê-se: “limite da função $1/x$ quando x tende a zero pela esquerda é mais infinito”.

Os valores $\lim_{x \rightarrow 0^+} \frac{1}{x}$ e $\lim_{x \rightarrow 0^-} \frac{1}{x}$ são chamados limites laterais. Como tais valores não são iguais, dizemos que:

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1}{x} : \text{n\~{a}o existe.}$$

De forma geral, para calcular o limite de uma função, basta calcular a imagem do valor de x , para o qual x “tende”. A seguir, trataremos do conceito de Derivada, que assim como o limite de uma função, também é uma operação sobre funoes.

4.4. A Derivada de uma Função:

Considere que a curva $D(t)$ esboçada na figura 17 seja o gráfico da função que descreve como a velocidade que determinado objeto varia no tempo. Para saber qual a variação da sua velocidade média entre os momentos x_A e x_B , basta fazermos:

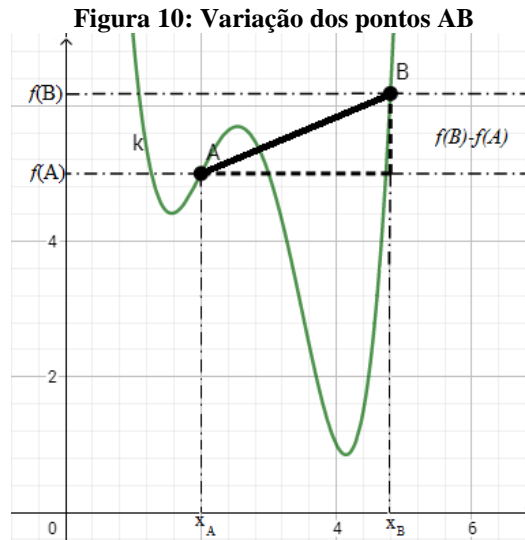
$$V_{AB} = \frac{f(x_B) - f(x_A)}{x_B - x_A} \quad (1)$$

Tal equação também expressa a inclinação do segmento de reta \overline{AB} , mas nos fornece apenas a velocidade média deste objeto entre os momentos x_A e x_B . Reis (2013) coloca de uma maneira muito simples:

[...] a diferença *entre taxa de variação média e taxa de variação instantânea*, quando trabalhada como um fen meno físico, pode ser compreendida do seguinte modo: imagine um carro partindo de um ponto A para um ponto B em trajetória curvilínea, estando tais pontos fixados em um [sistema] de referência (plano cartesiano) em que a abscissa representa o tempo e a ordenada a posição do móvel em cada instante. A distância entre os pontos A e B pode ser calculada como Δy e o tempo que esse carro gastou para sair de A e chegar em B pode ser calculado como Δx . Para obter a velocidade média, isto é, se o carro tivesse ido com a mesma velocidade de A até B sem mudar o seu módulo da velocidade, bastaria calcular $\frac{\Delta y}{\Delta x}$. Quando representado graficamente, este quociente representa a inclinação da reta secante que passa pelos pontos A e B. Fisicamente, esse mesmo quociente representa a *taxa média de variação*, denominada, neste caso, como velocidade média. (REIS, 2013, p. 42-43)

Mas, e se precisarmos saber qual é a sua velocidade no momento x_A ? Observemos que, nem sempre a velocidade média   fiel ao que acontece, já que, no intervalo específico considerado,   possível notar que o objeto tem inicialmente uma velocidade positiva, a partir de determinado momento, esse objeto passa a se mover no sentido negativo para, então, passar a se movimentar no sentido positivo da trajetória. Tal ideia não é inferida a partir da velo-

cidade média entre os momentos x_A e x_B é denominada *Taxa de variação instantânea*, ou simplesmente *Taxa de variação*.

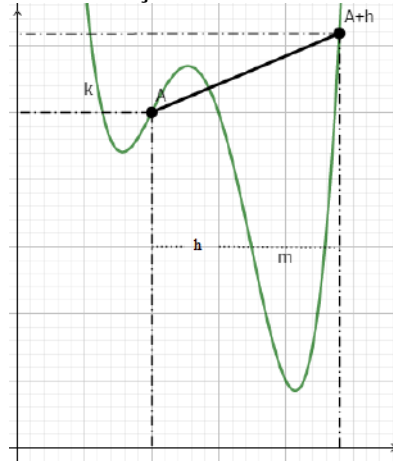


Fonte: Criado pelo autor no Geogebra.org

A figura 17 mostra um gráfico no qual a ordenada de um ponto (valor de y) nos fornece a posição do objeto enquanto a abscissa (eixo x) nos fornece um momento específico.

Sabendo calcular a velocidade média entre um momento x_A específico, e um momento h , instantes mais tarde; o objetivo agora é, dado o gráfico da posição do objeto, como vamos determinar a velocidade naquele instante específico? (figura 18).

Figura 11: Variação da Velocidade no Tempo



Fonte: Criado pelo autor no Geogebra.org

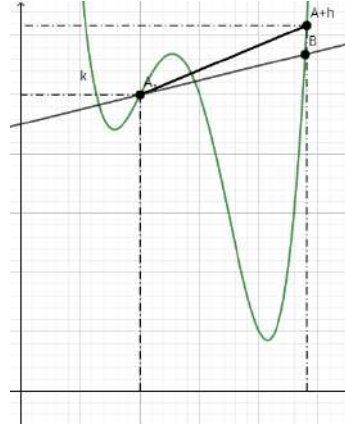
A partir disso, a equação (1) fica:

$$V_{AB} = \frac{f(x_A + h) - f(x_A)}{h} \quad (2)$$

É notável que, quanto menor for o valor de h , ou seja, quanto menor for o intervalo de tempo considerado para cálculo da velocidade média do objeto, mais próximos estaremos de

sua velocidade instantânea. E se h tender a zero? A figura 19 mostra duas retas para intervalos cada vez menores, numa tentativa de se considerar um valor de h cada vez menor¹⁸:

Figura 12: Variando o intervalo de tempo



Fonte: Criado pelo autor no Geogebra.org

Se pensarmos: “ h não pode ser zero uma vez que não existe divisão por zero”. Exatamente! Porém e se diminuirmos h para valores tão pequenos quanto se queira de modo a torná-lo tão pequeno que se torne imperceptível? Isso, sim, é possível e nos faz entender tal valor como a velocidade instantânea do objeto, uma vez que o intervalo de tempo h seria tão mínimo que não haveria tempo para termos oscilações na velocidade e, então, podemos afirmar que aquele valor é a *Velocidade Instantânea do Objeto*. Matematicamente, a operação sobre funções que nos permite trabalhar este conceito é o limite, e a equação (2) ficaria:

$$V_A = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x_A + h) - f(x_A)}{h} \quad (3)$$

Isso significa que estamos trabalhando com valores de h tão próximos de zero quanto necessário. Não se trabalha com o valor $h = 0$, mas sim, nas proximidades de zero.

Para cada valor de h maior ou menor, desde o considerado inicialmente, há uma inclinação distinta da reta \overline{AB} , e quando h tende a zero, a reta \overline{AB} passa a ser uma tangente à curva $f(x)$. Essa reta tangente é a interpretação geométrica de todo o processo de busca da velocidade instantânea do objeto e sua inclinação representará algebricamente tal velocidade. Tal conceito, tão importante para as diversas áreas de Ciências Exatas, entre elas, a Engenharia, é denominado *Derivada* de uma função.

¹⁸ A reta marcada como reta tangente é a reta que mais nos interessa, uma vez que essa é a reta que representa a tangente à curva no ponto A.

Definição: A derivada de uma função f em um número a , denotada por $f'(a)$, é

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(a+h) - f(a)}{h} \quad (4)$$

se o limite existir. (STEWART, 2014, p. 133).

A derivada $f'(a)$ é a taxa de instantânea de variação de $y = f(x)$ em relação a x quando $x = a$. (STEWART, 2014, p. 135).

Ou seja, sempre que dissermos que uma função $f(x)$ varia em relação à variável x , gerando outra grandeza $y'(x)$, dizemos que y' é a derivada da função $f(x)$.

Dado qualquer número x para o qual esse limite [equação (3)] exista, atribuímos a x o número $f'(x)$. Assim, podemos considerar f' como uma nova função, chamada **derivada de f** e definida pela Equação [3]. Sabemos que o valor de f' em x , $f'(x)$, pode ser interpretado geometricamente como a inclinação da reta tangente ao gráfico de f no ponto $(x, f'(x))$. A função f' é denominada derivada de f , pois foi “derivada” a partir de f pela operação limite na equação [3]. O domínio de f' é conjunto $\{x | f'(x) \text{ existe}\}$ e pode ser menor que o domínio de f . (STEWART, 2014, p. 140).

Sabemos que “algumas das aplicações mais importantes do cálculo diferencial são os *problemas de otimização*, em que devemos encontrar a maneira ótima (melhor maneira) de fazer alguma coisa.” (STEWART, 2014, p. 248). Por exemplo, se temos uma função que descreve o lucro de uma empresa, o máximo dessa função nos dirá em que situação tal empresa terá um lucro máximo, em contrapartida, se temos uma função que traduz a quantidade de matéria prima para a fabricação de determinado objeto, o mínimo desta função nos permite encontrar a quantidade mínima de material para a fabricação daquele objeto, ou ainda, quais as dimensões do mesmo, para se fabricar um objeto com a mesma capacidade utilizando a menor quantidade possível de matéria prima.

Para resolver problemas com esta especificidade, devemos encontrar o **valor máximo** ou **mínimo** que uma função pode assumir, seja em todo seu domínio (máximo ou mínimo **absoluto**) ou num intervalo específico (máximo ou mínimo **local**).

Definição 1: Seja c um número no domínio D de uma função f . Então $f(c)$ é o

- Valor **máximo absoluto** de f em D se $f(c) \geq f(x)$, para todo x em D .
- Valor **mínimo absoluto** de f em D se $f(c) \leq f(x)$, para todo x em D .

Definição 2: O número $f(c)$ é um

- Valor **máximo local** de f em D se $f(c) \geq f(x)$, quando x está próximo de c .
- Valor **mínimo local** de f em D se $f(c) \leq f(x)$, quando x está próximo de c .

Na definição 2, se dissermos que algo é verdadeiro **próximo a** c , queremos dizer que é verdadeiro em algum intervalo aberto contendo c . (STEWART, 2014, p. 248).

Tais definições nos permitem entender que um Mínimo Local é o menor valor que a aquela função aceita naquele intervalo, que não é necessariamente todo domínio da função; já o Mínimo Absoluto é o menor valor que a função assumirá em todo o seu domínio. Enquanto, o Máximo Local e o Máximo Absoluto dão o maior valor num intervalo e o maior valor da função em todo o seu domínio, respectivamente.

Uma aplicação útil para tais teorias é que, assim, conseguimos esboçar com mais facilidade o gráfico da função, além de resolvermos problemas onde o objetivo é gastar o mínimo de material para se ter a mesma embalagem.

4. A ENGENHARIA ATRAVÉS DE AUDIOVISUAIS

O uso dos recursos midiáticos, em especial o vídeo, inegavelmente, possibilita o despertar da criatividade à medida que, estimula a construção de aprendizados múltiplos, em consonância com a exploração da sensibilidade e das emoções dos alunos, além de contextualizar conteúdos variados. A partir desse conjunto de possibilidades, o educador pode conduzir o educando a aprendizados significativos que fomentem princípios de cidadania e de ética. (SILVA e OLIVEIRA, 2010, p. 1-2).

O vídeo deve ser utilizado em sala por vários motivos e cada motivo tem seu momento distinto. Ele pode ser usado para introduzir um assunto em sala, sendo um instrumento de motivação para seus alunos; durante a abordagem de algum item do programa, ilustrando um tema tratado em sala, ou para finalizar um tópico, evidenciando alguns aspectos relevantes. O vídeo também pode ser utilizado não na íntegra, o professor pode se fixar em alguns trechos que considera viáveis para serem discutidos com os estudantes, levando-os também a uma reflexão.

Indicamos uma lista de dezenove filmes e vinte e dois documentários que, de alguma forma, remetem à importância do papel do engenheiro para a sociedade ou como a atividade desse profissional está presente no cotidiano das pessoas. Tais vídeos foram selecionados com o objetivo de dar subsídios ao professor de *Introdução à Engenharia* para evidenciar a importância do papel do engenheiro e outros aspectos relativos à profissão em suas aulas.

Alguns destes filmes são apresentados em listas disponibilizadas na *Web*, principalmente pela *Revista Exame*, que publicou em setembro de 2016, um conjunto de dezenove filmes que todo engenheiro deveria assistir, e pelo blog “*Engenharia e*”, que indicou “22 filmes que todo estudante de engenharia deverá assistir” em agosto de 2017, a qual damos especial relevância¹⁹. Além destas duas listas, nossa escolha está baseada em filmes e documentários que assistimos e consideramos relevantes.

O nosso critério de seleção dos audiovisuais foi escolher determinados vídeos e/ou documentários que têm seu roteiro voltado para evidenciar os feitos de grandes engenheiros ou de fatos que se voltam para o trabalho destes profissionais. Nosso intuito é de que o professor de *Introdução à Engenharia* discuta com seus alunos o papel do engenheiro na sociedade e que os acadêmicos, ao final da disciplina, possam ter desenvolvido uma consciência crítica e

¹⁹ Listas disponíveis em: Exame: <https://exame.abril.com.br/carreira/19-filmes-que-todo-engenheiro-deveria-ver/> e em Engenharia E: <http://engenhariae.com.br/editorial/colunas/21-filmes-que-todo-estudante-de-engenharia-devera-assistir/>

reflexiva sobre as ações ligadas à sua profissão, e também se conscientizem sobre condutas e intervenções que podem afetar profundamente toda uma sociedade, quer seja de forma local ou mundial, de modo negativo.

Há uma enormidade de textos científicos na internet que trata dos benefícios de se utilizar, de forma coesa, recursos audiovisuais em sala de aula. Entre os mais citados estão:

- Aqueles alunos cuja habilidade de aprendizagem visual é mais aguçada são melhor alcançados;
- Os vídeos permitem uma “viagem técnica” para locais, e situações, geograficamente distantes ou que até mesmo impossíveis de serem feitas. Quer seja pela inviabilidade financeira ou por mostrar situações que ainda não existem;
- É uma metodologia de ensino alternativa;
- Instiga a curiosidade e a criatividade dos discentes.

Entre vários outros benefícios. Alguns filmes das listas da *Revista Exame* ou do *Blog Engenharia E* não foram selecionados pelo fato de não ser possível encontrá-los em nenhum site que permita assistir os filmes *on-line* ou realizar o *download* com segurança, como também em empresa de *streaming* ou na rede social *YouTube*.

4.1 Filmes baseados em fatos reais

Com exceção do filme *Tempos Modernos*, que é um clássico do grande gênio Charles Chaplin e que tem uma importância significativa, devido a vários aspectos críticos envolvidos no filme, e do filme *Donald no país da Matemática* que também é um clássico da matemática e trata de várias aplicações de conceitos matemáticos no dia a dia; os outros sete filmes deste subtítulo são baseados em fatos ou pessoas reais que, de alguma forma, contribuíram para o desenvolvimento da engenharia.

- 1) **Tempos Modernos:** Dirigido por Charles Chaplin, com duração de 87 minutos, lançado em 5 de fevereiro de 1936.

Um dos filmes mais famosos de Charles Chaplin, *Tempos Modernos* mostra bem as ideias do engenheiro Frederick Taylor, que foram usadas depois do Henry Ford, considerado o primeiro a implantar um sistema de produção em série.

É um clássico com que pode trazer para sala de aula debates muito além do papel do engenheiro, já que ele acontece num período entre guerras, 1936, além de abordar temas que ainda na atualidade são muito debatidos, como o papel da mulher na sociedade.

Um operário de uma linha de montagem, que testou uma "máquina revolucionária" para evitar a hora do almoço, é levado à loucura pela "monotonia frenética" do seu trabalho. Após um longo período em um sanatório ele fica curado de sua crise nervosa, mas desempregado. Ele deixa o hospital para começar sua nova vida, mas encontra uma crise generalizada e equivocadamente é preso como um agitador comunista, que liderava uma marcha de operários em protesto. Simultaneamente uma jovem rouba comida para salvar suas irmãs famintas, que ainda são bem garotas. Elas não têm mãe e o pai delas está desempregado, mas o pior ainda está por vir, pois ele é morto em um conflito. A lei vai cuidar das órfãs, mas enquanto as menores são levadas a jovem consegue escapar.

(Sinopse de Adoro Cinema, <http://www.adorocinema.com/filmes/filme-1832/>).

- 2) **Donald no país da Matemática:** Dirigido por Hamilton Luske, Les Clark, Wolfgang Reitherman e Joshua Meador, lançado em 26 de junho de 1959, tem duração de 28 min.

O filme trata das proporções matemática na música, mostra de forma simples e acessível a razão áurea, mostrando como algo pode ser considerado belo a partir das proporções da “Regra de Ouro”. Aborda também a matemática em jogos de tabuleiro, e das formas geométricas nos vários objetos do nosso cotidiano.

- 3) **Ford – O Homem e a Máquina:** Dirigido por Allan Eastman, com duração de 200 minutos, foi lançado em 11 de maio de 1987.

É a biografia do inventor do carro, mostrando como desde a sua infância, pobre no final dos anos de 1800, ele era apaixonado por novas tecnologias, até se tornar um dos homens mais ricos e poderosos, em meados do século XX, dos Estados Unidos da América.

Um dos pontos fortes do filme é a criação das linhas de montagens por Henry Ford, diminuindo o tempo para montagem dos carros e possibilitando a diminuição dos custos no processo de fabricação.

Ford percebeu que com a linha de montagem seus funcionários estavam chegando a níveis de stress muito altos, então teve mais uma grande ideia: diminuiu a carga horária dos seus funcionários e dobrou os seus salários, com os preços dos carros diminuindo graças as melhoria no processo de fabricação e seus funcionários com mais dinheiro e tempo para gastar criou uma nova classe de consumidores e aumentou ainda mais seus lucros.²⁰

- 4) **Apollo 13:** Dirigido por Ron Howard, com duração de 140 minutos e lançado em 14 de setembro de 1985.

²⁰ Retirado do artigo: “Resenha do filme Ford, o homem e a máquina”. Disponível em: <https://www.trabalhosgratuitos.com/Outras/Diversos/Resenha-Do-Filme-Ford-O-Homem-E-A-120676.html>. Acesso em: 8 abr. 2018.

O filme que narra a história verídica da missão Apollo 13, da NASA, trazendo a essência da engenharia, com aplicação dos conceitos da Física, o trabalho em equipe, a criatividade a construção do novo e a sua reconstrução em circunstâncias emergenciais. A cena da construção do filtro de ar adaptado do módulo de comando para o módulo lunar, feito pelos engenheiros na NASA, mas só com os materiais disponíveis na nave, para que os astronautas pudessem reproduzir, é um dos exemplos mais bonitos da prática da engenharia. (EXAME)

Três astronautas americanos a caminho de uma missão na Lua sobrevivem à uma explosão, mas precisam retornar rapidamente à Terra para poderem sobreviver, pois correm o risco de ficarem sem oxigênio. Além disto, existe o risco de, mesmo retornando, a nave ficar seriamente danificada, por não suportar o imenso calor na reentrada da órbita terrestre. (Sinopse de Adoro Cinema <http://www.adorocinema.com/filmes/filme-13211/>).

- 5) **Piratas da Informática:** Dirigido por Martyn Burke, com duração de 95 minutos, lançado em 20 de junho de 1999. A tradução livre seria *Piratas do Vale do Silício*.

O filme mostra como o cofundador da *Apple*, Steve Jobs, e o cofundador da *Microsoft*, Bill Gates, mudaram o jeito de as pessoas viverem e se comunicarem com a criação das duas maiores empresas de informática do mundo e seus sistemas operacionais. De acordo com os professores do Instituto Mauá de Tecnologia, o filme utiliza conceitos importantes para engenharia de empreendedorismo – administração, economia e gestão de negócios- para telecomunicações – engenharia eletrônica – para sistemas operacionais, design de sistemas e produto e também para programação – engenharia de computação. (EXAME).

A ascensão da Apple e da Microsoft, as duas maiores empresas de informática do planeta. Em busca da liderança do mercado Steve Jobs (Noah Wyle) e Bill Gates (Anthony Michael Hall), fundadores das empresas, enfrentam-se em uma guerra de bastidores.

(Sinopse de Adoro Cinemas <http://www.adorocinema.com/filmes/filme-133537/>).

- 6) **U-571 Batalha no Atlântico:** Dirigido por Jonathan Mostow, com duração de 120 minutos e lançado em 12 de outubro de 2000.

O filme retrata o período inicial da Segunda Guerra Mundial, quando navios aliados eram atacados e afundados pelos submarinos alemães. No comando do submarino S-33, dos aliados, um tenente recebe ordens para se aproximar de um submarino alemão, o U-571, de forma camuflada o objetivo é conseguir uma máquina de escrever que ajudará a decifrar os códigos alemães usados na guerra. A relevância do filme do ponto de vista da engenharia é retratar a importância da padronização de medidas. “Tem uma cena em que os aliados conseguem entrar no submarino alemão e se deparar com medições em metro, diferente da que eles usavam, e não entendem nada”. (EXAME).

Logo no início da Segunda Guerra Mundial, os navios aliados eram afundados diariamente pelos submarinos U alemães. A bordo do submarino S-33, o tenente Andrew Tyler (Matthew McConaughey) e seu superior, o comandante Mike Dahlgren (Bill Paxton), recebem ordens para se aproximar de forma camuflada de um destes submarinos no intuito de conseguir uma máquina de

escrever que permitirá decifrar os códigos alemães utilizados na guerra. Entretanto, um ataque surpresa faz com que oito integrantes da tripulação do S-33 tenham que seguir viagem no submarino alemão U-571. (Sinopse de Adoro Cinemas <http://www.adorocinema.com/filmes/filme-25563/>).

- 7) **A Rede Social:** Dirigido por David Fincher, com duração de 121 minutos, lançado em 3 dezembro 2010

O filme conta a história do surgimento do *Facebook* e seus desdobramentos. É um filme interessante para quem é da área de engenharia de computação e do empreendedorismo. Com conceitos importantes de administração, economia, gestão de negócios, sistemas operacionais, programação, segurança da informação.

Em uma noite de outono em 2003, Mark Zuckerberg (Jesse Eisenberg), analista de sistemas graduado em Harvard, se senta em seu computador e começa a trabalhar em uma nova ideia. Apenas seis anos e 500 milhões de amigos mais tarde, Zuckerberg se torna o mais jovem bilionário da história com o sucesso da rede social Facebook. O sucesso, no entanto, o leva a complicações em sua vida social e profissional. (Sinopse de Adoro Cinema <http://www.adorocinema.com/filmes/filme-147912/>).

- 8) **O Jogo da Imitação:** Dirigido por Morten Tyldum, com duração de 1h 55min e lançado em 5 de janeiro de 2015

Este filme aborda aspectos da vida do matemático e cientista da computação britânico Alan Mathison Turing (1912-1954).

Foi durante a 2ª Guerra Mundial que o governo britânico montou uma equipe que tem por objetivo quebrar o Enigma, o famoso código que os alemães usavam para enviar mensagens aos submarinos daquela época. Um de seus integrantes é Alan Turing, interpretado por Benedict Cumberbatch, um matemático de 27 anos de idade. Estritamente lógico e focado no trabalho, que tem problemas de relacionamento com praticamente todos que o rodeia. Não leva muito tempo para que Turing, apesar de sua intransigência, lidere uma equipe. Seu grande projeto é construir uma máquina que permita analisar todas as possibilidades de codificação do Enigma, tudo isso em apenas 18 horas, de forma que os ingleses conheçam as ordens enviadas antes que elas sejam executadas, por exemplo. Entretanto, para que o projeto dê certo, Turing terá que aprender a trabalhar em equipe e tem Joan Clarke, vivido por Keira Knightley sua grande incentivadora. O criptoanalista, matemático e filósofo britânico Alan Mathison Turing que viveu entre os anos de 1912 a 1954 é hoje considerado um dos precursores da computação moderna. (ENGENHARIA E).

- 9) **O homem que viu o infinito:** Dirigido por Matt Brown, com duração de 1h 49 min e lançado em 22 de setembro de 2016.

Baseado em fatos reais, o filme se passa no durante a primeira guerra mundial e conta a história de Srinivāsa Aiyangār Rāmānujan (1887-1920), um indiano, que é autodidata e gênio da Matemática, Após enviar suas descobertas para o Colégio Trinity, na Universidade de Cambridge, faz amizade com o excêntrico professor GH Hardy que acredita em suas descobertas e o ajuda em sua luta para mostrar ao mundo a singularidade de sua mente.

Este filme é relevante, por mostrar o preconceito que existia com o conhecimento produzido fora da Europa e por falar de Rāmānujan, um indiano que fez importantes contribuições para a Teoria dos Números, séries e frações contínuas.

Srinivasa Aiyangar Ramanujan (Dev Patel) nasceu na Índia, em 1887. Já na infância, a sua inteligência excepcional deixa todos à sua volta impressionados. Por causa disso, ganha uma bolsa para o Liceu de Kumbakonam, onde desperta a admiração dos professores. Na adolescência começou, por auto-recriação, a estudar séries aritméticas e séries geométricas e com apenas 15 anos conseguiu encontrar soluções de polinômios de terceiro e quarto grau. Com essa idade teve acesso a um livro que marcou a sua vida: "Synopsis of Elementary Results on Pure Mathematics", a obra de George Shoobridg Carr, um professor da Universidade de Cambridge (Inglaterra). O livro apresenta cerca de seis mil teoremas e fórmulas com poucas demonstrações, o que influenciou a maneira de Ramanujan interpretar a Matemática. Aos 16 anos fracassou nos exames de inglês e perdeu a bolsa de estudos. Sem desistir, continuou as suas pesquisas de forma autodidacta. Estudando e trabalhando sozinho, recria tudo o que já fora feito em Matemática. Mais tarde, decidiu frequentar uma universidade local como ouvinte. Os professores, percebendo as suas qualidades, aconselharam-no a enviar os resultados dos seus trabalhos para o grande matemático inglês G. H. Hardy (Jeremy Irons). Em 1913, impressionado com o seu intelecto, Hardy convida-o para ir para Cambridge (Inglaterra). Ali, apesar de todas as dificuldades de adaptação e de algum cepticismo do corpo docente, ele tornou-se professor no Trinity College (Cambridge) e foi agraciado com o ingresso na Royal Society de Ciências. Em 1919, adoeceu com tuberculose e voltou para a Índia... Com realização e argumento de Matt Brown ("Ropewalk"), "O Homem Que Viu o Infinito" conta a história verídica de Srinivasa Aiyangar Ramanujan (1887 – 1920), um dos mais influentes gênios matemáticos do século XX. (Sinopse de Cine cartaz <http://cincartaz.publico.pt/Filme/o-homem-que-viu-o-infinito-361842>).

4.2. Filmes de ficção científica

Os próximos dez filmes se encaixam no gênero ficção científica, de alguma maneira, fazem alusão a determinadas possibilidades para o futuro da humanidade. Alguns mais fantasiosos, outros menos, mas todos com um indicativo de como a tecnologia, e a engenharia, poderão, talvez, salvar vidas humanas ou até nos substituir em algumas funções, fato que já é uma realidade atualmente em determinadas situações.

- 10) **2001- Uma Odisseia no Espaço:** Dirigido por Stanley Kubrick, com duração de 142 minutos e lançado em 29 de abril de 1968.

“Considerado pelos críticos como uma das grandes obras primas do cinema, o filme produzido e dirigido por Stanley Kubrick, [...] o filme lida com elementos de tecnologia, tais como efeitos de projeção frontal, técnicas de fotografia *Slit-scan* e inteligência artificial.” (EXAME)

Desde a “Aurora do Homem” (a pré-história), um misterioso monólito negro parece emitir sinais de outra civilização interferindo no nosso planeta. Quatro milhões de anos depois, no século XXI, uma equipe de astronautas liderados pelo experiente David Bowman (Keir Dullea) e Frank Poole (Gary Lockwood) é enviada a Júpiter para investigar o enigmático monólito na nave Discovery, totalmente controlada pelo computador HAL 9000. Entretanto, no meio da viagem HAL entra em pane e tenta assumir o controle da nave, eliminando um a um os tripulantes. (Sinopse de Adoro Cinemas <http://www.adorocinema.com/filmes/filme-27442/>).

11) Passageiros: Dirigido por Morten Tyldum, com duração de 117 minutos e lançado em 5 de janeiro de 2017.

O filme aborda vários assuntos atuais, contando a história de uma viagem interestelar de 120 anos, com mais de 5000 pessoas a bordo de uma espaçonave totalmente autônoma. As pessoas ali presentes estão dormindo numa situação que impede que as mesmas envelheçam e possam chegar ao novo planeta nas mesmas condições que partiram da Terra, mas, após a espaçonave colidir com um meteoro, um homem e uma mulher são acordados 90 anos antes e precisam tomar providências para que os demais passageiros sobrevivam à viagem. O mais interessante é o filme mostrar que naquele futuro haverá uma interação real entre o homem e a máquina. Há um momento em que Jim (Chris Pratt) leva um dos robôs a pensar e ter uma atitude adversa àquela para a qual foi programado.

12) Exterminador do futuro: Dirigido por James Cameron, com duração 108 minutos e lançado em 25 de março de 1985.

“Conceitos de inteligência artificial são o destaque do clássico de ficção científica. [...] Arnold Schwarzenegger interpreta um *ciborgue* – androide cujo esqueleto é recoberto por tecido vivo – que é transportado no tempo com o objetivo de mudar o curso da história e o futuro.” (EXAME)

Num futuro próximo, a guerra entre humanos e máquinas foi deflagrada. Com a tecnologia a seu dispor, um plano inusitado é arquitetado pelas máquinas ao enviar para o passado um androide (Arnold Schwarzenegger) com a missão de matar a mãe (Linda Hamilton) daquele que viria a se transformar num líder e seu pior inimigo. Contudo, os humanos também conseguem enviar um representante (Michael Biehn) para proteger a mulher e tentar garantir o futuro da humanidade. (Sinopse de Adoro Cinemas <http://www.adorocinema.com/filmes/filme-309/>).

O filme aborda, ainda que de forma indireta, uma temática atual e também polêmica acerca da “revolta” das máquinas (computadores dotados de inteligência artificial). No filme,

as máquinas se revoltam contra a humanidade e tentam exterminar o ser humano. Para acelerar sua conquista, as máquinas enviam ao passado um *ciborgue* para matar a mãe do líder da resistência.

- 13) **Revolution OS:** Dirigido por J. T. S. Moore, com duração de 85 minutos e lançado em 12 de março de 2001

“O documentário discute software livre, GNU/Linux, Unix e a cultura hacker, temas muitos presentes nos cursos de engenharia da computação.” (Blog EngenhariaE)

Revolution OS conta a história de hackers que tomaram uma posição contra o modelo de software proprietário e a Microsoft, e criaram o GNU/Linux e o movimento

Software Livre. (Sinopse de Filme: <https://filmow.com/revolution-os-t12292/ficha-tecnica/>).

- 14) **Minority Report:** Dirigido por Steven Spielberg, com duração de 145 minutos e lançado em 2 de agosto de 2002

O filme se passa em 2052, seis meses após a criação dos Pré-Cognitivos ou *precogs*, que são três gêmeos, dois homens e uma mulher capazes de prever um assassinato e do policial John Anderton, vivido por Tom Cruise, chefe dos policiais responsável pelo programa.

No filme, o departamento se prepara para enfrentar um plebiscito para a implantação nacional do programa de prevenção de crimes e que John Anderton descobre uma possível e perigosíssima falha no sistema.

O uso se justifica por discutir um paradoxo importante: “Se eu for preso antes de cometer um crime, mas o estado tem certeza de que cometerei este crime, eu devo ser condenado e pagar por este crime?”. Além disso, apesar de ser um filme de 2002, o mesmo mostra, com detalhes, tecnologias que estão disponíveis para o grande público há poucos anos e outras inovações, que ainda são apenas teorias, como identificação por leitor de íris, telas multi interativas, filmes projetados em hologramas. Carros, aviões e helicópteros semiautônomos e inteligentes também estão presentes no filme.

- 15) **Invasores – Nenhum Sistema está a Salvo:** Dirigido por Baran bo Odar, com duração de 106 minutos, foi lançado em 6 de agosto de 2015.

Benjamim é um gênio da informática com vários traumas de infância e, de repente, se envolve com um grupo de *hackers* cuja principal objetivo é se divertir e chamar a atenção do mundo. Porém, numa de suas invasões mais ousadas, eles acabam expondo outro grupo de *hackers* perigoso e sem escrúpulos.

- 16) **EX–MACHINA: Instinto Artificial:** Dirigido por Alex Garland, com duração de 1h 48 min, foi lançado em 6 agosto 2015.

Caleb é um programador sênior que ganha um concurso para passar uma semana na casa de campo de seu patrão; Nathan Bateman, é um multimilionário e ícone mundial na pesquisa em Inteligência Artificial. Lá, ele descobre que, na verdade, terá que usar o *Teste de*

Turing para testar um robô dotado de uma inteligência artificial em fase de testes. Mas, Nathan programou este robô para seduzir Caleb e tentar fugir da mansão do multimilionário.

- 17) **Círculo de fogo:** Dirigido por Christopher Nolan, com duração de 2h 10min e lançado em 9 de agosto de 2013

Quando várias criaturas monstruosas, conhecidas como Kaiju, começam a emergir do mar, tem início uma batalha entre estes seres e os humanos. Para combatê-los, a humanidade desenvolve uma série de robôs gigantes, os Jaegers, cada um controlado por duas pessoas através de uma conexão neural. Entretanto, mesmo os Jaegers se mostram insuficientes para derrotar os Kaiju. Diante deste cenário, a última esperança é um velho robô, obsoleto, que passa a ser comandado por um antigo piloto (Charlie Hunnam) e uma treinadora (Rinko Kikuchi).

Sinopse de Adoro Cinema <http://www.adorocinema.com/filmes/filme-191289/>.

- 18) **Star Trek:** Dirigido por J.J. Abrams, com duração de 2h 08min e lançado em 8 maio 2009.

James Tiberius Kirk (Chris Pine) é um jovem rebelde inconformado com a morte de seu pai. Certo dia recebe convite para fazer parte da formação de novos cadetes para a Frota Estelar. Uma vez lá conhece Spock (Zachary Quinto), um Vulcano que optou por deixar seu planeta porque é metade humano e discordava do preconceito. Durante o treinamento, e também na primeira missão, os dois vivenciam novas experiências provocadas por seus estilos diametralmente opostos. Assim, Spock, o cerebral, e Kirk, o apaixonado, viverão uma grande aventura ao lado de outros tradicionais integrantes da tripulação da U.S.S. Enterprise, a mais avançada nave espacial da época.

(Sinopse de Adoro Cinemas <http://www.adorocinema.com/filmes/filme-114887/>).

- 19) **Perdido em Marte:** Dirigido por Ridley Scott, com duração de 2h 24min e lançado em 1 de outubro de 2015

Durante uma missão a Marte, uma tempestade inesperada antecipa a volta para a Terra, mas o astronauta americano Mark Watney é deixado devido a um acidente ocorrido com ele. Mas, Watney ainda está vivo. Contra todas as probabilidades, ele deve encontrar uma maneira de entrar em contato com a Terra.

O filme mostra como um cientista-botânico consegue, usando seus conhecimentos de botânica, engenharia e comunicação, sobreviver num ambiente tão hostil quanto na superfície de Marte.

O astronauta Mark Watney (Matt Damon) é enviado a uma missão em Marte. Após uma severa tempestade ele é dado como morto, abandonado pelos colegas e acorda sozinho no misterioso planeta com escassos suprimentos,

sem saber como reencontrar os companheiros ou retornar à Terra. Sinopse de (Adoro Cinemas <http://www.adorocinema.com/filmes/filme-221524/>).

O quadro 13 é uma compilação dos vídeos referidos:

Quadro 9 - Sugestão de dezenove filmes para as aulas de Introdução à Engenharia

Nº	Título	Diretor(es)	Lançamento	Duração
1	Tempos Modernos	Charles Chaplin	5 fev. 1936	87 min
2	Donald no país da Matemática	Luske, Clark, Reitherman e Meador	26 jun. 1959	28 min
3	Ford – O Homem e a Máquina	Allan Eastman	11 maio 1987	200 min
4	Apollo 13	Ron Howard	14 set. 1985	140 min
5	Piratas da Informática	Martyn Burke	20 jun. 1999	95 min
6	U-571 Batalha no Atlântico	Jonathan Mostow	12 out. 2000	120 min
7	A Rede Social	David Fincher	3 dez. 2010	121 min
8	O jogo da Imitação	Morten Tyldum	5 fev. 2015	115 min
9	O homem que viu o Infinito	Matt Brown	22 set. 2016	109 min
10	2001 – Uma Odisseia no Espaço	Stanley Kubrick	29 abr. 1968	142 min
11	Passageiros	Morten Tyldum	5 jan. 2017	117 min
12	Exterminador do Futuro	James Cameron	25 mar. 1985	108 min
13	Revolution OS	J. T. S. Moore	12 mar. 2001	85 min
14	Minority Report	Steven Spielberg	2 ago. 2002	145 min
15	Invasores – Nenhum sistema está a salvo	Baran bo Odar	6 ago. 2015	106 min
16	EX-MACHINA: Instinto Artificial	Alex Garland	6 ago. 2015	108 min
17	Círculo de Fogo	Christopher Nolan	9 ago. 2013	130 min
18	Star Trek	J.J. Abrams	8 maio 2009	128 min
19	Perdido em Marte	Ridley Scott	1 out. 2015	144 min

Fonte: Dados da pesquisa

4.3 Documentários

Após a listagem dos filmes, nos voltamos para a seleção de documentários, a qual se deu em conjunto com a minha orientadora, Elenice Zuin, no sentido de elencarmos propostas que não estivessem presentes nos filmes e que pudessem trazer subsídios para debates e reflexões sobre outras temáticas nas aulas de *Introdução à Engenharia*. A opção por alguns vídeos mais curtos foi proposital, de modo que a exibição não ocupasse todo o horário da aula, com o intuito de que a breve exibição dos audiovisuais fornecesse subsídios para discussões pertinentes a diversos ramos da Engenharia e que a aula fosse mais dinâmica.

Alguns vídeos curtos e documentários que aportam conhecimentos relevantes:

- 1) **Engenheiros arrastam por 60 metros prédio de antiga fábrica na Suíça:** O prédio de uma antiga fábrica suíça precisa chegar 60 metros para trás para dar passagem para as linhas ferroviárias de Zurique. Ao preço de 12,7 milhões de dólares, o prédio foi translocado 60 metros para oeste a uma velocidade de 5 m/h. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=dNHG93Qotok>>. Duração: 1:44 minutos.

- 2) **O famoso Acelerador de Partículas – LHC:** Documentário que trata da maior máquina já construída pelo homem e que permitiu a confirmação da existência do *Bóson de Higgs*²¹. O LHC – *Large Hadron Collider* – faz parte do projeto da Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear, localizada em Meyrin, Genebra, se constituindo no maior laboratório de Física de partículas, com 22 estados-membros. No link: <https://www.youtube.com/watch?v=xDHIOS8yVOs> há a reportagem da *Globo News* mostrando o sucesso da primeira experiência feita com o LHC. Duração: 2:46 minutos.

- 3) **50 Anos da Apollo 4 - O primeiro lançamento de um Saturno V – Space Today TV - Ep. 952:** No dia 9 de novembro de 1967, um dos projetos mais grandiosos da humanidade dava seus primeiros passos definitivos, o lançamento do primeiro foguete ao espaço. Este vídeo trata da complexidade e grandiosidade do fato. Disponível em: <<https://youtu.be/Dgj1JKdoEKE>>. Duração: 4:27 minutos.

- 4) **Júlio Cesar – Gália – Ponte sobre o Reno:** Conta o que motivou o Imperador Caio Júlio César (100 a.C. - 44 a.C.) a construir uma ponte sobre o rio Reno e a grandiosidade deste feito. [Propicia a discussão de soluções inventivas com madeira para a construção da ponte.](#)
Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=tUQhKyEsocI>>.
Duração: 7:14 minutos.

- 5) **Sete maiores construções já transportadas pelo homem:** Neste documentário, são apresentados sete itens de dimensões gigantescas que foram transportadas por estradas de todo o mundo, o que gerou uma necessidade de planejamento e logística bastante complicados. Este breve documentário possibilita a discussão sobre determinados tipos de projetos, bem como os custos e estratégias para execução e transporte para a continuação do projeto ou para um equipamento chegar ao seu destino final.
As grandes construções listadas são:
 - a) Ímã Múon G-2;
 - b) Ônibus Espacial Endeavour;
 - c) Espelhos para o maior telescópio do mundo;
 - d) Turbina a Gás Harriet;
 - e) Reator Nuclear;
 - f) Bagger 288;
 - g) Plataforma Marítima Troll A.
 Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=2N4J67fxmW4>>.

²¹É uma partícula subatômica que os físicos acreditam ser responsável por dar massa às demais. Os cientistas formulam teorias para entender melhor como as partículas subatômicas formam os átomos, a matéria e as forças que agem sobre ela. A principal dessas teorias é conhecida como Modelo Padrão e a descoberta do bóson serviu para comprová-la. A comprovação dessa partícula vinha sendo perseguida desde 1964, até que, em 2012, finalmente um experimento atestou (com 99,999...% de certeza) sua existência. A descoberta foi importante, porque a confirmação de um modelo hipotético abre novos horizontes para compreender o funcionamento do Universo e até a existência de novas partículas. Porém isso é só o começo, pois o Modelo Padrão só explica 4,6% do conteúdo do Universo.

Duração 7:51 minutos

- 6) **Os segredos do Duomo Cúpula – Sta. Maria del Fiore:** Um breve documentário sobre a Cúpula da catedral de Santa Maria del Fiore, importante monumento que reestabeleceu a Glória de Roma. Na presente dissertação, já mencionamos esta construção, a qual começou a ser construída em Florença em 1200 por Arnolfo de Cambio e finalizada em 1436 por Filippo Brunelleschi.
Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=BqjxFF_6o8E>.
Duração de: 9:17 minutos.

- 7) **Qual a diferença entre sinal analógico e digital?** Um vídeo que explica a diferença não só entre sinal digital e analógico, mas a diferença entre as duas tecnologias, numa linguagem simples e bastante didática.
Disponível em: <https://youtube/p31QU-PmJGU>. Duração: 9:22 minutos.

- 8) **O Maior Foguete da NASA: Saturno 5 - Ep #172:** O dono do *Canal Aviões e Músicas* visita o foguete *Saturno 5* nas instalações da NASA. *Saturno 5* é o primeiro foguete a levar o homem ao espaço. Além de mostrar o foguete de perto, ele conta a história do mesmo além de passar algumas especificações técnicas deste foguete que tem grande importância histórica.
Disponível em: <<https://youtu.be/n8OC8fjLO3E>>. Duração: 9:53 minutos.

- 9) **Taylor, Ford e Fayol - Trabalho de TGA:** Este documentário detalha as teorias de Frederick Winslow Taylor (1856-1915), fundador da Escola Científica da Administração, e organização do Trabalho, com o objetivo de aumentar a eficiência industrial. São também evidenciados os personagens Henry Ford (1863-1947) e Jules Henri Fayol (1841-1925), outros dois grandes colaboradores destas teorias, até hoje estudadas nos cursos de Engenharia de Produção e tão aplicado em indústrias de todo o mundo.
Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=7r7I5SJBSVQ>>
Duração: 12:36 minutos.

- 10) **Nikola Tesla o maior gênio da nossa História:** Conta a história Nikola Tesla (1856-1943), natural de Smiljan, no Império Austríaco, o verdadeiro responsável pela revolução elétrica no mundo. São creditadas a ele mais de 700 invenções, com mais de 300 patentes em 50 países, duas delas registradas no Brasil.
Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Xehac86G7qQ>>
Duração: 19: 05 minutos.

- 11) **História da Engenharia:** Um vídeo do *Instituto de Engenharia de São Paulo*, narrado pelo então presidente do Instituto, é uma síntese do *Projeto Memória da Engenharia* que se propõe a ser “um resgate da história nacional através dos feitos da engenharia”. São apresentadas entrevistas de importantes engenheiros que, de alguma maneira, ajudaram a construir a história do nosso país.
Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=tVbsAMtm0rg>>.

Duração: 19:55 minutos.

- 12) **O rádio de Marie Curie – Os seis experimentos que mudaram o mundo:** O quinto de seis vídeos que contam a história dos seis experimentos que mudaram o mundo. Este foi escolhido em especial por abordar a história de Marie Skłodowska Curie (1867-1934), nascida em Varsóvia – uma mulher que resolveu viver a sua vida dedicada à ciência. Abandonou a casa de seus pais na Polônia em outubro de 1891, aos 24 anos, uma vez que lá não era permitido que as mulheres fossem à Universidade; para ir para a França, a cidade da inovação, onde ela poderia finalmente estudar em uma universidade. Enfrentou a pobreza, a dificuldade de adaptação com a língua e o preconceito por ser mulher só para estudar Química em uma grande universidade. *“Estava tão centrada na oportunidade de ser uma estudante e isto era tão importante para ela, que na minha opinião a pobreza não tinha importância para ela. Mais tarde ela descreveu este período como uma fase em que sentiu uma sensação preciosa de liberdade”* (trecho do documentário). Além de contar a história de Marie Curie, o vídeo exalta sua pesquisa pioneira no ramo da radioatividade.
Disponível em: < https://www.youtube.com/watch?v=Xp_jYDe8nUM&t=155s >, Duração: 21:52 minutos.
- 13) **Inventos da Antiguidade - Carros e Aviões:** O documentário faz parte de uma série que relata a descoberta, invenção e idealização de máquinas ao longo da história da humanidade. Segundo a abertura dos vídeos, ela “conta a história do homem: da invenção da roda à conquista dos céus”. Este vídeo comenta a existência de vários modelos e projetos de carros, foguetes e aeronaves da antiguidade, feitos por civilizações antigas de todo o planeta, desde os Incas até a China Antiga.
Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=2DGGWQHNTng> >. Duração: 44:52 minutos.
- 14) **Mega Construções – Viaduto Millau:** O arquiteto inglês Norman Foster e o engenheiro francês Michel Virlogeux assinam o projeto da ponte rodoviária mais alta do mundo, com uma altura de 343 metros. Uma megaestrutura sobre um dos vales mais profundos no sul da França, constituído por um grande desfiladeiro. A equipe que a edificou enfrentou três grandes desafios: construir a ponte de cabo fixa mais alta do mundo; depois, colocar uma via expressa de 36 mil toneladas em cima desta ponte; erguer sete torres de aço de 700 toneladas cada uma, a uma altura maior que a da Torre Eiffel, no período de outubro de 2001 a dezembro de 2004. As técnicas empregadas nessa construção foram inovadoras.
Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=IXsLJ9EynT0> >. Duração de 45 minutos.
- 15) **Mega Máquinas – Lamborghini Aventador:** Aborda a temática de como a empresa italiana teve que se reinventar, com a proposta de “superar os concorrentes criando o melhor carro superesportivo que o mundo já viu”. O *supercarro* foi apresentado no *Salão do Automóvel de Genebra* em fevereiro de 2011. Para além

do projeto e do processo de montagem, o documentário possibilita discussões sobre o “chão da fábrica”, das equipes de trabalho, testes de qualidade, etc.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Bu_OLAvzkxU>.

Duração de 45 minutos.

- 16) **Inventos da Antiguidade – Máquinas do Oriente:** Uma ótima referência para a história da Antiguidade e para a necessidade de se resgatar tal história. Este documentário possibilita diversas discussões sobre como determinados inventos partem de ideias executáveis com materiais simples e de como algumas foram fundamentais para implementar inventos posteriores e que devem ser conhecidas pelo fato de poderem servir como base ou inspiração para novos projetos no futuro.

Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=3T4-XeDI6LE>>

Duração: 45:04 minutos.

- 17) **Mega Máquinas – Bugatti Veyron:** Retrata a construção do *Bugatti Veyron*, o principal Supercarro já construído. Um projeto muito complexo, já que é o único motor W16 e 1001 hp de eficiência, pois, como o vídeo indica, o mesmo tem 3000 hp. Por que esse carro é tão especial? Pelo fato de ser parte automóvel e parte avião – construído com a utilização de técnicas da indústria da aviação e materiais empregados em aeronaves – podendo deslocar-se a quase um terço da velocidade do som.

Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=pLNgs2s-3538>>.

Duração 45: 13 minutos.

- 18) **O Primeiro Computador do Mundo:** O *Mecanismo de Antikythera* (pronúncia *Anticítera*) é um computador analógico descoberto em 1901, que data de 2000 a.C., construído na Grécia antiga. Um mecanismo que podia prever eclipses e os horários de suas ocorrências. O documentário mostra que o mecanismo foi executado com grande precisão para a época.

Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=7Jy4n8QkrMA>>.

Duração: 53:21 minutos.

- 19) **A História da Eletricidade:** São três vídeos que se propõem a contar a história da eletricidade no mundo. Como foi descoberta, como foram feitas as primeiras transmissões e as revoluções tecnológicas que esta descoberta nos permitiram?

Todos têm duração de 59 minutos com os títulos:

a) “A história da eletricidade: ep.1 A faísca”.

Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=rAqUvE97iCU&t=1s>>

b) “A história da eletricidade: ep.2 A era da invenção”.

Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=t5m-9vjCe1g>>.

c) “A história da eletricidade: ep. 3 Revelações e Revoluções”.

Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=BkkoaXCLYGI>>

- 20) **101 Invenções que mudaram o mundo:** Apresenta a lista da *Popular Mechanics* dos 101 inventos mais populares de todos os tempos. Esse documentário pro-

porciona uma gama de discussões e reflexões sobre diversos inventos. Muitos dos inventos podem servir para debates e pesquisas para os alunos, discutindo-se as ideias, os percalços e os pré-requisitos necessários para que determinada invenção viesse a ser concebida e executada.

Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=4SrAQvG0rmk>>.

Duração: 85:30 minutos.

- 21) **Ponte mergulha no oceano para conectar Dinamarca e Suécia:** É exibida a construção de uma ponte de, aproximadamente, 16 km de extensão, que liga a Dinamarca à Suécia e os problemas para sua edificação. Localizada no Estreito de Öresund, a ponte de mesmo nome, vence um vão de 16 km de água, ligando Copenhague, na Dinamarca, a Malmö, na Suécia. A construção consta de três partes: a ponte (7,845 km), o túnel submarino (3,510 km) e a ilha artificial de Pepparholm (4,055 km). Foi inaugurada em 1º de julho de 2000, com um centro de comando de alta tecnologia, um sistema complexo de computadores para monitorar a estrutura, o tempo todo – 256 câmaras e 30 mil pontos de informação.

Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=iDJabzyF27E>>.

Duração: 1:29:13 h.

- 22) **A Verdadeira Lenda da Torre Eiffel:** Documentário que conta como foi a construção da Torre Eiffel, dando ênfase ao francês Alexandre Gustave Eiffel (1832-1923) e toda sua genialidade, além de tratar de algumas especificidades não só da torre, mas também de outras grandes obras do engenheiro. Duração: 94:57 minutos. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=dXCe_7f6a7M>

O 15º e o 17º documentários podem ser explorados nos cursos de Engenharia Mecânica, Mecatrônica, Computação, Elétrica, Eletrônica e Produção, discutindo-se sobre planejamento de projetos e estratégias para executá-los.

Quadro 10 - Lista da sugestão de vinte e dois documentários para as aulas de Introdução à Engenharia

Nº	Título	Link	Duração
1	Engenheiros arrastam por 60 metros prédio de antiga fábrica na Suíça	https://www.youtube.com/watch?v=dNHG93Qotok	1:44 min
2	O famoso Acelerador de Partículas – LHC	https://www.youtube.com/watch?v=xDHIOS8yVOs	2:46 min
3	50 Anos da Apollo 4 – O Primeiro Lançamento de Um Saturno V – Space Today TV Ep.952	https://youtu.be/Dgi1JKdoEKE	4:27 min
4	Júlio Cesar – Gália – Ponte sobre o Reno	https://www.youtube.com/watch?v=tUQhKyEsocI	7:14 min
5	Sete maiores construções já transportadas pelo homem	https://www.youtube.com/watch?v=2N4J67fxmW4	7:15 min
6	Os segredos do Duomo Cúpula – Sta. Maria del Fiore	https://www.youtube.com/watch?v=BqjxFF_6o8E	9:17 min
7	Qual a diferença entre sinal analógico e digital?	https://youtube/p31QU-PmJGU	9:22 min
8	O Maior Foguete da NASA: Saturno 5Ep #172	https://youtu.be/n8OC8fjLO3E	9:53 min
9	Taylor, Ford e Fayol - Trabalho de TGA	https://www.youtube.com/watch?v=7r7I5SJSVQ	12:36 min

Nº	Título	Link	Duração
10	Nikola Tesla o maior gênio da nossa história	https://www.youtube.com/watch?v=Xehac86G7qQ	19: 05 min
11	História Da Engenharia	https://www.youtube.com/watch?v=tVbsAMtm0rg	19:55 min
12	O rádio de Marie Curie – Os seis experimentos que mudaram o mundo	https://www.youtube.com/watch?v=Xp_jYDe8nUM&t=155s	21:52 min
13	Inventos da Antiguidade - Carros e Aviões	https://www.youtube.com/watch?v=2DGGWQHNTng	44:52 min
14	Mega Construções – Viaduto Millau	https://www.youtube.com/watch?v=IXsLJ9EynT0	45 min
15	Mega Máquinas – Lamborghini Aventador	https://www.youtube.com/watch?v=Bu_OLAvzkxU	45 min
16	Inventos da Antiguidade – Máquinas do Oriente	https://www.youtube.com/watch?v=IGyOFhWNKts	45:04 min
17	Mega Máquinas – Bugatti Veyron	https://www.youtube.com/watch?v=pLNq2s-3538	45:13min
18	O Primeiro Computador do Mundo	https://www.youtube.com/watch?v=7Jy4n8QkrMA	53:21 min
19	A História da Eletricidade	https://www.youtube.com/watch?v=rAqUvE97iCU&t=1s	59 min
20	101 Invenções que mudaram o mundo	https://www.youtube.com/watch?v=4SrAQvG0rmk	85:30 min
21	Ponte mergulha no oceano para conectar Dinamarca e Suécia	https://www.youtube.com/watch?v=iDJabzyF27E	89 min
22	A Verdadeira Lenda da Torre Eiffel	https://www.youtube.com/watch?v=dXCe_7f6a7M	94:57min

Fonte: Dados da pesquisa

Todos estes filmes e documentários estão intimamente ligados ao trabalho do engenheiro, quer seja como no clássico *“Tempos Modernos”*, que possui diversos elementos para discussão e reflexão nos aspectos sócio-econômico-políticos, além de uma vertente para a questão profissional, ou em o *“Jogo da Imitação”*, que mostra os conflitos de Alan Turing considerado um dos precursores da computação moderna.

A rede social *YouTube* possui uma gama de vídeos, com variadas informações. No próprio *site* existe um campo de busca e se digitarmos os termos “Megamáquinas” ou “Megaconstruções” pode ser selecionado grande número de vídeos com diversas dados úteis para vários campos de atuação das engenharias – esses são episódios das séries *Extreme Machines* e *Extreme Engineerin* que vão ao ar através dos canais *Discovery Channel* e *Science Channel*.

Reforçamos que, ao se propor que uma turma assista a um vídeo, deve-se expor qual o objetivo em trazer aquele filme e, principalmente, promover um debate após a apresentação do mesmo. Outra sugestão é que se proponha ao aluno que ele assista aos documentários ou filmes e, posteriormente, apresentar por escrito, ou oralmente, quais foram suas percepções sobre a engenharia (nos aspectos mais gerais ou específicos sobre seu curso) que estão presentes naquele vídeo, quais as informações obtidas, quais os pontos do filme/documentário mu-

daram suas concepções sobre a profissão. Temas para pesquisas individuais ou em grupo podem surgir a partir de determinados aspectos presentes ou não nos audiovisuais.

Como, já mencionado, os filmes e documentários podem ser exibidos durante a aula ou propostos para o estudante assistir em horário extracurricular. Em um ou outro caso, o debate envolvendo todos os alunos pode proporcionar outros olhares, questionamentos e esclarecimentos, promovendo ações reflexivas e uma ampliação dos conhecimentos para os discentes.

REFERÊNCIAS

ABEPRO - Associação Brasileira de Engenharia de Produção. **Engenharia de Produção: Grande Área e Diretrizes Curriculares**. Documento elaborado nas reuniões do grupo de trabalho de graduação em Engenharia de Produção, promovidas pela ABEPRO e realizadas durante o XVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (XVII ENEGEP, Gramado, RS, 6 a 9 de outubro de 1997) e durante o III Encontro de Coordenadores de Cursos de Engenharia de Produção (III ENCEP, Itajubá, 27 a 29 de abril de 1998).

Disponível em: <www.ufjf.br/proengprod/files/2010/04/DiretrCurr19981.rtf>

Acesso em: 28 de nov. 2017.

ADDIS, Bill. **Edificação: 3000 anos de projeto, engenharia e construção**. São Paulo: Bookman, 2009.

AMORA, Antônio Soares. **Minidicionário Soares Amora da língua portuguesa**. 19. ed. São Paulo: Saraiva, 2009

AZEVEDO, Leonário Gondim ; CARVALHO SEGUNDO, Francisco Adalberto Pessoa de. O Conhecimento dos estudantes de Engenharia sobre o CONFEA e sua importância. In: SEMANA OFICIAL DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 72., 2015. Fortaleza. **Anais...** Ceará: CONFEA, 2015.

Disponível em: <https://docgo.net/philosophy-of-money.html?utm_source=o-conhecimento-dos-estudantes-de-engenharia-sobre-o-confea-e-sua-importancia> Acesso: 20 fev. 2018.

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

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais das engenharias**. Brasília-DF: Ministério da Educação e Cultura, 2002.

BRASIL. **Resolução nº 5, de 2 de fevereiro de 2006** -Institui as Diretrizes Curriculares para o curso de graduação em Engenharia de Pesca e dá outras providências. Disponível em:

<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/rces05_06.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2018.

CARAÇA, Bento de Jesus. **Conceitos fundamentais da Matemática**. 5. ed. Lisboa: Gradiva, 2003.

CARVALHO, Paulo Celso Russi de. O primeiro livro de Resistência dos Materiais publicado no Brasil. **Revista do Ensino de Engenharia**, v.33, n. 1, p. 57-64, 2014.

CONFEA, 1973. Disponível em:

<<http://normativos.confea.org.br/ementas/visualiza.asp?idEmenta=266&idTiposEmentas=5&Numero=218&AnoIni=&AnoFim=&PalavraChave=&buscarem=conteudo&vigente=>>>

CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA – CONFEA. **História**. Disponível em: <<http://www.confea.org.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=917>> Acesso em: 1 maio 2017.

CUNHA, Luiz Gonzaga Alves da. **Estudo do comportamento de funções por meio da análise de suas derivadas, utilizando objeto de aprendizagem em ambientes educacionais informatizados**. 2014. 152 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

D'AMBROSIO, Ubiratan. Sociedade, cultura, matemática e seu ensino. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 99-120, jan./abr. 2005.

DOMINGUES, Nilton Silveira. **O papel do vídeo nas aulas multimodais de Matemática Aplicada: uma análise do ponto de vista dos alunos**. 2014. 125. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática) – Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Rio Claro, 2014.

E-MEC: <<http://emec.mec.gov.br/>>. Acesso em: 3 ago. 2016.

ENADE, Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes. 2008. **Prova de Engenharia Grupo IV**. Questão 21. Disponível em: <<http://www.eq.ufc.br/Enade2008.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 17

ENGENHARIAE, Canal de Notícias. Disponível em: <<http://engenhariae.com.br/>>. Acesso em: 4 jan. 2018.

ESTEVES, Mario Aníbal Simon *et al.* Reestruturação da disciplina Introdução à Engenharia na Faculdade de Engenharia de Resende – uma proposta com base nas metodologias ativas de aprendizagem. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 12., 2015, Resende. **Anais...** Resende: AEDB, 2015. Disponível em: <<https://seer.imed.edu.br/index.php/REBES/article/view/1222>>. Acesso em 10 fev. 2018.

GAMA, Ruy. **História da técnica e da tecnologia**. São Paulo: EDUSP, 1985. v. 4.

G1. Engenharia civil é território dos homens, dos bons salários e do emprego farto? Veja o que é fato na carreira.

Disponível em: <<https://g1.globo.com/educacao/guia-de-carreiras/noticia/engenharia-civil-e-territorio-dos-homens-dos-bons-salarios-e-do-emprego-farto-veja-o-que-e-fato-na-carreira.ghtml>> . Acesso em: 21 nov. 2017.

GUIA do estudante.

Disponível em: <<http://guiadoestudante.abril.com.br/fotos/veja-qualis-sao-35-cursos-Engenharia-existem-brasil-694665.shtml#0>>. Acesso em: 3 ago. 2016.

GUIA DO ESTUDANTE. Engenharia da Computação: profissão e mercado.

Disponível em: <<http://www.guiadacarreira.com.br/guia-das-profissoes/engenharia-computacao/>>. Acesso em: 21 nov. 2017.

GUIMARAIS, Yara Patrícia Barral de Queiroz. **Exploração de convergência em tópicos de cálculo diferencial, integral e numérico, usando os softwares VCN e Geogebra**. 2010. 192 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

INSTITUTO DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO, **História do Instituto**, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://www.ie.org.br/site/instituto/index/id_sessao/18/id_texto/14/Hist%C3%B3ria>. Acesso em: 17 jul. 2017.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, Ciência e Tecnologia – IF Rio de Janeiro.

Disponível em: <<http://www.proeja.com/311news/historiatel.html>>. Acesso em: 1 maio 2017.

HISTÓRIA do Instituto Presbiteriano Mackenzie. Instituto Presbiteriano Mackenzie. São Paulo, 2017.

Disponível em: <<http://up.mackenzie.br/ipm/o-instituto/historia-do-instituto/>> . Acesso em: 9 jul. 2017.

HOLTZAPPLE, Mark Thomas; REECE, Warren Dan. **Introdução à engenharia**. Tradução de J. R. Souza. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

LINDENBERG NETO, Henrique. Ensinando História da Engenharia de Estruturas a alunos de Engenharia Civil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 30., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: UNIMEP/COBENGE, 2002. v.1. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/6015348-Ensinando-historia-da-engenharia-de-estruturas-a-alunos-de-engenharia-civil.html>>. Acesso em: 9 jul. 2017.

LUCENA, Luiz Castelliano. **Um breve histórico do IME** – Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2005.

Disponível em: <www.ime.eb.br/arquivos/Noticia/historicoIME.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2017.

MARINS, Carlos Nazareth Mota. Entrevista concedida a James Crawford Júnior. Santa Rita do Sapucaí, 27 jul., 2016.

MARQUES, Rodrigo Victor. **Arquitetura das estrelas**: os princípios de harmonia e a gestão sustentável. Rio de Janeiro: E-papers, 2008.

MORAN, José Manuel. O vídeo na sala de aula. **Comunicação e educação**, São Paulo, v.1, n.2, p. 27-35, jan./abr. 1995.

MOREIRA, Heloi; SALGADO, Luiz Antônio. As origens da Escola Politécnica da UFRJ (1ª parte). **Boletim de Divulgação da A³P**, Associação dos antigos alunos da Polytechnica, n. 165, p. 2-3, set. 2008.

PEREIRA, Tânia Regina Dias Silva. O Ensino de Engenharia, a disciplina Introdução à Engenharia e as Diretrizes Curriculares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 29., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUC RS/COBENGE, 2001. p. 103-108. v.1.

RANK Brasil:

<[http://www.rankbrasil.com.br/Recordes/Materias/0WzM/Primeiro Telefone Do Brasil](http://www.rankbrasil.com.br/Recordes/Materias/0WzM/Primeiro_Telefone_Do_Brasil)>. Acesso em: 31 jul. 2017.

RENATO, Flávio. **A história dos telefones celulares**. 2012.

Disponível em: <<http://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2012/06/historia-dos-telefones-celulares.html>> Acesso em: 7 ago. 2017.

REIS, Júlio Paulo Cabral dos. **A criação de um objeto de aprendizagem para a resolução de problemas de fenômenos físicos com a utilização de taxas relacionadas**. 2013. 184f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

SANTONI RUGIU, Antonio. **Nostalgia do mestre artesão**. Tradução de Maria de Lourdes Menon. Campinas: Autores Associados, 1998.

SILVA, Larissa da. **História das Engenharias e Evolução da Engenharia Civil**. 2014.

Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgIRMAAB/historia-das-engenharias-evolucao-engenharia-civil>>. Acesso em: 20 maio 2017.

SILVA, Rosilma Ventura da; OLIVEIRA, Elisangela Mercado de. As possibilidades do uso do vídeo como recurso de aprendizagem em salas de aula do 5º ano. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DE ALAGOAS, 5., 2010, Maceió. **Anais...** Maceió: UFAL 2010.

STEWART, James. **Cálculo**. 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014. v.1.

TELLES, Pedro Carlos da Silva. **História da Engenharia no Brasil**: séculos XVI a XVII. Rio de Janeiro: Clavero, 1994.

TELLES, Pedro Carlos da Silva. **História da Engenharia no Brasil**: século XX. Rio de Janeiro: Clavero, 1993.

TELLES, Pedro Carlos da Silva. A influência francesa na engenharia brasileira do século XIX. **Revista Abigraf**, p. 33-36, mar. 1998.

THOMAS, George B. **Cálculo**. 11. ed. São Paulo: Pearson, 2008. v.1.

VALENTE, Wagner Rodrigues. **Uma história da matemática escolar no Brasil (1730 – 1930)**. 2.ed. São Paulo: Annablume, 2007.

ZUIN, Elenice de Souza. Cálculo: uma abordagem histórica. In: LAUDARES, João Bosco; LACHINI, Jonas (orgs). **Educação Matemática: a prática educativa sob o olhar de professores de Cálculo**. Belo Horizonte: FUMARC, 2001. p. 13-38.