

A HISTÓRIA DA ENGENHARIA ELÉTRICA DE FORMA LÚDICA

1 INTRODUÇÃO

A palavra "lúdica" não tem uma tradução específica e inexistente em muitos idiomas. De modo geral, as atividades estão relacionadas ao conceito de jogo, brincadeira e diversão. Por conta disso, muitas vezes, a ludicidade é excluída do meio educacional, especialmente em metodologias mais engessadas. Com o objetivo de quebrar este paradigma iremos abordar a História da Engenharia Elétrica, apresentamos o desenvolvimento do conhecimento sobre a Eletricidade e suas aplicações em ordem cronológica desde os primórdios da humanidade, e evidenciamos o processo de construção dos fundamentos da Engenharia Elétrica, também tratamos sobre o histórico dos medidores utilizados na Engenharia Elétrica. A história da geração, transmissão e distribuição de energia elétrica é citada e finalmente fazemos considerações sobre o ensino da Engenharia Elétrica. Os fatos históricos relativos à Engenharia Elétrica têm sido registrados na literatura especializada muitas vezes em âmbito regional, outras vezes são registrados fatos importantes que ocorreram em um determinado período. O objetivo deste trabalho é incorporar estes fatos de maneira ordenada, em ordem cronológica e com geografia ampla de modo a motivar os interessados em Engenharia Elétrica que este tema não é inacessível.

2 PRIMÓRDIOS DA HISTÓRIA DA ENGENHARIA ELÉTRICA

Os Sumérios tinham conhecimento sobre a existência da Eletricidade e sobre materiais condutores como o cobre, a prata e o ferro, isto em torno de 2500 AC. Este povo fazia aplicação deste saber para a deposição de prata sobre vasos de cobre, conforme as peças descobertas ao sul do Iraque e analisadas pelo arqueólogo alemão Dr. Wilhelm Konig. Estes vasos eram utilizados em rituais sagrados. Estas informações sobre a Eletricidade são dignas de registro na literatura especializada de Eletricidade e Engenharia Elétrica, embora a descoberta da eletrodeposição ou galvanização tenha sido atribuída a Galvani somente em 1780, aproximadamente 4.200 anos após os Sumérios (KANANI, 2004). Os Partias, dinastia descendente dos Sumérios na Mesopotâmia, viveram no período do século III AC. Eles conheciam a Eletricidade, os materiais condutores dela como o ferro e o cobre, os materiais isolantes como o betume e a argila seca e, construíram a chamada Bateria de Bagdá, Figura 1, encontrada no sítio arqueológico da vila de Khujut Rabu em Bagdá. Esta bateria era utilizada para gerar a Eletricidade. Esta descoberta também foi realizada pelo Dr. Konig, embora a invenção da bateria elétrica seja atribuída a Volta somente em 1801 da nossa era, aproximadamente 2.100 anos após os Pártias (JARVIS, 1960).

Os chineses conheciam a eletricidade originada da pedra magnetita e construíram agulhas magnéticas aproximadamente em 2637 AC, no período do Imperador Huan-Ti. O primeiro texto chinês conhecido escrito em 1080 DC trata sobre a bússola magnética, um século antes da primeira menção desta na Europa. De acordo com o livro "Ming Xi Bi Tan" escrito pelo cientista astrônomo Shen Kua no século XI, durante a Dinastia Song existiam vários tipos de agulhas magnéticas em bússolas chinesas: a flutuante de ferro em formato de peixe, a colher de magnetita - Figura 2, a seca, e a suspensa por fio de seda. Dentre os vários tipos de bússolas as mais utilizadas são a Ssu-Nan no período 475-221 AC, a San-



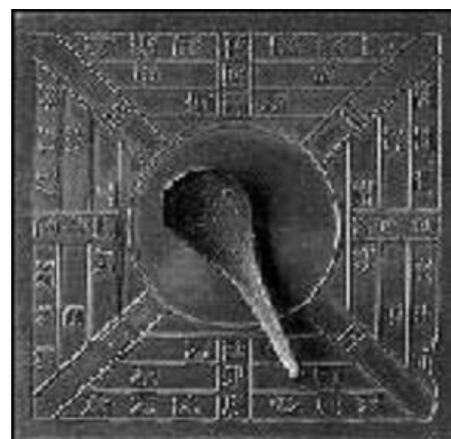
He em 1127, e a Luo Pan, cujos padrões observados nesta bússola ancestral formam as bases das bússolas Luo Pan utilizadas pelos chineses na atualidade para orientação geográfica. Os chineses desenvolveram técnicas de magnetizar o ferro, que foram utilizadas na construção de agulhas magnéticas mais precisas. Os Gregos conheciam os ímãs ou a magnetita e construíram uma bússola no período 624-558 AC, que era utilizada nas navegações pelo Mar Mediterrâneo. O conhecimento e a aplicação da Eletricidade em forma de magnetismo nessas bússolas eram disseminados entre os chineses e gregos. Também neste período os gregos conheciam as propriedades da resina vegetal chamada de âmbar, a qual ao ser atritada adquiria a propriedade de atrair corpos leves, conforme os escritos de Tales de Mileto, um dos sete sábios da Grécia. Há registros históricos que evidenciam contatos entre os Gregos e os Chineses através da Índia, no Século V, AC. Nesta época os Chineses conheciam as propriedades eletrostáticas do âmbar trazido da Birmânia e da Malásia. A Eletricidade estática era conhecida na Ásia. (NEEDHAM, 1962). A bússola foi trazida da China pelos Árabes para o Ocidente, e se tornou conhecida como instrumento útil à navegação; e a partir disto os fenômenos magnéticos começaram a ser alvo de pesquisas, devido aos contatos que ocorreram durante a batalha do Rio Talas, região atual do Uzbequistão, em 751 DC e no Século IX nas colônias de Canton e Hangchow.

para as bússolas (KUO-SHENG, 2010).

Figura 1 – Bateria de Bagdá



Figura 2 – Bússola chinesa antiga



2.1 França

Na França, em 1269, Pierre Pèlerin de Maricourt fez experimentos com ímãs e escreveu a "Carta sobre o Magneto de Pedro Peregrino de Maricourt para Sygerus de Foucaucourt, Militar", chamada simplesmente "Epístola do Magneto". A carta é endereçada a Suggesterius (Syger, Sygerius), cavaleiro de Foucaucourt, seu amigo e vizinho. Ela explica como identificar os polos de uma bússola, descreve as leis da atração e repulsão magnéticas, bem como a descrição de bússolas, as quais poderiam direcionar seus passos para qualquer lugar do mundo. A visão que Pièrre tinha e que transmitiu ao seu amigo, sobre as possibilidades de utilização da bússola eram extraordinárias para a época. Pièrre aprimorou a bússola apoiando a agulha de magnetita sobre um pivô e, colocou sua montagem no centro e sobre uma escala circular graduada com as direções geográficas.



Figura 4.1 – Linha de tempo dos Fundamentos da Engenharia Elétrica

C.A.Coulomb França Forças Eletrostáticas e Campo elétrico	J. Watt Escócia Condensador à vapor e Potência	A.G.A.A.Volta Itália Pilha elétrica				H. C. Oersted Dinamarca Campo Magnético e Corrente	M. Faraday Inglaterra Indução magnética Leis da Eletrolise Eletrostática	A. M. Ampère França Corrente elétrica Força Eletromagnética		
1736	1765	1801				1820	1821	1822		
		1780	1802	1803	1811	1820	1821	1824	1825	
		L. Galvani Itália Eletricidade galvânica Galvanização	H. Davy Inglaterra Teoria Eletroquímica	Vasilli V. Petrov Rússia Arco elétrico	S. D. Poisson França Potencial eletrostático	J. Schweigger Alemanha I. Pogendorff Efeito multiplicador N espiras	Thomas Seebeck Prússia Termoeletricidade	F.J.D. Arago França Eletromagnetização	W. Sturgeon Inglaterra Eletroímã	
G. S. Ohm Alemanha Resistência Elétrica Resistividade	J. Henry EUA Indutâncias própria e mútua	W. E. Weber Alemanha Fluxo Magnético	C. F. Gauss Alemanha Eletrostático e Magnético	J. P. Joule Inglaterra Teoria Mecânica do Calor	J. C. Maxwell Escócia Equações do Eletromagnetismo	W. von Siemens Alemanha Conduvidade Gerador elétrico	H. R. Hertz Alemanha Ondas Eletromagnéticas Frequência	N. Tesla Croácia Gerador de Corrente Alternada		
1826	1830	1833	1838	1842	1855	1866	1888	1894		
1827	1833	1834	1845	1847	1855	1858	1859	1868	1876	
J. B. Biot França F. Savart Campo magnético e corrente	W. Ritchie Inglaterra Gerador de ímãs permanentes	H. F. Lenz Rússia Sentido da fem induzida	G. R. Kirchhoff Alemanha 1a. Lei - nó elétr 2a. Lei - malha elétrica fechada	H. Helmholtz Alemanha Lei da Conservação da energia	J.B.L. Foucault França Correntes parasitas	Primeiro cabo elétrico transatlântico entre América e Europa	Gaston Plante França Bateria elétrica chumbo-ácida	C.Wheatstone Inglaterra Auto-falante	J.B.Kerze Rússia Lâmpada a arco voltaico	

Figura 4.2 – Linha de tempo dos Fundamentos da Engenharia Elétrica

1876	1878	1890	1891	1906	1909	1911	1913	1918	1920	1924	1922	
A.Graham Bell EUA Telefone elétrico	T. A. Edison EUA Lâmpada elétrica incandescente Sistema de CC e iluminação nos EEUU	Londres Inglaterra Ferrovia elétrica subterrânea	M. O. Dolivo Dobrovolskii Rússia Sistema trifásico Motor assíncrono trifásico	Lee DeForest EUA-Alemanha R. von Lieben Válvula termiônica com grade	R. Marconi Itália-Alemanha K. F. Braun Telegrafo sem fio	G. Westinghouse EUA Sistemas de corrente alternada e iluminação nos Estados Unidos	H. K. Onnes Países Baixos Supercondutividade	H. A. Lorentz Holanda Campo magnético e radiações	União Soviética Telefonia automática	Louis de Broglie França Mecânica Quântica	Neils Bohr Dinamarca Modelo atômico	
J. L. Baird Escócia Televisão analógica	Osram Lâmpada fluorescente	IBM EUA Computador eletrônico com válvulas e relés	Bell EUA Célula solar	EUA Geração de energia elétrica nuclear	J. Bardeen EUA W. H. Brattain W. B. Schockley Semicondutores e Transistor	França Geração de energia elétrica a partir das mares	Intel EUA Microprocessador eletrônico a semicondutor	EUA Geração de energia elétrica-eólica	J.S. Kilby EUA Circuitos integrados	Hewlett-Packard EUA Memristor		
1925	1936	1948	1954	1955	1956	1967	1971	1983	2000	2008		

desenvolvimento na modelagem matemática e computacional dos fenômenos abordados pela Engenharia Elétrica, descrição dos seus fundamentos, conforme evidenciam as quatro equações de Maxwell. O processo de desenvolvimento dos Fundamentos da Engenharia Elétrica está ilustrado nas Figuras 4.1 e 4.2 mostram a linha de tempo dos acontecimentos (GILLISPIE, 1970).

Houve desenvolvimento na modelagem matemática dos fenômenos abordados pela Engenharia Elétrica, a descrição dos seus Fundamentos, e o exemplo abrangente são as equações de Maxwell desenvolvidas no final do Século XIX. (MAXWELL, 1954). A figura 4 ilustra a foto de Maxwell.

Figura 5 – James Clerk Maxwell no seu escritório, Cambridge, Inglaterra.



4 HISTÓRIA DOS MEDIDORES DA ENGENHARIA ELÉTRICA

Embora *medidas elétricas* seja uma disciplina que necessita de desenvolvimento percebeu-se rapidamente que ela é apropriada para ser utilizada em muitas áreas onde há medições. Determinados tipos de instrumentos são construídos sem a necessidade de usar princípios elétricos, como o microscópio, o micrômetro, medidores de vazão de água e tantos outros. Entretanto, se uma aplicação necessita de processamento de informação extensiva, transmissão de sinal em distâncias grandes, uniformidade de fabricação a baixo custo, então as técnicas de medidas elétricas irão contribuir para ter-se uma solução melhor de projeto. Há algumas poucas décadas a tecnologia de estado sólido foi descoberta e começou a ser utilizada em circuitos de instrumentos de medidas, o que possibilitou um aprimoramento sem precedentes destes instrumentos quanto às suas características de detecção e processamento de sinais, bem como a redução de custo (SYDENHAM, VOL.2, 1986). Há muitas aplicações onde o uso de medidas elétricas não é o principal, mas pode auxiliar atuando em conjunto com outros regimes. Apesar de parecer que os métodos de medidas elétricas são úteis em todos os casos de medidas e processamento de dados, é preciso lembrar de que a natureza é o sistema que interage com o ser humano através de diferentes interfaces; e que o mundo natural não tem os formatos de manifestação física como têm os sistemas de medidas elétricas (MAXWELL, 1954). Os dispositivos utilizados nos instrumentos de medidas elétricas foram, no início, parcialmente substituídos pelos circuitos eletrônicos, que utilizavam as válvulas termiônicas naquela ocasião. Posteriormente, estes dispositivos foram sendo substituídos pela eletrônica gradativamente, a qual

aos medidores utilizados pela Engenharia Elétrica estão ilustrados nas figuras 6.1 e 6.2 a seguir, que mostram a *linha de tempo dos acontecimentos*.

5 HISTÓRIA DA GERAÇÃO, TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Os sistemas elétricos de potência na Europa tiveram grande desenvolvimento durante o século XIX. Os primeiros geradores de energia elétrica eram células galvânicas, que produziam tensão e corrente contínua. Físicos e químicos da primeira metade do século XIX, que trabalharam com baterias galvânicas e construíram dispositivos e instrumentos de medidas alimentados por estas baterias, estavam interessados em construir geradores elétricos que produzissem energia em forma de corrente contínua. O melhor resultado de transmissão em corrente contínua alcançado em 1889 foi através do sistema Thury: 4,65 MW na tensão de 57,6 KV de Moutier para Lyon, na distância de 180 quilômetros.

No Brasil o primeiro sistema de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica em corrente contínua foi instalado em Diamantina, Minas Gerais, em 1883. (MORAES, 2005). Nos Estados Unidos em 1887, Nikola Tesla conseguiu um contrato com George Westinghouse. Tesla por sua vez convenceu o governo americano a adotar o modelo-padrão de corrente alternada como meio mais eficiente para a geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, contrariando interesses de seu antigo empregador Thomas Alva Edison, que defendia o sistema de corrente contínua. Em 1888, Tesla obteve as patentes de um sistema polifásico completo constituído por geradores, transformadores e motores de corrente alternada. O motor de corrente alternada de indução é a máquina elétrica mais utilizada no mundo na atualidade. Na Europa, Tesla trabalhou com vários cientistas e inventores, dentre eles Galileo Ferraris na Itália, que estava desenvolvendo a teoria do motor bifásico, e Mikhail Dobrovolskii na Rússia, que estava desenvolvendo a teoria do motor de indução polifásico. George Westinghouse comprou as patentes de Tesla e se tornou o pioneiro inovador na introdução da geração, transmissão e distribuição em corrente alternada nos Estados Unidos. A primeira usina experimental de geração de energia elétrica em corrente alternada, nos Estados Unidos, foi construída em Great Barrington, Massachusetts, e testada com sucesso em 1886. Uma usina hidrelétrica de grande porte foi construída na cidade de Niagara Falls, Estado de Nova Iorque, sendo considerado um resultado extraordinário do século XIX, em 1898. (BRITAIN, 2004).

Na Europa, em 1891, foi construída uma linha trifásica de transmissão em corrente alternada durante a Feira Internacional de Engenharia Elétrica em Frankfurt, Alemanha. A usina tinha um gerador construído por Braun. A tensão gerada foi elevada por um transformador de corrente alternada para 15 kV e transmitida pela linha de 170 km até o local da Feira, onde havia um transformador abaixador para 113 Volts AC. Esta energia alimentou um motor de indução trifásico de 75 KW, que acionava uma bomba d'água. (KOSTENKO, 1977). Estes sistemas elétricos foram as etapas iniciais que possibilitaram o desenvolvimento da geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, que utilizamos. Os temas referentes à geração, transmissão e distribuição de energia elétrica estão ilustrados na Figura 7.



décadas universidades nos cinco continentes têm oferecido currículo básico aos estudantes de Engenharia Elétrica e, também, têm enfatizado áreas específicas de conhecimento em função das necessidades locais onde estão inseridas. Tem ocorrido aprimoramento de técnicas de ensino nos cursos de Engenharia Elétrica, o que proporciona consequentemente, aprimoramento no nível de aprendizado dos estudantes do curso de graduação e incentivo ao prosseguimento na carreira acadêmica nos cursos de pós-graduação. Os temas sobre a história do ensino da Engenharia Elétrica, Figura 8 (PERKINS, 1998).

Figura 8 – Linha do tempo sobre Ensino da Engenharia Elétrica

1229	1824	1840	1876	1876
Universidade de Toulouse	Escola Municipal de Tecnologia de Manchester	Universidade Eletrotécnica de São Petersburgo	Faculdade Universidade de Bristol	Universidade de Tecnologia de Munique
França	Grã-Bretanha	Rússia	Grã-Bretanha	Alemanha
1884	1885	1886	1886	1891
Instituto Massachusetts de Tecnologia - MIT	Universidade de Cornell	Universidade do Missouri	Universidade Imperial de Tokyo	Universidade de Wisconsin
Boston	Ithaca	Milwaukee	Departamento de Engenharia Elétrica	Wisconsin
Estados Unidos	Estados Unidos	Estados Unidos	Japão	Estados Unidos
➔				
1893	1893	1905	1907	1908
Universidade de Sydney	Universidade de Stanford	Universidade da Cidade do Cabo	Escola Politécnica da USP	Universidade de Xi'an Jiatong
Engenharia Elétrica	Palo Alto - Califórnia	Departamento de Engenharia Elétrica	Engenharia Elétrica	Escola de Engenharia Elétrica
Austrália	Estados Unidos	África do Sul	São Paulo	China
			Brasil	
1911	1913	1951	1966	1967
Escola Politécnica do RJ	Instituto Eletrotécnico e Mecânico	Instituto Tecnológico da Aeronáutica - ITA	Faculdade de Engenharia da UNICAMP	Universidade de Brasília
Engenharia Mecânica e de Eletricidade	Itajubá - MG	Engenharia Eletrônica	da UNICAMP	Departamento de Engenharia Elétrica
Rio de Janeiro	Brasil	São José dos Campos	Campinas - SP	Brasília - DF
Brasil		Brasil	Brasil	Brasil

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho procura apresentar, de forma criativa e estimulante, a evolução do conhecimento sobre a eletricidade, desde sua pré-história, ocorrida na China, Grécia antiga, Egito e países árabes, passando pela Idade Média e alcançando a Idade Contemporânea, com descobertas, invenções e inovações que marcaram a evolução da sociedade humana ao longo do tempo. Há nesta apresentação, portanto, a intenção de mostrar de forma lúdica como esta evolução levou à construção dos atuais cursos de Engenharia Elétrica e sua relevância social.

Neste sentido, esta perspectiva pretende estabelecer um mecanismo de ensino em engenharia que possa contribuir para a mitigação da evasão escolar e a falta de interesse dos estudantes pelo ensino de Engenharia Elétrica, bem como em outras engenharias dentro da realidade da educação brasileira. Infelizmente, muitos jovens abandonam os estudos todos os dias, seja por falta de condições de frequentar as aulas, seja pelo



desinteresse na metodologia utilizada e a consequente inadequação a ela. Tendo isso em mente, é fundamental saber utilizar abordagens que, de fato, interessem aos alunos desde o início de seus estudos. Por isso, a utilização do lúdico é recomendada.

Assim, este trabalho também pretende mostrar que a educação em engenharia não deve ser tratada de forma impessoal e descontextualizada da realidade do aluno. É preciso deixar claro que a Engenharia Elétrica faz parte de seu cotidiano bem como de sua história. No entanto, é necessário salientar que o ensino lúdico não se resume a brincadeiras ou jogos, mas, de fato, ao uso de metodologias diversas que estimulem a criatividade, o pensamento crítico e a imaginação dos estudantes de forma natural — exercitando e desenvolvendo tais características.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHENG, Kuo-Sheng, Ph.D. **Historical Review of Electrical Engineering Development. Institute of Biomedical Engineering.** National Cheng Kung University. Tainan City. Taiwan, 2010.

COLIN, A. RONAN. **The Cambridge Illustrated History of the World's Science.** Cambridge University Press. Cambridge. England. 1983.

FLOYD II, H. LANDIS; NENNINGER, BRIAN J., **Personnel Safety and Plant Reliability Considerations in the Selection and Use of Voltage Test Instruments.** IEEE Transactions on Industry Applications, Volume 33, number 2. March/April 1997.

GILLISPIE, Charles Coulston. **Dictionary of Scientific Biography.** Volimes 1-15, Supplement I. Charles Scribner's Sons. New York. UDA. 1970.

JARVIS, C. Mackechnie. **An early electric Cell,** Journal of the Institute of Electrical Engineers, Volume 6, pp. 356-357, June 1960.

KANANI, Nasser; **The Parthian Battery: Electric Current 2000 years Ago?** Fachzeitschrift des VINI, Eugen Gahname Leuze Verlag, Saul/Würt, Germany, 2004.

LOCKER, Anne. **Peter the Pilgrim.** IET Communications Engineer—From the Archives, August/September 2006. UTC from IEEE.

MAXWELI, James Clerk. **Treatise on Electricity and Magnetism,** Volume 1, pp. 327-482. Dover Publications Inc.. New York. NY. USA. 1954.

NEEDHAM, J.; Wang Ling. **Science and Civilization in China,** Volume 4, Part 1, pp. 229-330. Cambridge University Press. Cambridge, Great Britain. 1962.

PERKINS, William R.. IEEE Life Fellow. **Introduction of a Brief History of Electrical Engineering Education.** Proceedings of IEEE, Volume 86, Number 8. August 1998.

SYDENHAM, P.H.. **Handbook of Measurement Science, Practical Fundamentals**, Volume 2. School of Electronic Engineering-South Australian Institute of Technology. John Wiley & Sons Edited. Chichester. England, 1986.

TERMAN, Frederick E.. IEEE Fellow. **A Brief History of Electrical Engineering Education**. Proceedings of IEEE, Volume 86, Number 8, pp. 1792. August 1998.

VALIVACH, P. E.. **Basic Stages of the History of Electrical Engineering and Possible Prospects for its Developments**. Russian Electrical Engineering, Volume 80, Number 6, pp. 350-358. Allerton Press Inc.. 2009.

TEACHING THE HISTORY OF ELECTRICAL ENGINEERING IN A PLAYFUL WAY

Abstract: *This project presents the knowledge evolution concerning the Electrical Engineering. Its collaborations have the task to disclosure key realities that point out benefits to human society, through the applications of Electricity and its teaching. Electricity has been latent in nature and human beings have discovered and developed its potential through millenniums. Electricity utilization by ancient civilizations in the beginnings, its basic knowledge developments and applications, as well as the interconnection among Electricity's shapes in nature are true examples of that and are covered in this project. Electrical Engineering fundamentals have been some keystones to state of art. The Electrical Engineering well endowed teaching has cooperated for a build-up of high level graduated students.*

Keywords: *Electrical Engineering, Beginnings, Fundamentals, Education*