



Universidade Federal
de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

Maura Lúcia Rodríguez Alexandre

**UMA ABORDAGEM SISTÊMICA SOBRE A
DISCIPLINA GERENCIAMENTO DE ENERGIA NO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
ELÉTRICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE
CAMPINA GRANDE**

CAMPINA GRANDE, PARAÍBA
Dezembro de 2020

Maura Lúcia Rodríguez Alexandre

**UMA ABORDAGEM SISTÊMICA SOBRE A
DISCIPLINA GERENCIAMENTO DE ENERGIA NO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**

*Trabalho de Conclusão de Curso
submetido à Unidade Acadêmica de
Engenharia Elétrica da Universidade
Federal de Campina Grande como parte
dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em
Ciências no Domínio da Engenharia
Elétrica*

Área de Concentração: Processamento da Energia

Aprovado em / /

Professor Dr. Raimundo Carlos Silvério Freire
Universidade Federal de Campina Grande
Professor Avaliador

Professor Dr. Benedito Antonio Luciano
Universidade Federal de Campina Grande
Professor Orientador

*“...mas aqueles que esperam no
Senhor renovam suas forças.
Voam alto como águias; correm e
não se fatigam, caminham e não se
cansam.”*

Isaías 40:31

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser meu refúgio e minha fortaleza.

À minha mãe, Maria Do Rosário Alexandre de Assis Rodríguez (*in memoriam*), por todo amor, toda dedicação, toda força, todos os valores morais, pelo exemplo de mãe e de mulher, por sua felicidade como amiga e a sua riqueza como parceira de oração.

Ao meu pai, Carlos Antonio Rodríguez Túrcios, por todo amor, por todo empenho, por me inspirar a ser Engenheira Eletricista, desde as nossas brincadeiras de projetar e montar brinquedos até o compartilhamento de experiências profissionais.

Aos meus avós, Maria Alexandre de Assis (*in memoriam*) e José Francisco de Assis (*in memoriam*), por me ensinar que o belo encontra-se na simplicidade.

Ao meu esposo, Allison Cassimiro Teixeira dos Santos, por ser um resistente apoio para mim ao enfrentarmos as adversidades, e por ser sereno e amoroso ao nos alegrarmos a cada conquista.

Aos meus irmãos Denis, René e Lúcia, principalmente a minha irmã, por todo cuidado, todo afeto, por ser firme na Fé.

Aos meus sobrinhos, Maria Clara, David, Ana Clara, Ana Lis e Pedrinho por todos os sorrisos que eles me proporcionam.

Às pessoas queridas, Carminha, Dona Rita, Dona Lúcia, Sr. Anacleto e Aellison, por todo apoio.

Aos amigos, Jozias, Yukio, Iara, Karen, Adail e Tchai, pessoas com quem compartilhei parte da minha vida acadêmica, noites em claro de estudo, e grandes momentos vividos.

Ao querido professor Benedito Antonio Luciano, mestre e orientador que se dispôs a me conduzir nesta relevante etapa da minha graduação, pelas constantes contribuições, sejam por sua indiscutível riqueza intelectual e profissional, sejam por suas convicções e lições de vida.

Uma abordagem sistêmica sobre a disciplina Gerenciamento de Energia no Curso de Graduação em Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Campina Grande

Resumo: *Neste Trabalho de Conclusão de Curso é apresentada uma cronologia de como a disciplina de Gerenciamento de Energia vem sendo ministrada no âmbito do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), desde a sua implantação, conforme a Resolução 20/99, até o ano de 2020. Para o levantamento das informações relativas aos períodos letivos em que ela foi ministrada e os nomes dos respectivos professores foram consultados os dados disponíveis na secretaria do Departamento de Engenharia Elétrica da UFCG. Dada a dificuldade de acesso aos planos de curso elaborados por todos os professores que ministraram a disciplina nesse recorte temporal, decidiu-se que a abordagem sistêmica apresentada neste TCC seria baseada nos planos de curso disponibilizados pelo professor Benedito Antonio Luciano, atual responsável pela ministração da disciplina.*

Palavras-chave: *Aula operatória, Avaliação Operatória, Engenharia elétrica, Ensino centrado no processo, Gerenciamento de energia.*

**A systemic approach to the Energy Management discipline um the
Electrical Engineering Undergraduate Course at Federal University of
Campina Grande**

Abstract: *In this work is presented a chronology of how the Energy Management discipline has been developed in the Electric Engineering Undergraduate Course at the Federal University of Campina Grande (UFCG), since its implementation, according to Resolution 20 / 99, until the year 2020. For obtain of information related to the academic periods in which these discipline was taught and the names of the respective professors, the data available at the secretariat of the Department of Electrical Engineering at UFCG were consulted. Due to the difficulty in accessing the course plans prepared by all the teachers who taught the discipline in those periods, the study presented in this work was only based on the course plans elaborated by Professor Benedito Antonio Luciano, currently responsible by the cited discipline.*

Keywords: *Energy management, Electrical engineering, Operative class, Operative evaluation, Process-centered teaching.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Estrutura Curricular do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da UFCG	14
Figura 2- Composição Curricular das ênfases de Eletrônica e Controle e Automação do Curso de Engenharia Elétrica da UFCG	15
Figura 3- Composição Curricular das ênfases de Telecomunicação e Eletrotécnica do Curso de Engenharia Elétrica da UFCG	15
Figura 4- Currículo resumido Professor Leimar de Oliveira.....	18
Figura 5 - Currículo resumido do Professor Ubirajara Rocha Meira.	19
Figura 6- Currículo resumido do Professor Benedito Antonio Luciano	20
Figura 7 - Organograma do Plano de Curso da Disciplina de GE	26
Figura 8 - Depoimento de Euler Macedo.....	29
Figura 9 - Depoimento de Raphael Reis	30
Figura 10 - Depoimento de Taisa Felix	31
Figura 11 - Depoimento de Maura Rodríguez	31
Figura 12 - Linha do Tempo: Materiais da Disciplina de GE em meio digital.....	32
Figura 13 - Reprodução da página inicial do <i>site</i> de Gerenciamento de Energia.	38
Figura 14 - Chave QR Code de acesso à plataforma digital de GE.....	40
Figura 15 - Cartão de divulgação da chave QR Code do site da disciplina de GE	40
Figura 16 - Diagrama esquemático do setor elétrico brasileiro.....	46
Figura 17 - Diagrama esquemático da atuação da ANEEL no setor elétrico brasileiro.....	47
Figura 18 - Atuação do ONS.....	48
Figura 19 - Estrutura do Mercado dos Sistemas Elétricos atual	50
Figura 20 - Definições e Relações elementares para tarifação da Energia Elétrica	51
Figura 21 - Classes e Subclasses elementares para tarifação da Energia Elétrica.	52
Figura 22 - Fatura de Energia Elétrica	56
Figura 23 - Curva de Carga	60
Figura 24 - Sistema convencional X Sistema com cogeração.....	69
Figura 25 - Distribuição energética da Cogeração em Ciclo Combinado.....	71
Figura 26 - Cadeia de Transformações Energéticas	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Distribuição dos créditos do curso de Graduação em Engenharia Elétrica – UFCG	16
Quadro 2- Disciplina Gerenciamento de Energia ao longo dos períodos letivos	22
Quadro 3 - Palestrantes e temas	24
Quadro 4- Medidas de economia de energia	43
Quadro 5- Resultados PROCEL 2019 – ano base 2018	44
Quadro 6- Relação das vantagens e desvantagens das principais fontes de energia	45
Quadro 7- Comparativo entre o modelo antigo e o novo modelo do setor elétrico	49
Quadro 8 - Taxas e Tarifas referentes aos grupos e subgrupos	54
Quadro 9 - Encargos Setoriais na Fatura de Energia Elétrica	55
Quadro 10 - Percentuais da Conta de Energia Elétrica.....	56
Quadro 11 - Sistema de Bandeiras Tarifárias	56
Quadro 12 - Informações encontradas no BEN.....	58
Quadro 13 - Conceitos e definições/ Diagnóstico Energético.....	60
Quadro 14 - Etapas do Diagnóstico Energético	61
Quadro 15 - Aplicações do repotenciamento nos setores de uma rede elétrica.....	65
Quadro 16 - Tipos de repotenciamento.....	65
Quadro 17 - Melhorias para o repotenciamento das Hidrelétricas.....	66
Quadro 18 - Alterações básicas nas curvas de carga	67
Quadro 19 - Classificação de Alternativas de Gerenciamento pelo Lado da Demanda.....	68
Quadro 20 - Tipos de Cogeração e Comparações.....	70
Quadro 21 - Tipos de Tecnologias de Coogeração.....	71
Quadro 22 - Conceitos e Definições relacionados à Eficiência Energética.....	72
Quadro 23 - Eficiência Energética na Geração, Transmissão, Distribuição e Uso final da Energia Elétrica	75
Quadro 24 - Comparação entre energia e exergia.....	76
Quadro 25 - Distúrbios envolvendo Qualidade de Energia.....	77
Quadro 26 - Índices de Qualidade de Energia	79
Quadro 27 - Harmônicos no SE	81
Quadro 28 - Medidas Técnicas para atenuar os distúrbios que afetam a QEE	81

SUMÁRIO

1. Introdução.....	11
2. Breve Histórico	13
2.1 Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da UFCG.....	13
2.2 Disciplina de Gerenciamento de Energia.....	16
3. Metodologia de Ensino Aprendizagem.....	23
3.1 Concepção e Praxis Atual.....	23
3.2 Metodologia aplicada ao meio digital	27
3.3 Site.....	33
3.4 QR Code	39
4. Economia de Energia, Regulamentação e Estruturação do Setor Elétrico Brasileiro, Tarifas e Taxas, Balanço Energético Nacional (BEN)	41
4.1 Economia de Energia	41
4.1.1 Conceitos Básicos	41
4.1.2 Aspectos Técnicos.....	42
4.1.3 Aspectos Econômicos	43
4.1.4 Aspectos Ambientais	45
4.2 Regulamentação do Setor Elétrico	46
4.2.1 Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).....	47
4.2.2 Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS)	48
4.3 Estrutura do Mercado dos Sistemas Elétricos.....	49
4.3.1 Energia e Sociedade	49
4.3.2 Estrutura do Mercado Elétrico Atual	49
4.4 Taxas e Tarifas.....	51
4.4.1 Definições e conceitos.....	51
4.4.2 Grupos e subgrupos de consumidores	52
4.4.3 Estrutura Tarifária.....	52
4.4.4 Fatura de Energia Elétrica	54
4.5 Balanço Energético Nacional (BEN)	57
5. Diagnóstico Energético, Gerenciamento de Energia e Cogeração.....	59
5.1 Diagnóstico Energético.....	59

5.1.1.	Etapas do Diagnóstico Energético	61
5.2	Gerenciamento de Energia	61
5.3	Gerenciamento de carga	62
5.3.1.	Gerenciamento pelo Lado da Oferta (GLO)	63
5.3.1.1	Ações de Gerenciamento pelo Lado da Oferta.	63
5.3.1.2	Gerenciamento pelo lado da oferta no Brasil.	64
5.3.1.3	Repotenciamento.....	64
5.3.2.	Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD).....	66
5.3.2.1	Ações de Gerenciamento pelo Lado da Demanda.	67
5.3.2.2	Cogeração.	69
6.	Eficiência Energática, Exergia e Qualidade de Energia	72
6.1	Eficiência Energática	72
6.1.1.	Conceitos e Definições	72
6.1.2.	Legislação e Providências Públicas de Eficiência Energática	73
6.1.3.	Eficiência Energática na Geração, na Transmissão, na Distribuição e no uso final da Energia Elétrica	74
6.2	Exergia e Eficiência Exergática.....	75
6.2.1.	Energia x Exergia	76
6.3	Qualidade de Energia	76
6.3.1.	A qualidade de Energia Elétrica (QEE).....	77
6.3.2.	Distúrbios e Causas relacionadas com a QEE.....	77
6.3.3.	Índice de Qualiade de Energia.....	78
6.3.4.	Harmônicas no Sistema Elétrico	79
6.3.4.1	Fontes de distorção harmônica.....	80
6.3.4.2	Efeitos das harmônicas no Sistema Elétrico	80
6.3.4.3	Medidas Técnicas de eliminação distúrbios da QEE.....	81
7.	Conclusão.....	83
8.	Referências	85

1. Introdução

No cenário contemporâneo, a busca para alcançar o avanço econômico, social e ecológico torna-se imprescindível, pois o que se anseia é o desenvolvimento sustentável, mediante o uso racional dos recursos energéticos, resultando na preservação do ecossistema global, de forma a assegurar sua disponibilidade para a sociedade hodierna e para a posteridade, ao passo que contribuirá para elevar a qualidade da vida humana, viabilizando o acesso igualitário dos recursos naturais e espólios pecuniários e sociais.

Diante dessa perspectiva, o gerenciamento de energia é a principal ferramenta para propiciar o uso eficiente destes recursos, tornando-se indispensável para o crescimento sustentável.

Neste contexto, a gestão energética encontra-se centrada na interação entre economia de energia, eficiência energética e qualidade de energia, analisadas sob diferentes perspectivas.

A economia de energia tem como vertente principal desenvolver projetos que propiciem a viabilidade econômica na melhoria da eficiência energética dos equipamentos, dos processos e dos usos finais desta energia, utilizando-se da coleta, da exposição e da manipulação de dados inerentes aos sistemas estudados.

Dentre os fatores analisados na economia de energia destaca-se o combate ao desperdício que atua como uma fonte virtual de energia. Assim, a energia não utilizada por um consumidor pode ser aproveitada por outro tornando-se desta forma a alternativa de “produção de energia” mais econômica e mais sustentável, pois não há uma produção de energia em si, mas sim seu uso consciente e racional, resultando na eficiência energética.

Neste contexto, a eficiência energética consiste, basicamente, em reduzir perdas e eliminar os desperdícios. Ainda neste âmbito, de forma geral, a qualidade de energia está intrinsecamente relacionada com os temas abordados, e especificamente, a Qualidade de Energia Elétrica (QEE), pois ela surge com o intuito de atenuar os efeitos causados pelo aumento de cargas não lineares no sistema elétrico.

Desta maneira a ponderação entre economia de energia, eficiência energética e qualidade de energia é a garantia do bom Gerenciamento de Energia.

Partindo destas considerações iniciais, neste Trabalho de Conclusão de Curso é exposto um breve histórico de como a disciplina de Gerenciamento de Energia vem sendo ministrada no Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), desde a sua implantação, conforme a Resolução 20/99, até o ano de 2020.

2. Breve Histórico do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da UFCG e a Disciplina Gerenciamento de Energia

2.1. Graduação de Graduação de Engenharia Elétrica na UFCG

O curso de graduação em Engenharia Elétrica na atual UFCG teve suas atividades iniciadas em 1963 mediante a autorização do Conselho Universitário da UFPB, com a convocação do primeiro certame de exame vestibular seletivo para os candidatos, totalizando inicialmente dezesseis aprovados.

As aulas iniciais ocorreram em 17 de junho de 1963, na sede da Escola Politécnica da UFPB, a POLI. O reconhecimento pelo Conselho Federal de Educação - CFE se deu em 17 maio de 1971.

Formando há quarenta e quatro anos engenheiros eletricitistas o curso de graduação em Engenharia Elétrica de Campina Grande vem se destacando nos cenários regional, nacional e internacional pelo seu pioneirismo, competência e qualidade.

Para alcançar seus objetivos, o ensino é direcionado ao aluno e orientado aos resultados do aprendizado, com foco na solução de problemas de engenharia e na formação de profissionais versáteis, estimulando o trabalho em equipe, excitando a aptidão empreendedora do engenheiro, destacando os aspectos sócioeconômicos e políticos-ambientais inerentes à profissão do engenheiro, mediante uma multidisciplinar e interdisciplinar.

A composição curricular do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica possui: Conteúdos Básicos, os quais são compostos pelos conhecimentos comuns a todo engenheiros, independentemente de sua área de formação e campo de engenharia escolhido. Tais conteúdos são: matemática, física, química, materiais, expressão gráfica, computação, meio ambiente e humanidades.

Os Conteúdos Essenciais são compostos por: circuitos, eletrônica, eletrotécnica, eletromagnetismo e princípios de comunicações. Estes são conteúdos elementares para a formação de todo Engenheiro Eletricista.

Os Conteúdos Específicos são formados pelos conteúdos inerentes a cada uma das ênfases ofertadas pelo curso, constituindo assim, a especialização do Engenheiro Eletricista.

Atualmente, o curso de Graduação em Engenharia Elétrica da UFCG possibilita a ênfase em uma ou mais de uma das quatro áreas, a escolha do estudante, as quais são: Eletrônica, Eletrotécnica, Controle e Automação e Telecomunicações.

Os Conteúdos Complementares objetivam a formação nos aspectos generalistas e multidisciplinares, formação para o desenvolvimento de projetos e realização de estágio, buscando excitar a capacidade crítica e criativa do egresso, além de situá-lo ao mercado de trabalho.

Nos Fluxogramas 1, 2 e 3 pode-se observar a estrutura curricular do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da UFCG e a disposição de como as disciplinas se relacionam, ou seja, quais são pré-requisitos para cursar as disciplinas subsequentes, os créditos que as compõem, assim, todos os grupos de conteúdos estão expostos, os básicos, os essenciais, os específicos e os complementares.

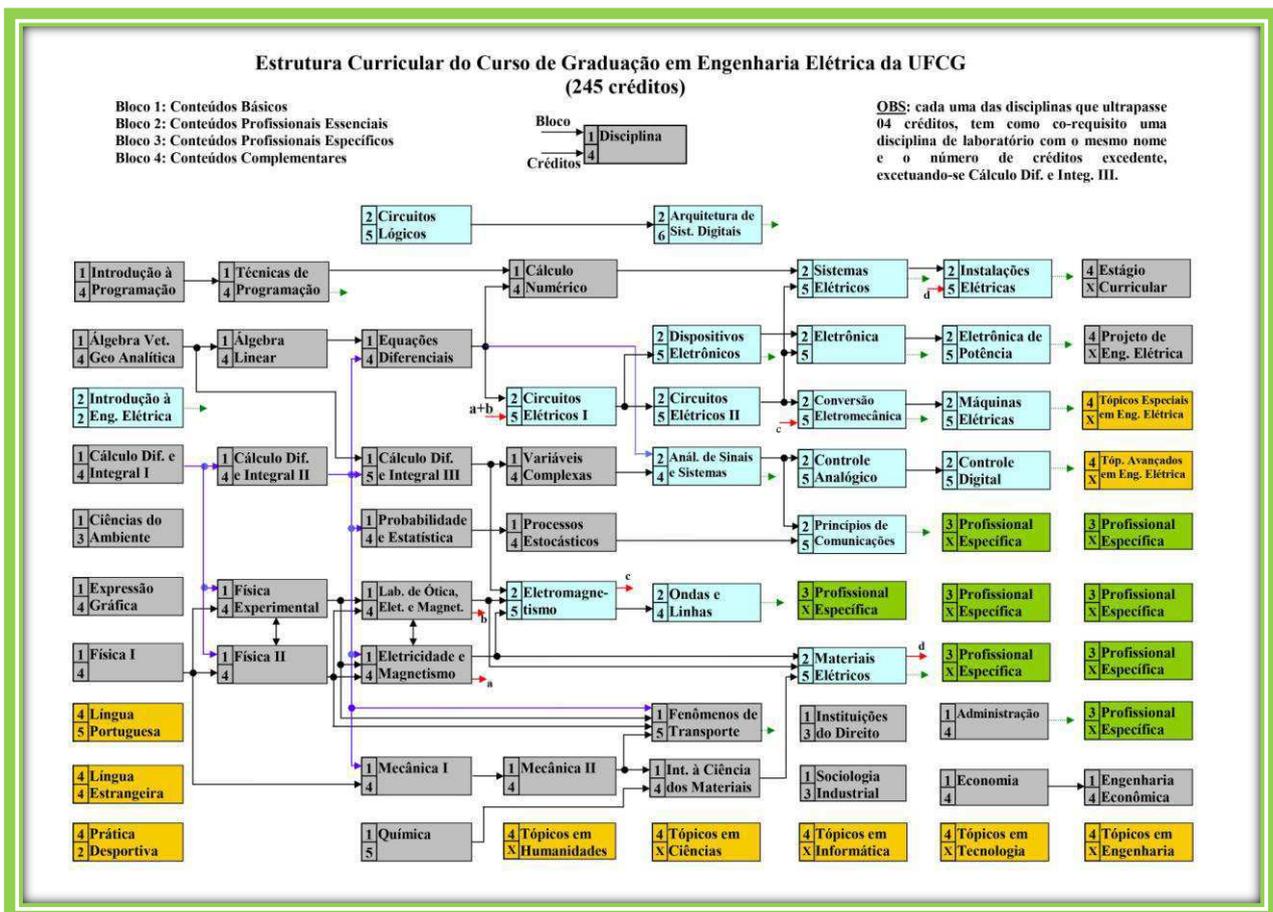


Figura 1 – Estrutura Curricular do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da UFCG.
(Fonte: <http://www.dee.ufcg.edu.br>)

Nas figuras 2 e 3 são apresentadas todas as disciplinas que constituem cada ênfase, as quais se enquadram nos conteúdos específicos estudados, conforme a especialização escolhida pelo engenheiro eletricista em formação.

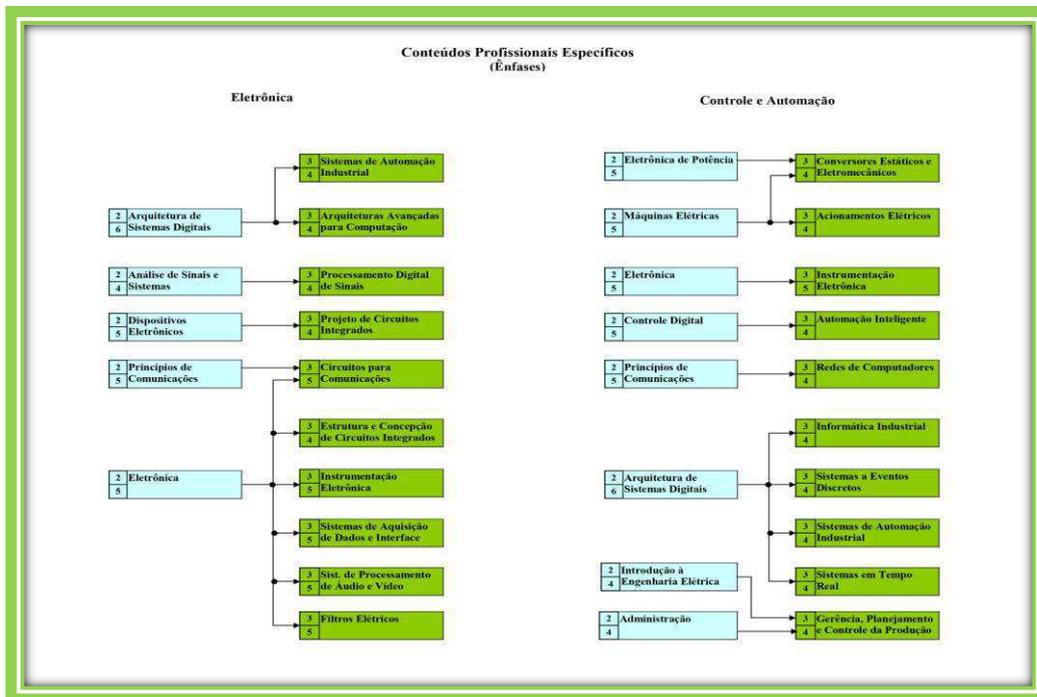


Figura 2 - Composição Curricular das ênfases de Eletrônica e Controle e Automação do Curso de Engenharia Elétrica da UFCG (Fonte: <http://www.dee.ufcg.edu.br>)

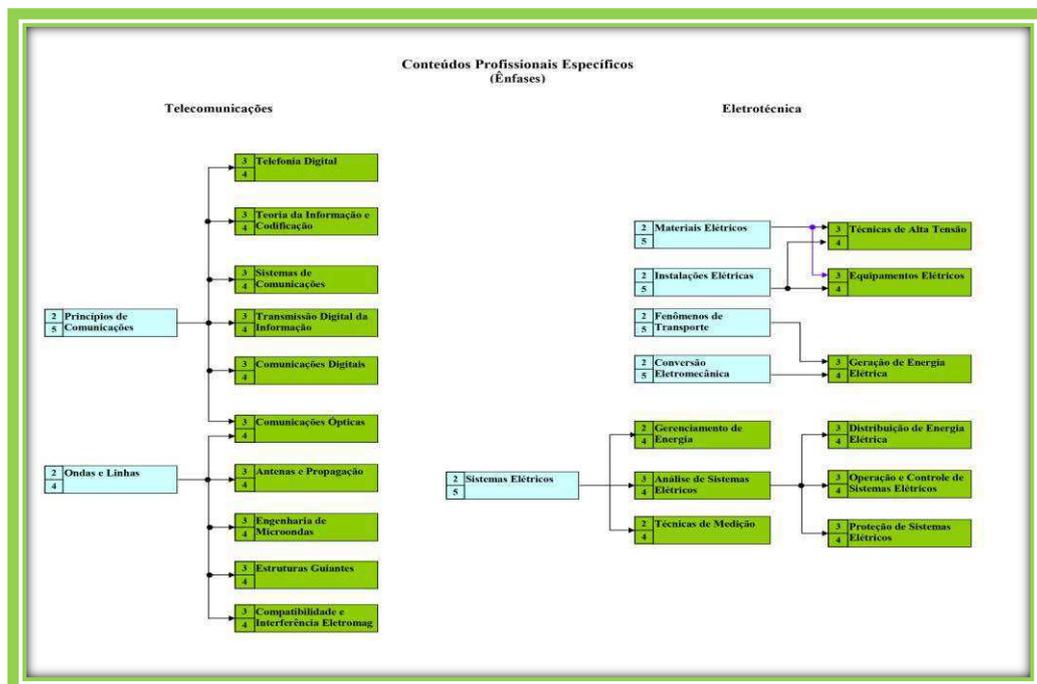


Figura 3 - Composição Curricular das ênfases de Telecomunicação e Eletrotécnica do Curso de Engenharia Elétrica da UFCG (Fonte: <http://www.dee.ufcg.edu.br>)

2.2. Disciplina de Gerenciamento de Energia

A disciplina de Gerenciamento de Energia foi implantada no curso da Graduação em Engenharia Elétrica da UFCG, por meio da **RESOLUÇÃO N° 20/99**, que previu a alteração da estrutura curricular do curso, vide citação:

“Altera a estrutura curricular do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica, do Centro de Ciências e Tecnologia, Campus II, e dá outras providências.”

O regramento resolutivo estabelece no **Art. 1°**, que, o curso de Engenharia Elétrica, do Centro de Ciências e Tecnologia, do Campus II, terá quatro ênfases: Controle e Automação, Eletrônica, Eletrotécnica e Telecomunicações.

No parágrafo: §1° A duração mínima do curso é de 3.765 (três mil setecentos e vinte e cinco) horas-atividade, correspondentes a 245 créditos assim distribuídos:

	CONTEÚDOS	CARGA HORÁRIA	Nº DE CRÉDITOS
I	CONTEÚDOS BÁSICOS:	1740	116
II	CONTEÚDOS PROFISSIONAIS ESSENCIAIS:	1365	91
III	CONTEÚDOS PROFISSIONAIS ESPECÍFICOS:	480	32
IV	CONTEÚDOS COMPLEMENTARES:	180	6
	TOTAL	3765	245

Quadro 1 – Distribuição dos créditos do curso de Graduação em Engenharia Elétrica – UFCG (Fonte: Resolução N° 20/99)

No **Art. 4°** Serão obrigatórias todas as disciplinas de:

- I) Conteúdos Básicos;
- II) Conteúdos Profissionais Essenciais e Específicos;**
- III) Conteúdos Complementares de Formação Profissional

Obrigatória:

- a) Projeto em Engenharia Elétrica;
- b) Estágio Integrado;
- c) Estágio Supervisionado.

Dentre os Conteúdos Profissionais Específicos (Carga horária mínima de 360 horas), na Ênfase Eletrotécnica (Carga horária mínima de 360 horas), inseriu-se a disciplina de **GERENCIAMENTO DE ENERGIA**, com quatro créditos e carga horária de 60 horas.

Para cursar a disciplina Gerenciamento de Energia o aluno deve ter sido aprovado nas disciplinas de Sistemas Elétricos e Laboratório de Sistemas Elétricos, estágio do curso alcançado após a execução de todas as disciplinas enquadradas nos conteúdos básicos e nos conteúdos essenciais do curso de Engenharia Elétrica da UFCG, ou seja, a partir do oitavo período.

Todos os trabalhos acadêmicos desenvolvidos na disciplina de Gerenciamento de Energia visam atender a Lei de Diretrizes e Bases da Educação, Lei 9.394 de 20 de dezembro de 1996, e as Diretrizes Curriculares para os Cursos de graduação em Engenharia, Resolução CNE/CES 11/2002, por meio do desenvolvimento de práticas integralizadoras de conhecimento.

Espera-se que após a conclusão do estudo da disciplina, os egressos tenham adquirido aptidões e qualificações para gerir os recursos energéticos, por meio de uma visão sistêmica, observando o equilíbrio entre economia de energia, eficiência energética e qualidade de energia.

De acordo com a ementa, os temas abordados durante a formação em Gerenciamento de Energia devem contemplar:

- Economia da energia.
- Tarifas e preços.
- Estrutura do mercado dos sistemas elétricos.
- Regulamentação do setor elétrico.
- Diagnóstico energético.
- Gerenciamento energético.
- Cogeração.
- Eficiência energética
- Qualidade de energia.

Para alcançar uma visão sistêmica sobre o processo de gerenciamento de energia, salientando as convergências que existem entre economia de energia, eficiência energética e qualidade da energia elétrica sob diversas perspectivas, o aluno tem de ter posse de vários conhecimentos preliminares e

uma maturidade curricular, como visto nas matérias de Introdução à Engenharia Elétrica, Eletromagnetismo, Máquinas Elétricas, Sistemas Elétricos, Eletrônica, Medidas Elétricas, Economia, Administração, entre outros conteúdos.

Assegurando a característica de multidisciplinaridade no curso de Gerenciamento de Energia, a qual tem agregado competências ao aluno como: agilidade de raciocínio, foco na solução, capacidade crítica, tornando o futuro egresso capaz de concatenar os conteúdos aprendidos e utilizá-los na solução dos problemas inerentes à profissão do Engenheiro Eletricista.

Nos períodos de 2017.2 e 2018.2 a disciplina foi lecionada pelo professor Leimar de Oliveira, lotado no Departamento de Engenharia Elétrica da UFCG. Um breve currículo do professor Leimar de Oliveira é apresentado na Figura 4:



Professor Mestre do DEE-UFCG: *Leimar de Oliveira*

Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Paraíba (1999) e Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Paraíba (2000), orientadores Telmo Silva de Araujo e Wellington Santos Mota.

1999 – Atual: Professor Adjunto IV da Universidade Federal de Campina Grande, **UFCG**, lotado no Departamento de Engenharia Elétrica, atuando na ênfase em Sistemas Elétricos de Potência, principalmente nos seguintes temas: Geração de Energia Elétrica, Fontes Alternativas de Energia, Eficiência Energética, Gerenciamento de Energia.

Figura 4 – Currículo resumido Professor Leimar de Oliveira.
(Fonte: <http://www.dee.ufcg.edu.br>)

Nos períodos 2005.2 a 2007.2, 2015.1 a 2017.1 e 2018.2 a Disciplina Gerenciamento de Energia foi lecionada pelo professor Ubirajara Rocha Meira (*in memoriam*), do Departamento de Engenharia Elétrica da UFCG. Um breve currículo do professor Ubirajara Rocha Meira é apresentado na Figura 5:



Professor Mestre do DEE-UFCG: *Ubirajara Rocha Meira*

Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Paraíba(1976) e Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Paraíba(1979), orientador Krisan Dayal Srivastava.

1976 – 1978: Engenheiro Eletricista da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco, **CHESF**, Brasil na área de Serviços Técnicos especializados, Diretoria de Engenharia, Divisão de Equipamentos.

2008 – 2011: Diretor de projetos das Centrais Elétricas Brasileiras (**Eletrobras**).

1978 – 2019: Professor Adjunto IV da Universidade Federal de Campina Grande, **UFCG**, lotado no Departamento de Engenharia Elétrica, atuando na ênfase em Sistemas Elétricos de Potência, principalmente nos seguintes temas: Vácuo, Pulso, Campo, Não-Uniforme, Ruptura.

Figura 5 – Currículo resumido do Professor Ubirajara Rocha Meira.
(Fonte: lattes.cnpq.br/1494075605909463)

Nos períodos de 2000.1 a 2000.2, 2001.2 a 2004.1, 2008.1 a 2012.1, 2019.1 até 2020.1 a disciplina de Gerenciamento de Energia foi ministrada pelo Professor Benedito Antonio Luciano no Departamento de Engenharia Elétrica da UFCG. Um breve currículo do Professor Benedito Luciano é apresentado na Figura 6:



Professor Doutor da DEE-UFCG: *Benedito Antonio Luciano*

Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Paraíba (1977), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Paraíba (1984) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Paraíba (1995). Orientadores: Edison Roberto Cabral da Silva, Wellington Santos Mota, Claudio Shyinti Kiminami e Misael Elias de Moraes.

1977-Atual: Professor Titular lotado no Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande - **UFCG** com experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Conversão Eletromecânica, Circuitos Magnéticos, Magnetismo e Eletromagnetismo aplicados, atuando principalmente nos seguintes temas: eficiência energética, ligas amorfas, ligas nanocristalinas, transformadores com núcleo de liga amorfa, transformadores de corrente com núcleo de ligas nanocristalinas, sensores eletromagnéticos e novos materiais magnéticos.

2012-2014: Atuou como Tutor do Programa de Educação Tutorial (PET) no âmbito do curso de graduação em Engenharia Elétrica da UFCG (01/2012 a 03/2014).

Atual: Senior Member do IEEE - The Institute of Electrical and Electronic Engineers.

Figura 6 – Currículo resumido do Professor Benedito Antonio Luciano.
(Fonte: <http://lattes.cnpq.br/2390722791029216>)

De 1999 até o corrente ano de 2020 foram matriculados aproximadamente 593 alunos. Desse total foram aprovados 544.

Todavia, neste ano de 2020, a Reitoria da UFCG, mediante PORTARIA Nº 28, de 18 de março de 2020, resolveu suspender todas as atividades acadêmicas presenciais como forma de prevenção e adequação do funcionamento da Universidade Federal de Campina Grande face às determinações oficiais referentes à emergência de saúde pública decorrente da COVID-19.

Em virtude dessa excepcionalidade, a UFCG elaborou e implantou institucionalmente o Regime Acadêmico Extraordinário e dentro deste o Plano Acadêmico de Ensino Remoto (PAER). Neste cenário, foi criado o período letivo 2020.0 e a disciplina de Gerenciamento de Energia foi oferecida de forma remota, com o objetivo de mitigar os impactos causados pela situação de Pandemia Mundial vivenciada, permitindo aos estudantes o avanço na integralização de seus créditos.

Assim, conforme informações contidas no Quadro 2, percebe-se que entre os períodos de 1999 a 2019.2 o percentual de alunos aprovados foi de 95,1%, o que evidencia um alto índice de aproveitamento.

Período Letivo	Nome do professor	Número de alunos matriculados	Número de alunos aprovados
2020.0	Benedito Antonio Luciano	15	Período em curso
2020.1	Benedito Antonio Luciano	21	Período suspenso
2019.2	Benedito Antonio Luciano	22	21
2019.1	Benedito Antonio Luciano	27	27
2018.2	Leimar de Oliveira	01	01
2018.1	Ubirajara Rocha Meira	58	57
2017.2	Leimar de Oliveira	02	02
2017.1	Ubirajara Rocha Meira	51	48
2016.2	Ubirajara Rocha Meira	02	02
2016.1	Ubirajara Rocha Meira	39	39
2015.2	Não foi oferecida	-	-
2015.1	Ubirajara Rocha Meira	51	50
2014.2	Não foi oferecida	-	-
2014.1	Ubirajara Rocha Meira	36	36
2013.2	Não foi oferecida	-	-
2013.1	Ubirajara Rocha Meira	35	30

2012.2	Não foi oferecida	-	-
2012.1	Benedito Antonio Luciano	30	28
2011.2	Não foi oferecida	-	-
2011.1	Benedito Antonio Luciano	29	28
2010.2	Não foi oferecida	-	-
2010.1	Benedito Antonio Luciano	18	17
2009.2	Não foi oferecida	-	-
2009.1	Benedito Antonio Luciano	21	20
2008.2	Benedito Antonio Luciano	17	16
2008.1	Benedito Antonio Luciano	12	11
2007.2	Ubirajara Rocha Meira	14	14
2007.1	Ubirajara Rocha Meira	11	09
2006.2	Ubirajara Rocha Meira	14	14
2006.1	Ubirajara Rocha Meira	14	13
2005.2	Ubirajara Rocha Meira	27	27
2005.1	Não foi oferecida	-	-
2004.2	Não foi oferecida	-	-
2004.1	Benedito Antonio Luciano	19	17
2003.2	Benedito Antonio Luciano	11	10
2003.1	Benedito Antonio Luciano	3	2
2002.2	Benedito Antonio Luciano	5	4
2002.1	Benedito Antonio Luciano	3	3
2001.2	Benedito Antonio Luciano	(*)	(*)
2001.1	(*)	(*)	(*)
2000.1	Benedito Antonio Luciano	(*)	(*)
2000.2	Benedito Antonio Luciano	(*)	(*)
1999.2	(*)	(*)	(*)
1999.1	(*)	(*)	(*)

Quadro 2 – Disciplina Gerenciamento de Energia ao longo dos períodos letivos
(Autoria: Professor Benedito A. Luciano)

(*) Informações solicitadas, mas não obtidas junto às secretarias do DEE e da CGEE

3. Metodologia De Ensino Aprendizado

3.1. Concepção e Práxis atual

De acordo com o Plano de Curso elaborado pelo professor Benedito Antonio Luciano, a metodologia empregada para a exposição dos conteúdos encontra-se apoiada na aula operatória, proposta por Ronca e Terzi^[1], na qual o aluno contribui efetivamente no processo de ensino aprendizagem, dispondo de um espaço para confrontar o seu conhecimento preliminar com as informações apresentadas pelo professor. Desta maneira, o discente se torna um protagonista ativo no processo de ensino-aprendizado.

A apresentação dos conteúdos acontece por intermédio de aulas teóricas, de palestras e de seminários temáticos, realizados por recursos áudio visuais e computacionais.

As avaliações são baseadas em provas operatórias orais, nas quais os alunos são agrupados em equipes e desenvolvem uma pesquisa acerca dos temas previamente determinados com a finalidade de produzir um texto referente ao tema escolhido e discorrer sobre este em uma apresentação a toda turma durante o horário de aula, norteando-se pelos conteúdos apresentados pelo professor e também por pesquisas realizadas.

Ao final da exposição oral, o professor questiona os membros da equipe e, assim, os alunos passam a intensificar os conceitos já arraigados e inquirir sempre o que está sendo colocado em debate. Além disso, os estudantes têm a oportunidade de expor as suas opiniões a respeito da temática, suas compilações sobre o conteúdo que está sendo ministrado, não sendo aceitos cópias ou trechos de outros trabalhos. Desse modo, alunos produzem seus conhecimentos.

As avaliações escritas são individuais, com o intento de analisar o nível de aprendizagem de cada aluno, buscando apontar os conhecimentos construídos e as dificuldades de forma interativa com o professor.

Faz-se necessário evidenciar que o erro durante a avaliação individual não representa a ausência de conhecimento adequado. Logo, toda resposta ao

processo aprendizagem, seja certa ou errada, é uma demonstração dos conhecimentos adquiridos e apreendidos, e uma oportunidade de recomeço para novas tomadas de decisão.

Uma prática educativa oportuna é a palestra, que visa à aprendizagem de novos conteúdos multidisciplinares, pois à medida que o educando entra em contato com áreas correlatas, amplia sua visão em relação a discussões inéditas e agrega novas concepções, fortalecendo seu senso crítico.

Desta maneira, a partir do semestre letivo 2019.1 o professor Benedito Antonio Luciano teve a iniciativa de convidar pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento para apresentar palestras sobre assuntos correlacionados com a ementa da disciplina Gerenciamento de Energia, conforme detalhado no Quadro 3.

Período	Data	Palestrante	Título da palestra
2019.1	19/03/2019	Prof. Dr. Edmar Candeia Gurjão (DEE/CEEI/UFCG)	Considerações sobre a implantação de um projeto de gerenciamento de energia elétrica na UFCG
2019.1	28/03/2019	Economista Antonio Pereira Barbosa (Auditor Fiscal)	Carga tributária incidente sobre a conta de energia elétrica
2019.1	15/05/2019	Prof. Dr. Jalberth Fernandes de Araujo (DEE/CEEI/UFCG)	Gerenciamento do tempo
2019.2	15/08/2019	Prof.ª D.ª. Luiza Eugênia da Mota Cirne (Engenharia Agrícola/CTRN/UFCG)	Mobilização social em saneamento ambiental/Gerenciamento de resíduos sólidos/Estudo de caso de Campina Grande – PB
2019.2	19/09/2019	Prof. Dr. Gustavo Maurício Filgueiras Nogueira	Gestão de Projetos Públicos: o case do Governo do Estado do Rio Grande do Norte (2015/2018)
2019.2	22/10/2019	Marcelo Renato Cerqueira Paes Júnior (Engenheiro Eletricista)	Eficiência Energética e Qualidade de Energia Elétrica
2019.2	31/10/2019	Prof. Dr. George Rossany Soares de Lira (DEE/CEEI/UFCG)	Campanha da medição da QEE em função do acesso de fontes não lineares à rede elétrica: um estudo de caso

2020.1	A confirmar	Mário de Souza Araújo Neto (Engenheiro Eletricista)	A combinar
2020.1	A confirmar	Prof. Dr. Kepler Borges França (Departamento de Engenharia Química/ CCT/UFCG)	A combinar
2020.1	A confirmar	Dr. Robson Barbosa (Doutor em Energia pela USP/São Paulo)	A combinar

Quadro 3 – Palestrantes e temas. (Fonte: Própria).

De forma didática, no início de cada semestre letivo, o professor apresenta os objetivos e a importância da disciplina, seguindo uma programação preestabelecida dos conteúdos, estabelecendo as conexões entre os assuntos a serem estudados e outros mutuamente dependentes, de acordo com os seguintes objetivos específicos:

- Apresentar os tópicos fundamentais que norteiam o uso racional energia, sem que isto implique em redução do conforto e da produtividade;
- Explorar de forma didática os tipos de tarifas e preços vigentes relativos à energia elétrica;
- Descrever a conjuntura dos sistemas de energia elétrica face à ordem econômica e política vigente nacional e internacional;
- Explanar e argumentar as concepções em torno da eficiência energética e da qualidade de energia elétrica em suas referências teóricas e práticas;
- Reconhecer as predominantes disfunções e fenômenos eletromagnéticos que degeneram a qualidade da energia elétrica;
- Apresentar aplicações energéticas no âmbito da eficiência, viabilidade técnica e econômica, abrangendo os impactos sociais e impactos ambientais.

Atualmente, o conteúdo programático explanado na Disciplina de Gerenciamento de Energia ampara-se nas seguintes diretrizes temáticas, conforme o organograma apresentado na Figura 7.

GERENCIAMENTO DE ENERGIA

Introdução:

- Apresentação do plano de curso;
- Significado de aula operatória e avaliação operatória;
- Como redigir e apresentar trabalhos técnicos e científicos;

Unidade I

Economia de energia: conceitos básicos, aspectos técnicos, econômicos e ambientais;

Estrutura do mercado dos sistemas elétricos: energia e sociedade, fatores intervenientes na definição da estrutura dos sistemas elétricos;

Regulamentação do setor elétrico;

Tarifas e preços: definições e conceitos importantes, grupos e subgrupos de consumidores, tarifação horo-sazonal, análise da fatura de energia elétrica;

Balanco Energético Nacional (BEN);

Unidade II

Diagnóstico energético: conceito, objetivos, etapas sequenciais, técnicas de PDCA-TQC/TQM, ferramentas básicas para os diagnósticos energéticos;

Gerenciamento energético: o que é um sistema de gestão, características gerenciais das empresas, ciclo de gerenciamento nas empresas e instrumentos de gestão, a importância da gestão participativa, ciclo de gerenciamento nas empresas versus funções internas;

Gerenciamento pelo lado da oferta (GLO) e Gerenciamento pelo lado da demanda (GLD);

Cogeração: conceito, o desenvolvimento da cogeração, aspectos tecnológicos, aspectos econômicos, potenciais de cogeração;

Unidade III

Eficiência energética: formas de energia, conversões energéticas, recursos energéticos, eficiência nas usinas, nas linhas de transmissão, nos sistemas de distribuição e nos usos finais; educação e treinamento em eficiência energética;

Exergia: definições de exergia, eficiência exergética e comparações entre exergia e energia;

Qualidade de energia: termos e definições associados à qualidade da energia elétrica (QEE), tipos de distúrbios, equipamentos e cargas não-lineares, soluções de problemas de qualidade de energia, legislações nacional e internacional sobre QEE;

- Palestra a ser apresentada por especialista convidado pelo professor da disciplina;
- Considerações gerais sobre as Unidades I, II, III, respectivamente;
- Visão sistêmica do Gerenciamento de Energia na Engenharia Elétrica;
- Avaliação operatória: apresentações orais em equipe e prova escrita individual.

Figura 7 – Organograma do Plano de Curso da Disciplina de GE. (Autoria: Própria)

É importante elucidar o formato metodológico adotado no período 2020.0, no qual está contido no Plano Acadêmico de Ensino Remoto (PAER), que integra o Regime Acadêmico Extraordinário, em decorrência da situação de pandemia mundial vivenciada.

Neste novo formato, buscando-se adequar o ensino da Disciplina de Gerenciamento de Energia ao sistema telepresencial. Mantendo-se a ementa e os objetivos referentes ao estudo da matéria, contudo a forma de exposição teve de ser modificado como melhor explicitado nos parágrafos subsequentes.

A apresentação do conteúdo dar-se-á mediante aulas síncronas e assíncronas, apoiadas em recursos audiovisuais e computacionais. Durante os encontros síncronos, as exposições orais e visualizadas, há tempo para perguntas, que além de manterem a atenção dos alunos, propiciam o processo participativo de aprendizagem reflexiva.

Os recursos utilizados são os microcomputadores e/ou celulares (professor e alunos) dotados de recursos de multimídia e conectados à internet; Biblioteca Virtual da UFCG; e Controle Acadêmico Online da UFCG.

O processo avaliativo acontecerá ao término de cada unidade por meio de uma avaliação e para cada aluno será atribuída uma nota. Essas avaliações serão feitas em duas modalidades: em equipe (oral) e individual (por escrito), envolvendo questões teóricas e situações práticas.

A nota atribuída a cada aluno será computada como a média aritmética das notas obtidas no trabalho de equipe e na avaliação individual. Caso o estudante não atinja a pontuação necessária para ser aprovado por média, ele será submetido a uma avaliação final, englobando todo o conteúdo focado.

3.2. Metodologia aplicada ao meio digital

Um das metodologias adotadas pelo Prof. Benedito Antonio Luciano é a disponibilização dos materiais didáticos correspondentes à disciplina de Gerenciamento de Energia.

Conforme mostrado na linha do tempo, na figura 9, ao passo que as atividades foram acontecendo no decorrer dos períodos, a exemplo, elaboração dos materiais dos seminários executados por um grupo de alunos, os próprios artigos desenvolvidos pelo professor, os *slides* utilizados para as aulas, as apostilas contendo a literatura necessária ao ensino da disciplina,

dessa maneira, estes arquivos de estudo foram agrupados e armazenados em diversos formatos digitais, com a finalidade de viabilizar um material de estudo de qualidade aos alunos, professores, técnicos, engenheiros, ao longo dos anos, compondo-se então um arcabouço de informações sobre o Gerenciamento de Energia.

Nesta secção do trabalho serão apresentados alguns depoimentos dos alunos que cursaram a disciplina de Gerenciamento de Energia e fizeram parte da composição das diversas maneiras de viabilizar este amparo intelectual em um meio digital.

Na Figura 8, tem-se o depoimento do ex-aluno Euler de Macedo, que confeccionou um CD-ROM, no período 2008.2, com o propósito de reunir todo o material utilizado na disciplina numa única mídia para facilitar o acesso aos arquivos e servir a futuras consultas. Expõe também resumidamente a influência do estudo do Gerenciamento de Energia na sua carreira profissional, notadamente, nas funções que desempenha presentemente como Diretor do Centro de Energias Alternativas e Renováveis (CEAR) do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Na Figura 9, é apresentado o depoimento da ex-aluna Taísa Felix, que elaborou, no período de 2009.1, um CD-ROM com uma interface gráfica para, de uma maneira mais interativa, conectar os alunos a todo arcabouço teórico reunido até então. Em breve síntese, Taísa narra os principais aspectos de sua jornada acadêmica e profissional, sublinhando a contribuição do aprendizado na Disciplina de Gerenciamento de Energia, tanto para o magistério que exerceu durante 5 anos no Instituto Federal de Brasília (IFB), como para o atual cargo de Analista do Mercado Europeu de Energia Elétrica.

Em seguida, na Figura 10, contém o depoimento de Raphael Reis, responsável pela produção de um CD-ROM com o plano de curso referente ao período 2012.2 além de todo material bibliográfico reunido até aquela data. O ex-aluno relata sua trajetória profissional e declara a importância dos conteúdos ensinados na disciplina de Gerenciamento de Energia e dos aprendizados extracurriculares propiciados, os quais, hodiernamente, como professor de Instalações Elétricas da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRP), permitem-lhe disseminar a cultura do combate ao

desperdício de energia em sala de aula.

Adicionalmente, na Figura 11 é apresentado o depoimento de Maura Rodríguez, autora deste trabalho, relatando a concepção da ideia de reunir todos os elementos de amparo intelectual disponibilizados na disciplina de Gerenciamento de Energia até o período de 2019.1 em um *site* com acesso chave QR Code, destacando os reflexos de referida proposta na elaboração do seu Trabalho de Conclusão de Curso.

Depoimento de **EULER CASSIO TAVARES DE MACEDO**

Fico feliz que o material desenvolvido tenha servido de referência para os demais alunos. Na época o objetivo da compilação do material em forma de cd-rom foi de permitir aos discentes um acompanhamento sequencial do conteúdo programático a partir de um único meio. Naquele período, este tipo de mídia era algo bem usado e por isso acredito que foi útil durante algum tempo e contribuiu na disseminação do material. O conteúdo em si, na minha carreira profissional deu suporte a alguns projetos, mesmo tendo seguido a carreira acadêmica como docente.

Ainda no final de minha graduação, fundei uma startup relacionada ao setor elétrico, e lembro de ter participado de um projeto de eficiência energética em uma grande central de distribuição em Campina Grande, e o conteúdo visto em sala de aula foi empregado. Também na época, realizei um projeto de avaliação de consumo do hospital Pedro I, e consegui reduzir o gasto com energia por conta de reativos.

Atualmente, mesmo lecionando disciplinas relacionadas a área de eletrônica, ressalto a importância do assunto de eficiência energética para meus alunos, haja visto que acredito ser uma das formas de atuação mais direta e com baixo investimento que um engenheiro pode atuar. Também vejo que é constante a busca por profissionais qualificados e com certificação, como por exemplo a EVD, a qual recomendo aos alunos buscarem se informar, pois eu mesmo não tinha conhecimento até ter aprovado um projeto relacionado ao tema de eficiência energética para a universidade na qual trabalho. Esse tipo de certificação valoriza o currículo de um engenheiro que queira se direcionar para a área de eficiência energética. Acredito que seja isso, e desejo sucesso aos alunos que desejam direcionar sua atuação para o setor.

Aluno Euler Cassio Tavares De Macedo

Figura 8. Depoimento de Euler Macedo (Fonte: Própria)

Depoimento da TAISA DE ALMEIDA FELIX

Meu nome é Taísa de Almeida Felix, formei-me em engenharia elétrica na UFCG em 2009 e atualmente trabalho na área de inteligência de mercados de energia elétrica, mais precisamente no mercado europeu de curto prazo.

Como a grande maioria dos alunos de Gerenciamento de Energia Elétrica, cursei a disciplina no último ano da graduação. Logo no início do semestre, pude perceber que a disciplina tinha um formato transversal, um pouco diferente dos outros cursos da engenharia, abordando tópicos históricos e atuais relacionados ao sistema elétrico brasileiro e relacionando cada temática abordada com o conhecimento técnico adquirido nos anos precedentes da graduação.

A integração do conhecimento acadêmico com a realidade e a utilização de formas de avaliação inovadoras, como é o caso do desenvolvimento do CD-ROM, fizeram-me entender melhor o processo de aprendizado. Esses ensinamentos foram especialmente úteis durante os 5 anos em que fui professora da área de eletricidade no Instituto Federal de Brasília (IFB).

A tarefa de organizar os trabalhos da turma num CD-ROM representou o desenvolvimento de material didático que me trouxe enorme realização, com impactos positivos sobre os demais alunos. Além disso, saber que esse material seria usado por turmas subsequentes deu ainda mais sentido e importância ao trabalho.

Definitivamente não foi uma tarefa fácil. Estávamos todos no final do curso, ansiosos em busca de estágio, preocupados com o trabalho de conclusão de curso e com a iminente entrada no mercado de trabalho. Nesse contexto, a proposição de criação do CD-ROM foi um desafio, cujo desenvolvimento me traz boas lembranças, tanto pela orientação segura do professor Benedito Antonio Luciano, como pela satisfação do aprendizado da matéria e o contentamento da produção de um legado.

O professor Benedito, que já havia uma ideia estruturada do que seria a produção do material, instruiu-nos até mesmo na forma de apresentar os trabalhos seja na parte oral, seja na parte escrita, o que me deu enorme tranquilidade para, além dos trabalhos da disciplina, poder realizar minhas apresentações de TCC e estágio, ao final daquele ano.

As aplicações de Gerenciamento de Energia não se resumiram à época em que fui professora. Ao entender melhor como funcionava a estrutura do Sistema Elétrico Brasileiro, pude ter contato pela primeira vez com a área de mercados de energia elétrica, o que foi crucial para minha decisão de fazer um mestrado na área de otimização de mercados de energia elétrica que fiz na Universidade de Brasília (UnB) em 2013 e mais recentemente com o trabalho que desenvolvo na European Power Exchange (EPEX SPOT).

Por fim, hoje tenho dimensão mais clara do quão importante e enriquecedora foi a experiência de cursar Gerenciamento de Energia Elétrica com o professor Benedito. O caráter multidisciplinar da abordagem durante os trabalhos conferiram-me novas habilidades para transitar entre diferentes áreas da engenharia elétrica seja no meio acadêmico, seja no mundo corporativo profissional.

Aluna Taísa De Almeida Felix

Figura 9. Depoimento de Taisa Felix (Fonte: Própria)

Depoimento de **RAPHAEL LEITE DE ANDRADE REIS**

Recordo-me que o prof. Benedito lançou a ideia de parceria com algum estudante para elaboração de uma mídia digital contendo o material do curso, trabalhos desenvolvidos pelos alunos durante o período e alguns complementos. Neste cenário, prontamente me dispus a participar, devido ao tamanho interesse em trabalhar com o referido professor, além de tentar aprender habilidades para gerenciar este projeto, e não só os tópicos relacionados ao gerenciamento de energia.

Basicamente, a turma foi dividida em grupos, dos quais tive a oportunidade de ser gerente de um. Além da parte técnica, comecei a estudar temas relacionados à gestão de projetos e equipe, temas estes que até então não estava no meu escopo de objetivos e se configuravam como desafios à época. Deste modo, a disciplina de Gerenciamento de Energia me possibilitou, inclusive, aprendizados extracurriculares, que venho tentando amadurecer e por em prática até os dias atuais.

Além de outras, hoje sou professor da disciplina de Instalações Elétricas, em que umas das aulas acerca de Eficiência Energética foi elaborada com base no trabalho que fizemos durante o curso de Gerenciamento de Energia. Sendo assim, os aprendizados construídos durante o curso desta disciplina foram marcos, que servem como referência para projetos mais recentes.

Aluno Raphael Leite De Andrade Reis

Figura 10. Depoimento de Raphael Reis (Fonte: Própria)

Depoimento de **MAURA LÚCIA RODRÍGUEZ ALEXANDRE**

Durante a primeira aula da disciplina, o professor Benedito Antônio Luciano sugeriu reunir os arquivos desenvolvidos na disciplina de Gerenciamento de Energia até o período de 2019.1 e hospedá-los em um ambiente virtual para que fosse possível a disponibilização de material didático em meio digital aos alunos.

Conforme as atividades referentes ao curso foram sendo realizadas, especificamente, em um dos seminários elaborados e apresentados por um grupo de estudantes, previamente determinado, do qual eu fazia parte, tive a ideia de lançar o material da exposição em uma página da *internet* para que mais tarde os alunos da disciplina e inclusive o professor pudessem ter acesso àquele conteúdo por chave *QR Code*. A aceitação foi imediata!

Então, individualizando a proposta inicialmente lançada a toda turma, o professor questionou-me se eu poderia assumir a tarefa de transpor para o meio digital os materiais de ensino. Neste contexto, concebi a ideia de projetar um *site*, com acesso por meio do *QR Code*, seja em razão do alcance da ferramenta seja por ocasião da acessibilidade que a plataforma digital propicia.

Desta maneira, surgiu o produto do meu TCC, que versa uma abordagem sistêmica da disciplina de Gerenciamento de Energia no curso de Graduação em Engenharia Elétrica da UFCG, iniciando-se com um breve levantamento histórico, destacando a relevância do estudo de GE no ambiente social, econômico, ambiental e tecnológico, além de suas contribuições na vida profissional dos Engenheiros Eletricistas formados por esta instituição,

Aluna Maura Lúcia Rodríguez Alexandre

Figura 11. Depoimento de Maura Rodríguez (Fonte: Própria)

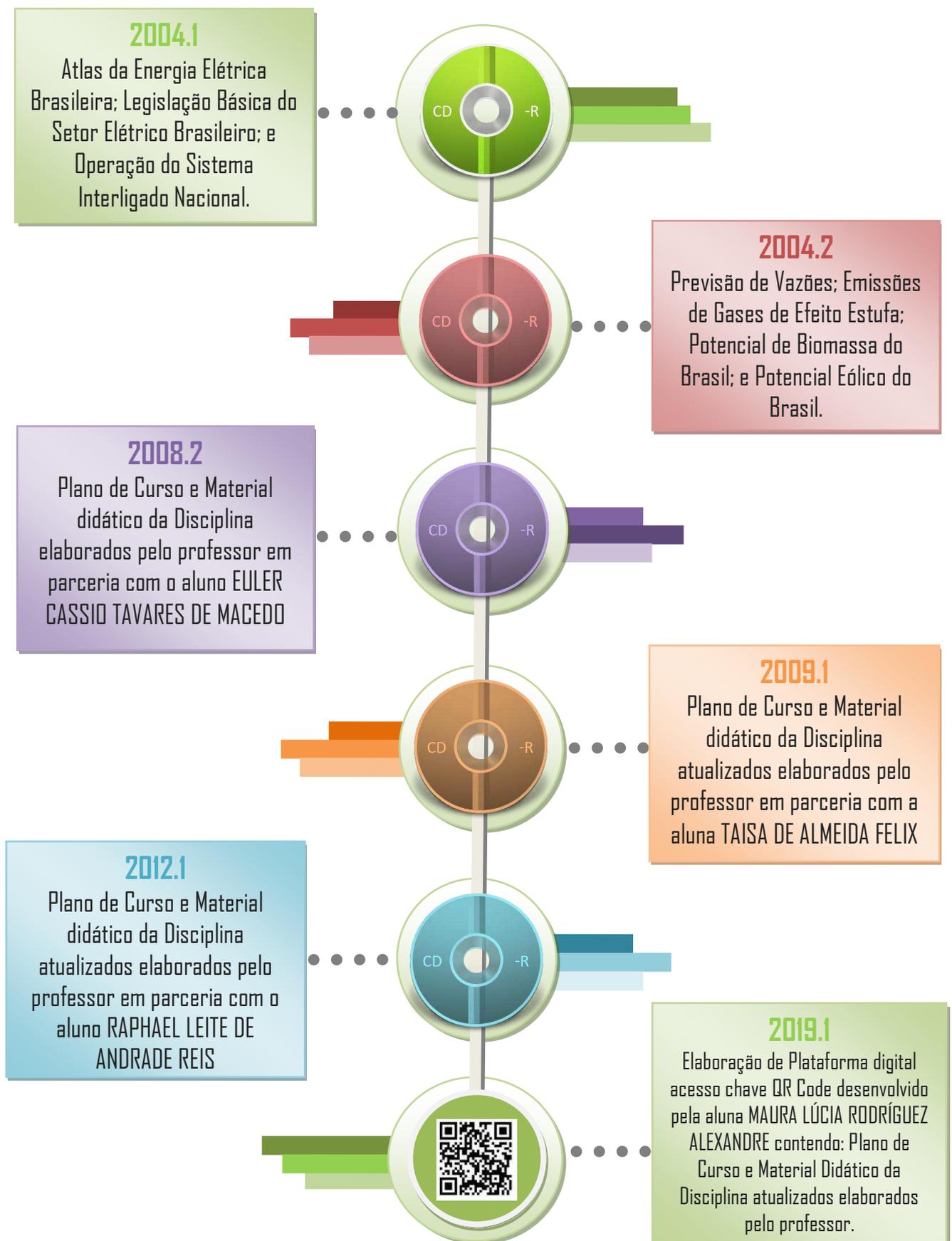


Figura 12. Linha do Tempo: materiais didáticos da Disciplina de GE em meio digital (Fonte: Própria).

É oportuno destacar dois momentos no estudo da disciplina: os de discussões dos conteúdos, das aulas expositivas, das palestras, nos quais o aluno faz um apanhado de todas as informações expostas a ele, e em seguida, de maneira correspondente nos seminários, nos trabalhos em grupo, nas avaliações operatórias, o educando assume a posição de agente ativo do aprendizado, utilizando-se da aplicabilidade do conteúdo, fornecendo os entendimentos já antes apreendidos e sedimentados.

Diante de toda a metodologia aqui discutida e explanada, as atividades desenvolvidas no âmbito da disciplina de Gerenciamento de Energia fortalece a metodologia de ensino aprendizagem centrada no processo, propiciando ao educando formar o seu próprio conhecimento, resultando assim em uma experiência única de aquisição de sapiência, tornando-o independente, proativo e questionador frente ao mercado de trabalho no qual será inserido.

3.3. Site

Indubitavelmente, a internet já faz parte do dia a dia das pessoas, principalmente dos universitários das áreas de tecnologia como os estudantes de engenharia elétrica. Além do *desktop*, o ambiente virtual está nas mãos dos alunos por meio dos *smartphones*, cada vez mais evoluídos. Assim, ter um *site* é uma ferramenta que viabiliza e agiliza o contato dos estudantes com a disciplina.

Por essa razão a importância da criação de um site para a Disciplina de Gerenciamento de Energia, pois reúne as principais informações da matéria para os alunos, possuindo um rico acervo didático essencial ao aprendizado se tornando acessível não só aos educandos como aos professores, técnicos, engenheiros e profissionais da área de Engenharia Elétrica.

Para elaboração do *site* necessitou-se seguir quatro etapas, que são explicitadas a seguir:

- Registrar do domínio: Domínio de um site é a identidade dada a ele, para este projeto foi escolhido o **.com** que é um dos mais populares e usuais, outro motivo relevante é que a plataforma utilizada está vinculada a este domínio.

- Convencionar um serviço de hospedagem: a hospedagem é em síntese o serviço de armazenamento que viabiliza a disponibilidade do seu site para quem queira acessá-lo. É possível escolher registrar o seu domínio e hospedar o seu site com a mesma empresa, e assim foi feito na elaboração do site em discussão.

Dentre a hospedagem compartilhada (servidor compartilhado), a hospedagem dedicada (exclusividade do servidor) e a VPS (*Virtual Private Server*, ou seja, Servidor Virtual Privado), a hospedagem compartilhada se mostrou mais vantajosa, em relação ao custo benefício, pois mesmo abrigando vários sites em um mesmo servidor, e possuindo uma determinada cota de memória e espaço de disco, a hospedagem escolhida é compartilhada sendo gratuita e atendendo bem ao propósito do site desenvolvido.

- Definição de um *template*: essa definição é necessária para confecção de um *site* optar por um *template* responsivo, ou seja, aqueles que se adaptam à tela do navegador que está sendo usado para abrir o *site*. Por exemplo, se o usuário abre no celular um mesmo site que havia aberto no computador e o texto se adapta à tela menor. Na ferramenta Google Sites este formato de *template* já é padronizado o que auxilia os possíveis ajustes de telas.

- Escolha de um CMS (*Content Management System*): é importante optar por um bom construtor de site, os mais acessíveis são aqueles que dispensam um acentuado conhecimento de HTML, com o propósito de edição e criação de arquivos **.html** e **.css**, para o site em questão foi permitido a escolha entre três *softwares* mais usuais o Adobe Dreamweaver, o Microsoft Front Page, e o Google Sites.

Como o *Google Sites* permite a concepção de sites sem a necessidade de um amplo conhecimento em linguagem de programação, a sua interface de acesso é bem intuitiva e agiliza o processo de criação, ou seja, é possível realizar alterações e correções no conteúdo de uma página (textos e imagens), mudar a ordem dos itens que aparecem no menu, alterar o *page title* e a meta *description* das páginas para uma melhor aparência com maior simplicidade, tornou-se então o melhor CMS dentre as opções citadas.

Conforme executada a sequência de tomadas de decisões citadas, iniciou o processo de construção do site, como será explicitado didaticamente a seguir:

Acessar o serviço:

Primeiro Passo: Acessar o endereço sites.google.com e fazer o *login* com a conta do Google previamente definida para ter acesso ao Google Sites.



Opção para logar uma conta do Google no serviço Google Sites – Foto: Reprodução/Gerenciamento de Energia



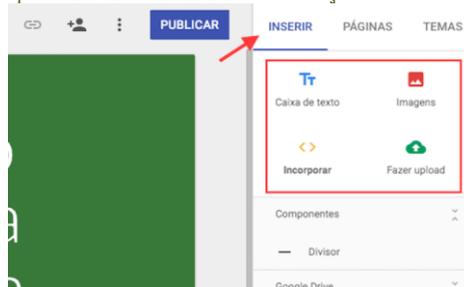
Segundo Passo: Na página inicial do serviço, clicar em "Criar" e, em seguida, selecionar "no novo Google Sites";



Ação para iniciar a interface do Google Sites – Foto: Reprodução/Gerenciamento de Energia

Inserindo elementos na página:

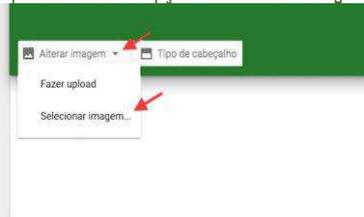
Primeiro Passo: Após o passo anterior, o Google vai abrir a página de criação de sites. Na opção "Inserir", localizada no topo da tela, estão disponíveis ações para adicionar texto, imagens, incorporar elementos e fazer upload de arquivos do computador. Na mesma área, é possível encontrar opções para inserir elementos de outros serviços do Google, como vídeos do YouTube, planilhas, documentos e outros serviços;



Opções para inserir texto, imagens, incorporar elementos e fazer upload de arquivos do computador para o Google Sites – Foto: Reprodução/Gerenciamento de Energia

Adicionando uma imagem de fundo:

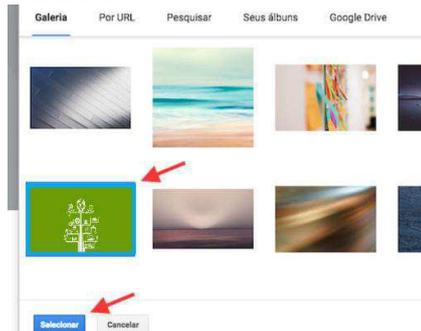
Primeiro Passo: Na página atual, é necessário clicar em "Alterar imagem". Nesse momento, é possível determinar se deseja fazer upload de uma imagem do computador ou buscar um modelo do Google para compor o fundo do site. Nesse exemplo, utiliza-se a opção "Selecionar imagem";



Opção para adicionar uma imagem de fundo em uma página do Google Sites – Foto: Reprodução/Gerenciamento de Energia



Segundo Passo: Escolher uma imagem e clicar em "Selecionar" para que ela seja adicionada ao fundo do site.



Exemplo de imagem que será adicionada no fundo de um site com o Google Sites – Foto: Reprodução/Gerenciamento de Energia

Adicionando um logotipo:

Primeiro Passo: Passar o mouse sobre o canto superior esquerdo da tela e clicar na opção "Adicionar logotipo" para buscar a imagem que representa o site.



Opção para adicionar um logotipo na página de um site com o Google Sites – Foto: Reprodução/Gerenciamento de Energia

Adicionando novas páginas ao site:

Primeiro Passo: Clicar em "Páginas" para adicionar novas páginas ao seu site;



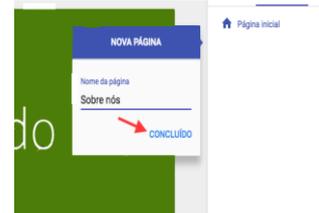
Ação para adicionar mais páginas em um site com Google Sites – Foto: Reprodução/Gerenciamento de Energia

Segundo Passo: Nesse momento, clicar no botão de mais (+), na parte inferior direita da tela;



Botão para adicionar uma nova página em um site com o Google Sites – Foto: Reprodução/Gerenciamento de Energia

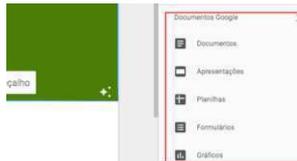
Terceiro Passo: Digitar um nome para a nova seção do site e clicar em "Concluído";



Ação para adicionar uma nova página em um site com o Google Sites – Foto: Reprodução/Gerenciamento de Energia

Adicionando elementos de serviços online do Google:

Primeiro Passo: Na seção "Inserir", rolar as opções para a parte de baixo da tela e veja os serviços online do Google. Nesse exemplo, utiliza-se o item "Formulários".



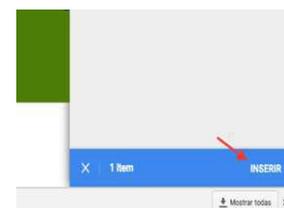
Opção para inserir documentos de serviços online do Google em um site criado com o Google Sites – Foto: Reprodução/Gerenciamento de Energia

Segundo Passo: Clicar em um dos modelos que já estão salvos em sua conta do Google Formulários;



Opções de formulários do Google para adicionar a um site com o Google Sites – Foto: Reprodução/Gerenciamento de Energia

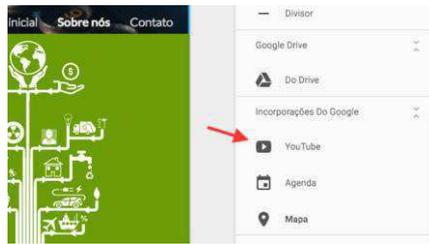
Terceiro Passo: Para usar o formulário, clique na opção "Inserir";



Opção para inserir um documento online do Google em um site construído pelo Google Sites – Foto: Reprodução/Gerenciamento de Energia

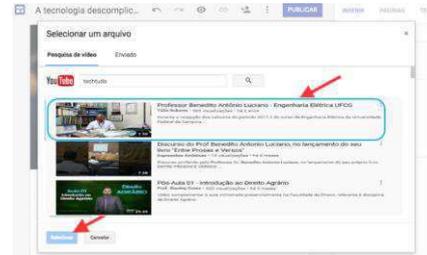
Adicionando Vídeo do YouTube:

Primeiro Passo: Ainda no item "Inserir", usa-se as incorporações do Google. Nesse exemplo, utiliza-se a opção "YouTube";



Opção para inserir um vídeo do YouTube em um site construído com o Google Sites – Foto: Reprodução/Gerenciamento de Energia

Segundo Passo: Usar a ferramenta de busca, selecionar um vídeo e clicar em "Selecionar" para que ele seja adicionado ao site.



Opção para inserir um vídeo do YouTube em um site construído pelo Google Sites – Foto: Reprodução/Gerenciamento de Energia

Usando temas para sites:

Primeiro Passo: Em "Temas", escolher um padrão para alterar fontes e outros itens no design do site. Também é possível escolher uma tonalidade padrão para o tema.



Temas para sites da ferramenta Google Sites – Foto: Reprodução/Gerenciamento de Energia

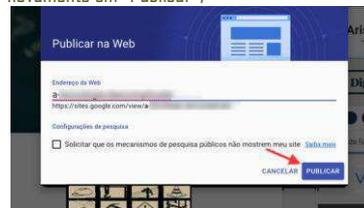
Publicar página no Site:

Primeiro Passo: Quando tiver finalizado todas as configurações, selecionar "Publicar";



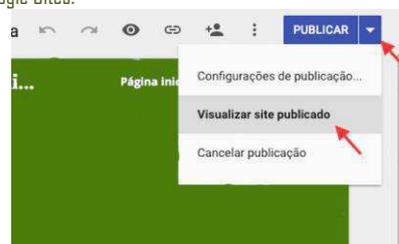
Opção para publicar um site criado com a ferramenta Google Sites – Foto: Reprodução/Gerenciamento de Energia

Segundo Passo: Salvar o endereço criado automaticamente e informar se deseja que mecanismos de pesquisa encontrem o site. Em seguida, clique novamente em "Publicar";



Opção para publicar um site finalizado com o Google Sites – Foto: Reprodução/Gerenciamento de Energia

Terceiro Passo: Para visualizar o site, é necessário clicar no ícone de seta ao lado do botão "Publicar" e escolher "Visualizar site publicado". Assim, será direcionado ao novo site. Note que, mesmo após a publicação, sua página pode ser editada usando o Google Sites.



Opção para visualizar um site criado e publicado com o Google Sites – Foto: Reprodução/Gerenciamento de Energia

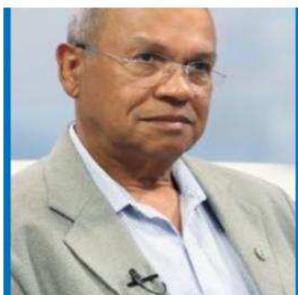
Após executar a sequência de atividades explicitadas, finalizou-se a elaboração do *site* da Disciplina de Gerenciamento de Energia, com endereçamento em: <https://sites.google.com/view/profbeneditoge>. Para exemplificar o produto final tem-se na Figura 13 a reprodução da sua página inicial.



A metodologia utilizada para a apresentação dos conteúdos previstos no Plano de Curso da Disciplina Gerenciamento de Energia é baseada na aula operatória, na qual os alunos são estimulados a participar ativamente das atividades que envolvem o processo ensino-aprendizagem.

Nesse contexto, a elaboração deste site, tendo como objetivo a sistematização dos conteúdos didáticos apresentados.

BENEDITO ANTONIO LUCIANO



Professor docente Titular do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Paraíba (1977), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Paraíba (1984) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Paraíba (1995). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Conversão Eletromecânica, Circuitos Magnéticos, Magnetismo e Eletromagnetismo aplicados, atuando principalmente nos seguintes temas: eficiência energética, ligas amorfas, ligas nanocristalinas, transformadores com núcleo de liga amorfa, transformadores de corrente com núcleo de ligas nanocristalinas, sensores eletromagnéticos e novos materiais magnéticos. Atuou como Tutor do Programa de Educação Tutorial (PET) no âmbito do curso de graduação em Engenharia Elétrica da UFCG (01/2012 a 03/2014). Atualmente, é professor Titular, lotado no Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, e Senior Member do IEEE - The Institute of Electrical and Electronic Engineers.

<http://lattes.cnpq.br/2390722791029216>



Professor Benedito Antonio Luciano - Gerenciamento de Energia - UFCG

Figura 13– Reprodução da página inicial do *site* de Gerenciamento de Energia.

3.4. QR Code

O QR Code (*Quick Response Code*) foi criado em 1994 pela empresa Denso-Wave, subsidiária da Toyota, de origem Japonesa. Como um Código de Resposta Rápida, ele foi atualizado inúmeras vezes com a finalidade de propiciar ao usuário uma experiência cada vez mais desenvolvida em sua utilização.

Esse código tem como fundamento elementar proporcionar o acesso a informações, ele está presente em diversos produtos, serviços e empresas facilitando a identificação em vários domínios.

Sendo um código bidimensional, que pode ser utilizado tanto na horizontal quanto na vertical para armazenamento de diversificados tipos de dados, o que diferencia o QR do tradicional código de barras é a sua capacidade de armazenamento, pois nele é possível reunir centenas de vezes mais dados que no anterior.

Consistindo de um gráfico de uma caixa preto e branca que contém informações pré-estabelecidas como textos, páginas da internet, SMS ou números de telefone, tais conteúdos podem ser lidos por meio de aparelhos específicos ou de aplicativos instalados em celulares associados a câmera do aparelho para que seja realizada a leitura do código.

Atualmente, o QR Code é muito utilizado no mercado publicitário, e várias ações trabalham, inclusive, com realidade aumentada. As empresas investem nesse tipo de campanha para oferecer mais informações e conteúdo exclusivo, conforme exemplificado em algumas aplicações:

- Nas revistas, são publicados códigos QR para que leitores acessem em seus celulares e computadores algum conteúdo extra relacionado às matérias.
- Na televisão, com a leitura do código, o telespectador pode comprar ou receber informações extras sobre produtos exibidos em um programa de TV.
- Nos restaurantes, são usados QR para a compra de refeições a partir de panfletos dos estabelecimentos.
- No mercado imobiliário, é disponibilizado o acesso a vídeos de lançamento imobiliário vistos em outdoors e acesso a informações extras a partir de um cartão de visitas.
- QR Code já é muito utilizado no mercado publicitário, e várias ações trabalham, inclusive, com realidade aumentada. As empresas investem nesse tipo de campanha para oferecer mais informações e conteúdo exclusivo.
- Recentemente, o WhatsApp, popular aplicativo de mensagens, adotou

o QR Code como artifício para sincronizar o app com o computador, admitindo assim que os usuários tenham acesso as suas conversas no PC por meio do navegador.

Desta maneira a utilização do QR Code vem se consolidando principalmente pelas vantagens oferecidas, pois ele dispensa a digitação de endereços de web, evitando erros ou desvios de finalidade. Com o simples passo de fazer a leitura no aplicativo, apontando apenas a câmera do celular para um QR, logo o conteúdo almejado será exibido.

Existem diversos *sites* onde é possível gerar um QR code a partir da inserção de um endereço web, texto, número de telefone ou SMS. Para o projeto explanado aqui, foi vinculado o endereço do site da Disciplina de Gerenciamento de Energia (<https://sites.google.com/view/profbeneditoge>) a um código, por meio da plataforma ZapWorks. Como pode ser visto na Figura 11.



Figura 14 – Chave QR Code de acesso à plataforma digital de GE.

Com a finalidade de divulgação foram confeccionados vários cartões conforme o modelo exibido na Figura 12, estes *cards* foram distribuídos aos alunos da disciplina de Gerenciamento de Energia do período 2019.2, durante a aula introdutória, após a amostra em sala de aula do *site*.



Figura 15 – Cartão de divulgação da chave QR Code do *site* da disciplina de GE. (Autoria: Própria)

4. Economia de Energia, Regulamentação e Estruturação do Setor Elétrico Brasileiro, Tarifas e Taxas, Balanço Energético Nacional (BEN)

Para o melhor entendimento do estudo do Gerenciamento de Energia é indicado se iniciar com a assimilação do conceito de economia de energia destacando seus aspectos ambientais, econômicos e técnicos.

Ainda como premissa, é necessário à compreensão da regulamentação e a estruturação do setor elétrico brasileiro, os balizamentos realizados sobre tarifas e preços, além do estudo das informações expostas no Balanço Energético Nacional – BEN, objetivando explicar as relações entre o setor energético e os vários setores da economia.

4.1. Economia de Energia

4.1.1. Conceitos Básicos

Quando se fala em economia, pode-se descrever como ciência que analisa e estuda os engenhos referentes à obtenção, à produção, ao consumo e à utilização dos bens materiais necessários à sobrevivência e ao bem-estar. Trazendo para o contexto da economia de energia, pode-se afirmar que, ela pauta-se no bom uso e no gerenciamento que se faz da energia, visando impedir o consumo energético desnecessário, poupar os gastos e reduzir os danos ao meio ambiente.

De acordo com o primeiro princípio da termodinâmica, a energia não pode ser criada, apenas transformada. Por meio deste princípio, as diversas formas de energia conhecidas podem ser convertidas umas nas outras, sempre acompanhadas de perdas, para obedecer ao princípio da entropia.

Explorando o conceito de Economia de Energia tem-se uma relação intrínseca ao de Eficiência Energética, que, em linhas gerais, consiste em proporcionar redução das perdas e eliminar desperdícios, reduzindo o consumo de energia, ao passo que maximiza o serviço entregue por esta mesma quantidade energética, ou ainda, é a característica de um equipamento ou processo produtivo de oferecer a mesma quantidade de produto final ou serviço a partir de uma menor quantidade de energia.

No contexto exposto, a ênfase será dada na Economia de Energia

Elétrica, pois almeja-se o uso eficiente da energia elétrica na totalidade dos setores econômicos, sendo realizado por intermédio do desenvolvimento de projetos e da exploração dos dados que evidenciam a relevância e a exequibilidade da melhoria da eficiência energética de equipamentos, de processos e dos usos finais da energia, proporcionando uma maior viabilidade econômica aos investidores deste setor.

4.1.2. Aspectos Técnicos

Um dos insumos elementares das atividades econômicas é a energia elétrica, nesse norte, é necessário um conjunto de infraestrutura nas unidades de conversão, de transmissão e de distribuição, o qual assegure o suprimento de energia elétrica, de modo integrado, seguro e econômico, preocupando-se, concomitantemente, em mitigar os prováveis impactos ecológicos.

Com a finalidade de alcançar essa meta torna-se elementar uma estrutura tecnológica avançada que possibilite o adequado dimensionamento do sistema elétrico e seus componentes.

Como é sabido, o sistema elétrico é constituído por unidades de conversão às quais são encarregadas de suprir as demandas de cargas a todo instante. Para que a energia transcorra das unidades conversoras para as cargas, são precisos sistemas de transmissão, e, para que a energia seja entregue aos consumidores, há o sistema de distribuição gerido pelas concessionárias de energia.

Diante do complexo sistema citado, verificou-se a importância de criar um órgão capaz de atenuar as divergências, no âmbito administrativo, entre os agentes e os consumidores, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que no decorrer deste trabalho será explicada melhor suas competências.

É possível evidenciar também, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) que incentivam a inovação e a evolução tecnológica dos produtos obtendo a diminuição do consumo de energia, estando equiparado com as metas do Plano Nacional de Energia (PNE 2030) e o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEE). No Quadro 4 são apresentadas as referidas medidas adotadas pelo Procel e PBE.

Medidas	O que é?
<p>Selo Procel</p> 	<p>O Selo Procel de Economia de Energia tem por objetivo indicar ao consumidor os equipamentos e os eletrodomésticos mais eficientes disponíveis no mercado, se tornando uma ferramenta simplória e eficaz no auxílio do uso racional da energia, tendo em vista a disseminação dos utensílios mais econômicos.</p>
<p>Selo CONPET</p> 	<p>Funciona de forma similar ao selo Procel, etiquetando produtos, os quais foram previamente analisados e classificados, contudo, este é destinado aos bens que consomem combustíveis como fogões, fornos, aquecedores de água a gás e automóveis.</p>
<p>ENCE</p> 	<p>A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), ela é emitida pelo INMETRO e faz parte do PBE, sua principal finalidade é indicar o nível de eficiência energética que dos mais variados bens, como edificações, veículos, eletrodomésticos, contribuindo para ampliação da consciência ao consumo eficiente de energia.</p>

Quadro 4 – Medidas de economia de energia. (Fonte: Procel info)

4.1.3. Aspectos Econômicos

Desde a Revolução Industrial, a economia baseia-se intensamente na utilização de recursos energéticos, caracterizando assim, o desenvolvimento econômico e social dos países.

A cada ano nos encontramos em um mundo diferente. De um desafio

a outro em um curto espaço de tempo, a eficiência energética continua sendo uma solução comprovada, não somente para economizar energia, mas também como um caminho para o desenvolvimento econômico e ambiental exitoso no presente e no futuro. Afinal, o desenvolvimento de uma sociedade também pode ser medido pelos avanços no uso da energia. (Wilson Ferreira Junior - Presidente da Eletrobras, Resultados PROCEL 2019).

Conforme a citação, o empenho para reduzir o consumo de energia por meio da contenção dos insumos energéticos, garante a economia de energia. Na qual, resulta de várias de dimensões econômicas interdependentes, sejam as estratégias das empresas privadas, sejam as políticas governamentais.

No Relatório publicado anualmente, considerando a avaliação quantitativa das atividades desenvolvidas pelo PROCEL 2019 (ano base 2018), entre o período de 1986 a 2018, ocorreu uma economia de energia na ordem de 151,6 bilhões de kWh.

Os dados mais recentes disponíveis no Relatório de Resultados PROCEL 2019 – ano base 2018 está exposto no Quadro 5, evidenciando-se a relevância das iniciativas fomentadas pelo PROCEL na economia de energia do país.

Período	Valores	Especificações
2018	34 milhões	Equipamentos vendidos que tem o selo PROCEL
2018	22,94 bilhões de kWh	Valor de energia economizado que a utilização dos equipamentos com o Selo Procel propiciou em 2018
2018	1,701 milhão tCO ₂ *	Economia de energia equivalente não emissão de gases poluentes por certa de 584 mil veículos em 2018
2018	7.257 MW	Contribuição para uma redução de demanda na ponta
2015-2018	18,93 GWh	Acumulo de energia não consumida desde 2015 até 2018, oriundo do conjunto de edificações construídas etiquetadas com o Selo Procel Edificações
2015-2018	12,12 milhões	Economia de energia equivalente ao consumo anual de 12,12 milhões de residências
2018	4,87%	Representação percentual da economia de energia no consumo total de eletricidade do Brasil
2018	8,42%	Aumento percentual da economia de energia em relação ao ano anterior

Quadro 5 - Resultados PROCEL 2019 – ano base 2018. (Fonte: Procel info)

*Utilizou-se o fator de emissão médio de CO₂ equivalente disponibilizado em http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/texto geral/emissao_corporativos.html para o ano de 2018. Esse fator tem como objetivo estimar a emissão de CO₂ equivalente associada a uma geração de energia elétrica determinada.

4.1.4. Aspectos Ambientais

A energia elétrica é obtida por meio da conversão de fontes de energias primárias, sejam elas, fontes renováveis: não se esgotam a médio e longo prazo, e fontes não-renováveis: tendem a se esgotar. A formação das bases energéticas dos países sempre se reverteu em recursos econômicos, assim como a disponibilidade de recursos naturais e viabilidade de exploração.

Diante do exposto, as conversões necessárias para gerar a energia elétrica trazem diversos impactos ambientais, no Quadro 6 há uma análise esquemática a respeito das principais fontes de energias, relacionando suas vantagens e desvantagens no âmbito ecológico.

Tipo de Energia	Vantagens	Desvantagens
Hidráulica 	<ul style="list-style-type: none"> - A água é devolvida para o rio nas mesmas condições anteriores ao uso. - Na fase de funcionamento a hidroelétrica emite pouco GEE. 	<ul style="list-style-type: none"> - Inundação de vastas áreas, provocando alterações no ecossistema, destruindo fauna e flora e atingindo povoados. - A decomposição da vegetação submersa nas barragens dá origem aos gases metano, carbônico e óxido nitroso, que causam mudanças no clima da Terra.
Térmica 	<ul style="list-style-type: none"> - Alternativa rápida e acessível para a produção de energia elétrica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Queimam combustíveis fósseis, responsáveis pelo efeito estufa e pelo efeito das chuvas ácidas, as quais destroem a vegetação e acidificam os solos.
Nuclear 	<ul style="list-style-type: none"> - Não liberam gases estufas. - Exigência de pequena área para construção da usina. - Grande disponibilidade do combustível e pequeno risco no transporte. - Independência de fatores climáticos. - Usada na medicina para tratamento do CA. 	<ul style="list-style-type: none"> - O lixo nuclear radioativo; - Risco de acidentes nucleares; - Problemas ambientais, devido ao aquecimento de ecossistemas aquáticos pela água do resfriamento dos reatores.
Solar 	<ul style="list-style-type: none"> - Exige pouca manutenção. - Uma casa pode ser uma mini usina de energia. 	<ul style="list-style-type: none"> - Baterias utilizadas na armazenagem de energia podem causar danos ao meio ambiente, pois quando depositadas em aterros sanitários há o risco de contaminação do solo e de águas subterrâneas; - Os painéis fotovoltaicos possuem em sua constituição metais pesados como o cromo e o chumbo, os quais oferecem riscos à saúde em caso de contaminação.
Eólica 	<ul style="list-style-type: none"> - O terreno pode ser compartilhado com atividades agropecuárias. - Uma casa pode transformar-se em uma minigeradora. 	<ul style="list-style-type: none"> - Emissão de poluentes no processo de fabricação dos componentes do sistema. - Geração de ruídos e impacto visual; - Sobre a fauna, interferindo no comportamento migratório das aves.

Quadro 6 – Relação das vantagens e desvantagens das principais fontes de energia.
(Autoria: Própria)

4.2. Regulamentação do Setor Elétrico Brasileiro

A energia elétrica tornou-se indispensável ao desenvolvimento socioeconômico dos países. No Brasil, para que haja o suprimento toda a demanda da sociedade, o sistema elétrico brasileiro apresenta uma grande rede de transmissão de energia elétrica, em 2017, o tamanho das linhas de transmissão na Rede Básica (≥ 230 kV), atingiu cerca de 142 mil km de linhas em operação.

Esse grandioso sistema permite o intercâmbio da energia produzida em todas as regiões, possibilitando continuidade dos serviços praticamente todos os dias do ano. Para manter o desempenho adequado desse setor torna-se elementar uma regulamentação, mantendo a previsibilidade e a estabilidade a fim de se cumprir o que foi fixado nas aprofundadas e extensas discussões entre os agentes envolvidos.

Assim, a estrutura institucional do setor elétrico brasileiro com suas respectivas atribuições é composta por mecanismos de formulação de políticas públicas, monitoramento do setor, regulação e fiscalização de agentes setoriais que atuam no sistema. Na Figura 16 é apresentada uma visão geral da organização institucional do setor elétrico brasileiro e sua complexa interação.

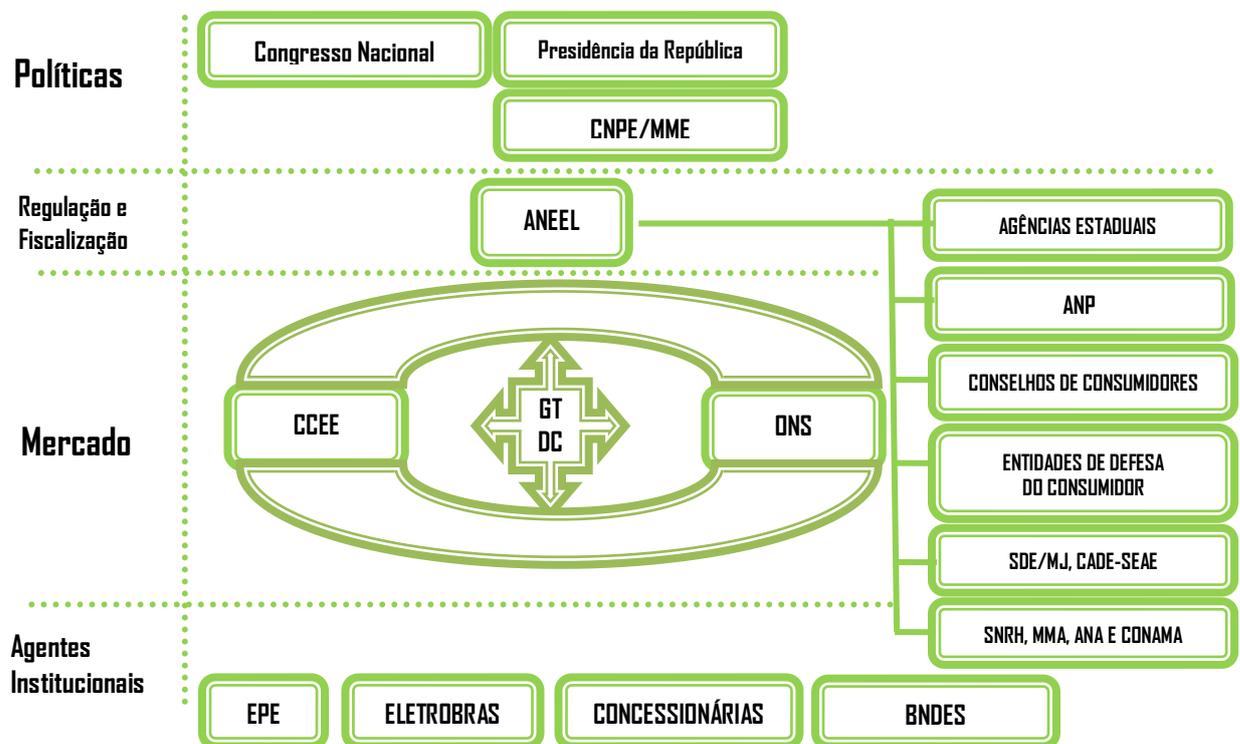


Figura 16 - Diagrama esquemático do setor elétrico brasileiro. (Fonte: ANEEL)

4.2.1. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é uma autarquia em regime especial, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, foi criada pela Lei nº 9.427 de 1996. Ela está incumbida de proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva de forma harmoniosa entre os seus agentes e em benefício da sociedade, ela iniciou suas atividades em dezembro de 1997.

Suas principais atribuições são: regular a geração (produção), transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica; fiscalizar, diretamente ou mediante convênios com órgãos estaduais, as concessões, as permissões e os serviços de energia elétrica; implementar as políticas e diretrizes do governo federal relativas à exploração da energia elétrica e ao aproveitamento dos potenciais hidráulicos; estabelecer tarifas; dirimir as divergências, na esfera administrativa, entre os agentes e entre esses agentes e os consumidores; promover as atividades de outorgas de concessão, permissão e autorização de empreendimentos e serviços de energia elétrica, por delegação do Governo Federal.

Na Figura 17 é apresentado o posicionamento da ANEEL na regulamentação do setor elétrico, atuando como centro de mediação e ponto de equilíbrio entre o interesse público, consumidores, governo e agentes regulados. Nesse contexto, atualmente, três modalidades de regulação são praticadas na ANEEL: técnica de padrões de serviço, econômica (tarifas e mercado), projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e eficiência energética.



Figura 17 – Diagrama esquemático da atuação da ANEEL no setor elétrico brasileiro. (Fonte: ANEEL, 2017)

4.2.2. Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS)

O ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico é uma instituição de direito privado, criada em 26 de agosto de 1998, sem fins lucrativos, responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN) sob fiscalização e regulação da ANEEL. Atualmente, a ONS possui quatro sedes situadas em: Recife, Rio de Janeiro, Florianópolis e Brasília.

Suas principais diretrizes são: fomentar a otimização da operação do sistema eletroenergético, visando o menor custo para o sistema, norteando-se pelos padrões técnicos e pelos critérios de confiabilidade estabelecidos nos Procedimentos de Rede aprovados pela ANEEL; garantir que todos os agentes do setor elétrico tenham acesso à rede de transmissão de forma não discriminatória; contribuir, em conformidade com a natureza de suas atividades, para que haja a expansão do Sistema.

Além disso, ONS possui algumas atribuições que são descritas na resolução autorizativa Nº 328, de 12 de agosto de 2004, documento aprovado pela ANEEL, onde descreve o Estatuto do ONS.

Na Figura 18 é apresentada, de forma esquemática a atuação da ONS no âmbito do Setor Elétrico brasileiro.

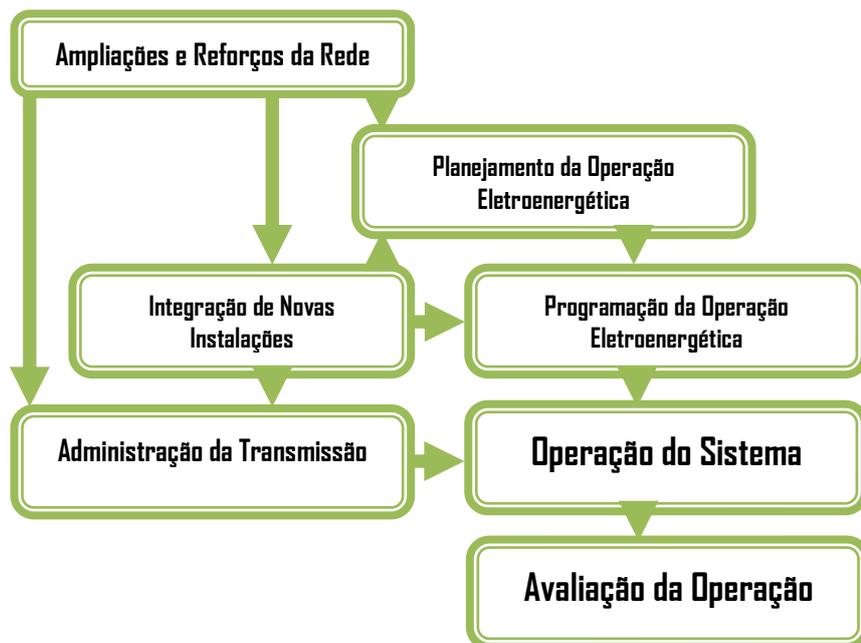


Figura 18 - Atuação do ONS. (Fonte: ONS, 2019)

4.3. Estrutura do Mercado dos Sistemas Elétricos

4.3.1. Energia e Sociedade (Contexto Histórico)

Sendo um país de potencial elétrico proeminente, o Brasil, iniciou a exploração dessa capacidade energética no século passado, com o estudo e gerenciamento da Conversão, Distribuição, Transmissão e Comercialização da energia, inicialmente comandada pelo Estado. Mais tarde, esse modelo começou a ser posto em discussão o que viabilizou novas perspectivas de reformulação no setor elétrico que até então era vigente.

Nesse sentido, em 1990, um projeto de reestruturação do setor elétrico, conhecido como RE-SEB, do Ministério de Minas e Energia organizou as transmutações institucionais e operacionais que originaram o atual modelo do setor elétrico brasileiro.

No Quadro 7 é apresentado um breve comparativo entre o modelo antigo do setor elétrico brasileiro e o novo modelo após à reforma.

Modelo Antigo	Modelo Novo
Financiamento através de recursos públicos	Financiamento através de recursos públicos (BNDES) e privados
Empresas estatais verticalizadas	Concessionárias divididas por atividade: geração, transmissão, distribuição e comercialização.
Maioria de empresas estatais	Abertura para empresas privadas
Monopólios com competição inexistente	Competição na geração e comercialização
Consumidores cativos	Consumidores livres e cativos
Tarifas reguladas	Preços livremente negociados na geração e comercialização.

Quadro 7 - Comparativo entre o modelo antigo e o novo modelo do setor elétrico.
(Fonte: site MAE)

4.3.2. Estrutura do Mercado Elétrico Atual

O crescimento do consumo de energia no Mundo e no Brasil é consequência de diversos fatores como: urbanização das cidades, inserção crescente de novas tecnologias na sociedade e processos de crescimento e automação no comércio e nas indústrias.

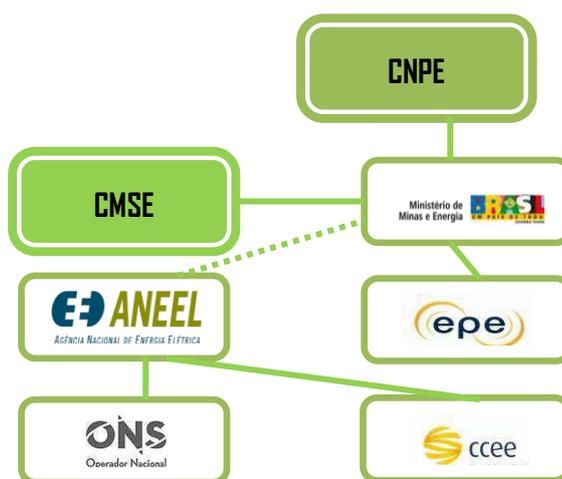
Atualmente, o SIN consegue suprir bem a demanda de energia elétrica por intermédio de várias plantas fontes de conversão, tais como: usinas

hidrelétricas, usinas eólicas, usinas termelétricas, usinas solares e usina nuclear.

O Brasil tem atualmente 7.430 empreendimentos de conversão de energia elétrica com uma potência instalada: 163.869.541 kW com previsão adição de 19.684.562 kW na capacidade instalada nos próximos ano.

Além da geração local, o Brasil fidelizou acordos de importação com países vizinhos que totalizam uma potência de 8.170.000 kW. Representando 4,7489% da potência total do sistema elétrico brasileiro, dividida em: Argentina: 2.250.000 kW; Paraguai: 5.650.000 kW; Uruguai: 70.000 kW; Venezuela: 200.000 kW.

De modo geral e sistêmico, pode-se ilustrar então a estrutura atual de mercado de energia no Brasil na Figura 19:



Órgão	Competências
CNPE	Atua definindo a política energética do país, com o objetivo de assegurar a estabilidade do suprimento energético.
MME	Responsável pelo planejamento, gestão e desenvolvimento da legislação do setor, bem como pela supervisão e controle da execução das políticas direcionadas ao desenvolvimento energético do país.
CMSE	Supervisiona a continuidade e a confiabilidade do suprimento elétrico.
EPE	Realiza o planejamento da expansão da geração e transmissão dá suporte técnico para a realização de leilões.
CCEE	Controlar a operação do Sistema Interligado Nacional (SIN) de modo a otimizar os recursos energéticos e administrar as transações do mercado de energia e realiza os leilões oficiais, respectivamente.

Figura 19 - Estrutura do Mercado dos Sistemas Elétricos atual. (Fonte: ANEEL)

4.4. Taxas e Tarifas

4.4.1. Definições e conceitos

A Resolução N.º 456 e N.º 414 da ANEEL na qual rege todas as diretrizes legais para a tarifação do uso de energia elétrica no Brasil e as condições gerais de fornecimento de energia elétrica de forma atualizada e consolidada.

Pontuando a palestra da Aplicação da Regulamentação do Setor Elétrico no dia a dia das Grandes Empresas, ocorrida no dia 21 de julho de 2020 no evento *Webinars* promovido pelo *IEEE Northeast Brazil Section (Brazil/R9)*. A engenheira eletricista expõe que:

Saber se adequar aos principais aspectos como o tipo de consumidor, de tensão de alimentação e o tipo de estrutura tarifária a ser aplicada a cada caso, propicia o equilíbrio econômico, que por sua vez, agrega valor financeiro aos setores dependentes da energia elétrica. (Nadja Trigueiro, Engenheira Eletricista da Energisa, Palestra Regulamentação do Setor Elétrico no dia a dia das Grandes Empresas – 21 de julho de 2020).

Na Figura 20 são apresentadas as definições elementares e estabelece as relações existentes entre elas, de maneira a indicar as ferramentas necessárias para os prováveis estudos tarifários que fará parte do dia a dia do engenheiro eletricista atuante na área de Gerenciamento de Energia Elétrica.

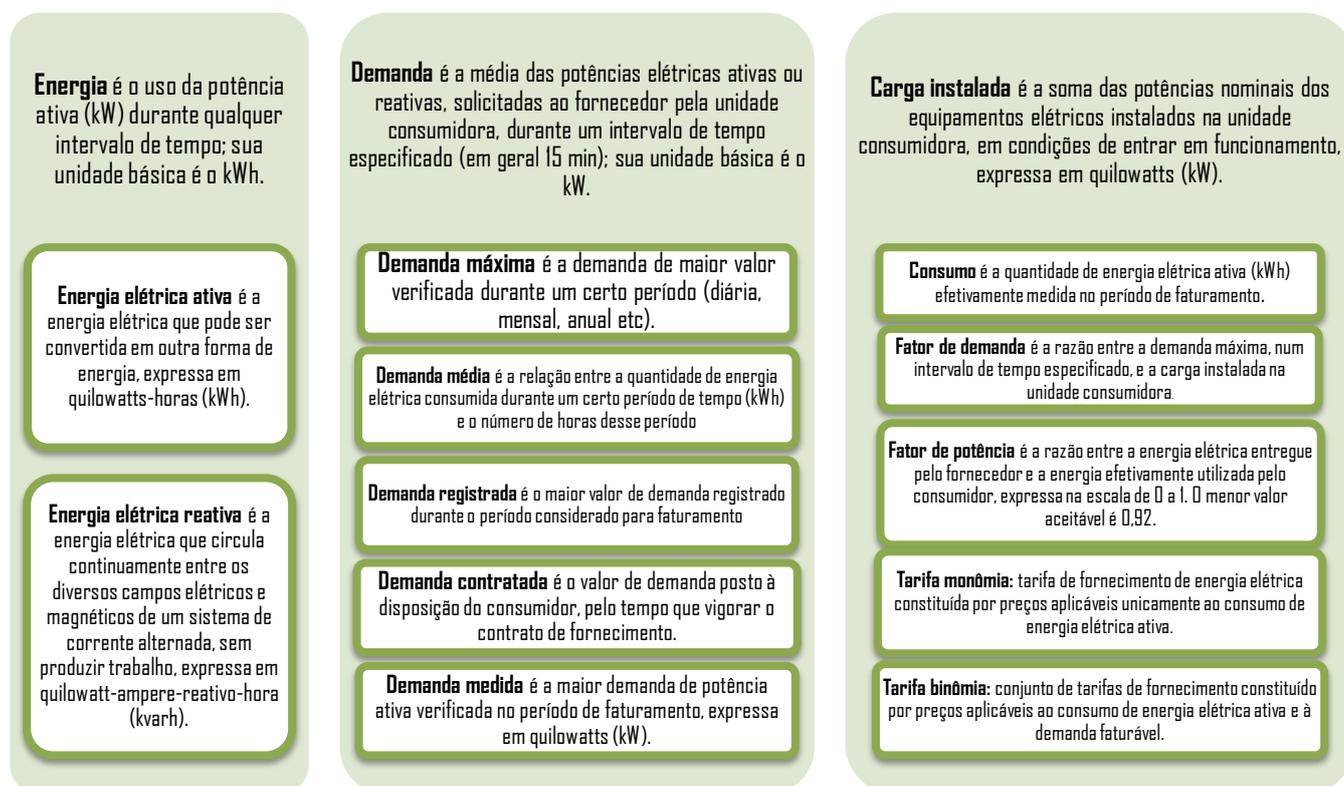


Figura 20 – Definições e Relações elementares para tarifação da Energia Elétrica. (Fonte: Resolução N.º 456 e N.º 414 da ANEEL).

4.4.2. Grupos e subgrupos de consumidores

Os consumidores de energia elétrica são distinguidos por classes e subclasses de consumo, como o intuito de entender melhor e adequar as tarifas necessárias conforme suas necessidades, segundo o esquema mostrado na Figura 21:



Figura 21 – Classes e Subclasses elementares para tarifação da Energia Elétrica.

(Fonte: Resolução N.º 456 e N.º 414 da ANEEL)

De acordo com a Resolução Normativa 414/2010, no Brasil, essas classes são divididas em dois grupos para aplicação das tarifas, levando-se em conta o nível de tensão fornecido e, por consequência, a demanda. São eles: o **Grupo A** (que possui tarifa binômia) e o **Grupo B** (que possui tarifa monômia).

4.4.3. Estrutura Tarifária

De acordo com o Manual de Tarifação da Energia Elétrica, determina-se:

Estrutura tarifária como sendo o conjunto de tarifas aplicáveis aos componentes de consumo de energia elétrica e ou demanda de potência ativa, de acordo com a modalidade de fornecimento. (Manual de Tarifação da Energia Elétrica, atualizado, p. 11).

No Brasil, as tarifas do Grupo A e B são constituídas de modalidades de fornecimento, as quais estão relacionadas no Quadro 8 a seguir:

Grupo	Estrutura Tarifária	Descrição	Condições
<p>A</p> <p>(Indústrias, <i>shopping centers</i> e alguns edifícios comerciais, com fornecimento em alta tensão, igual ou superior a 2,3 kV ou, ainda, com fornecimento em baixa tensão, inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição).</p> <p>- A1: 230 kV ou mais;</p> <p>- A2: 88 a 138 kV;</p> <p>- A3: 69 kV;</p> <p>- A3a: 30 a 44 kV;</p> <p>- A4: 2,3 a 25 kV;</p> <p>- AS: sistema subterrâneo.</p> <p>Os consumidores atendidos por redes elétricas subterrâneas são classificados no Grupo A, Subgrupo AS, mesmo que atendidos em tensão abaixo de 2.300 volts (baixa tensão).</p>	<p>Tarifação Convencional</p>	<p>Exige um contrato específico com a concessionária, no qual se pactua um único valor da demanda pretendida pelo consumidor (Demanda Contratada), independentemente da hora do dia (ponta ou fora de ponta) ou período do ano (seco ou úmido).</p> <p>A fatura de energia elétrica desses consumidores é composta da soma de parcelas referentes ao consumo, demanda e, caso exista, demanda de ultrapassagem.</p>	<p>Subgrupos A3a, A4 ou AS podem ser enquadrados na Estrutura Tarifária Convencional quando a demanda contratada for inferior a 300 kW, desde que não tenham ocorrido, nos 11 meses anteriores, 3 (três) registros consecutivos ou 6 (seis) registros alternados de demanda superior a 300 kW,</p>
	<p>Tarifação Horo-Sazonal Verde</p>	<p>Essa modalidade tarifária exige um contrato específico com a concessionária, no qual se pactua a demanda contratada, independentemente da hora do dia (ponta ou fora de ponta).</p> <p>Embora não seja explícita, a Resolução nº 456 da ANEEL permite que sejam contratados dois valores diferentes de demanda, um para o período seco e outro para o período úmido.</p> <p>A fatura de energia elétrica desses consumidores é composta da soma de parcelas referentes ao consumo (na ponta e fora dela), demanda e ultrapassagem.</p>	<p>A opção de enquadramento na Estrutura Tarifária Verde somente é possível para as unidades consumidoras dos Subgrupos A3a, A4 e AS.</p>
	<p>Tarifação Horo-Sazonal Azul</p>	<p>Exige um contrato específico com a concessionária, no qual se pactua tanto o valor da demanda pretendida pelo consumidor no horário de ponta (Demanda Contratada na Ponta) quanto o valor pretendido nas horas fora de ponta (Demanda Contratada fora de Ponta).</p> <p>A fatura de energia elétrica desses consumidores é composta pela soma de parcelas referentes ao consumo e demanda e, caso exista, ultrapassagem. Em todas as parcelas observa-se a diferenciação entre horas de ponta e horas fora de ponta. As tarifas de consumo na ponta e fora de ponta são diferenciadas por período do ano, sendo mais caras no período seco (maio a novembro), já as tarifas de demanda não são diferenciadas por período do ano.</p>	<p>Aos consumidores dos Subgrupos A1, A2 ou A3, é obrigatório o enquadramento na Estrutura Tarifária Horo-Sazonal Azul e é opcional para os consumidores dos Subgrupos A3a, A4 e AS.</p> <p>A parcela de ultrapassagem é cobrada apenas quando a demanda medida ultrapassa a Demanda Contratada acima dos limites de tolerância (5% para os Subgrupos A1, A2 e A3 e 10% para os demais Subgrupos).</p>
<p>B</p> <p>(é composto por pequenas unidades consumidoras com fornecimento em baixa</p>	<p>Tarifa Convencional</p>	<p>O enquadramento na Estrutura Tarifária Convencional exige um contrato específico com a concessionária, no qual se pactua um único valor da demanda pretendida pelo consumidor (Demanda Contratada), independentemente da hora do dia (ponta ou fora de ponta) ou período do ano (seco ou úmido).</p>	<p>B1, B2, B3 e B4</p>

<p>tensão, abaixo 2.300 volts (2,3 kV). São, em sua maior parte, bancos, lojas, residências, pequenos edifícios comerciais, prédios públicos, que são atendidos com 127 ou 220 volts, dependendo da região do país em que se encontra.</p> <p>-B1: residencial e residencial de baixa renda; -B2: rural; -B3: demais classes; -B4: iluminação pública.</p>	<p>Tarifa Horária Branca</p>	<p>Considera o perfil de consumo de acordo com os horários de uso da energia. De segunda à sexta-feira, uma tarifa mais barata será empregada na maioria das horas do dia; outra mais cara, no horário em que o consumo de energia atinge o pico máximo, no início da noite; e a terceira, intermediária, será entre esses dois horários. Nos finais de semana e feriados, a tarifa mais barata é empregada para todas as horas do dia.</p> <p>A tarifa branca é opcional e não vale para a iluminação pública e os consumidores de baixa renda, conforme a cartilha. Para a aplicação da tarifa branca, é necessária a instalação de medidores homologados pelo INMETRO com capacidade de medir e registrar o consumo de energia ao longo do tempo.</p> <p>Dessa forma, para os consumidores que não utilizam grande quantidade de energia entre 18h e 22h, ou que têm a capacidade e disposição de mudar seus hábitos, a opção pela tarifa branca tende a ser vantajosa.</p>	<p>B1, B2 e B3</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------

Quadro 8 – Taxas e Tarifas referentes aos grupos e subgrupos. (Manual de Tarifação da Energia Elétrica)

O intuito de estudar todas as modalidades tarifárias regidas pela Resolução N.º 456 e N.º 414 da ANEEL é tornar aluno da disciplina de Gerenciamento de Energia e futuro engenheiro eletricista hábil a indicar e selecionar a modalidade que proporcionará o impacto financeiro ao consumo do seu cliente.

4.4.4. Fatura de Energia Elétrica

A fatura de energia elétrica segundo a Resolução Normativa nº 414/2010, Art. 2º Item XXXVI da ANEEL é um documento comercial que apresenta a quantia monetária total que deve ser paga pelo consumidor à distribuidora, em função do fornecimento de energia elétrica, da conexão e uso do sistema ou da prestação de serviços, devendo especificar claramente os serviços fornecidos, a respectiva quantidade, tarifa e período de faturamento de modo a possibilitar ao consumidor o acompanhamento de seu consumo mensal, podendo ser apresentada impressa ou em meio eletrônico.

Para cumprir o compromisso de fornecer energia elétrica com qualidade, as empresas distribuidoras têm custos que devem ser avaliados na definição das tarifas. Nessa definição são levados em conta três custos distintos: nos processos de conversão nas usinas, no transporte da energia até as unidades consumidoras (Transmissão e Distribuição) e os encargos setoriais. Além da tarifa, incidem sobre a conta de energia elétrica tributos tais como: Programas de Integração Social (PIS) e Contribuição para o Financiamento

da Seguridade Social (COFINS), ao Governo Federal; Impostos sobre a Circulação de Mercadorias e prestação de Serviços de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicação (ICMS), aos Governos Estaduais; e Contribuição do Serviço de Iluminação Pública (CIP), aos Governos Municipais. (Benedito Antonio Luciano, artigo publicado em <https://paraibaonline.com.br/colunistas>, 27 de março de 2019.)

Os encargos setoriais são todos criados por leis aprovadas pelo Congresso Nacional para viabilizar a implantação de políticas públicas no setor elétrico brasileiro. Seus valores constam de resoluções ou despachos da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e são recolhidos pelas distribuidoras por meio da conta de energia elétrica. Cada um dos encargos possui objetivos pré-definidos. Vê-se no Quadro 9 os nove encargos existentes.

Encargo	Para que serve
Conta de Desenvolvimento Energético (CDE)	Promover a universalização do serviço de energia elétrica em todo o território nacional, custear os descontos nas tarifas concedidos aos consumidores das classes rural e residencial baixa renda, garantir a competitividade da energia produzida a partir de fonte eólica, pequenas centrais hidrelétricas, biomassa, gás natural e carvão mineral.
Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA)	Incentivar a geração de energia a partir de fontes alternativas (eólicas e biomassa) e de pequenas centrais hidrelétricas.
Reserva Global de Reversão (RGR)	Gerar recursos para reversão das instalações utilizadas na geração e transporte de energia em favor das concessionárias, além de financiar a expansão e a melhoria do serviço de energia elétrica.
Encargos de Serviços do Sistema (ESS)	Aumentar a confiabilidade e a segurança da oferta de energia no país.
Compensação Financeira pela Utilização de Recursos Hídricos (CFURH)	Compensar financeiramente a União, estados e municípios pelo uso da água e de terras produtivas necessárias à instalação de usinas para geração de energia.
Operador Nacional do Sistema (ONS)	Financiar o funcionamento do Operador Nacional do Sistema Elétrico, que coordena e controla a operação das geradoras e transmissoras de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN).
Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética (P&D/EE)	Estimular pesquisas científicas e tecnológicas relacionadas à energia elétrica e ao uso sustentável dos recursos necessários para gerá-la.
Encargo de Energia de Reserva (EER)	Cobrir custos decorrentes da contratação de energia de reserva, incluindo os custos administrativos, financeiros e tributários.

Taxa de Fiscalização de Serviços de Energia Elétrica (TFSEE)

Custear o funcionamento da ANEEL no exercício das suas atividades de fiscalização e regulação econômica.

Quadro 9 - Encargos Setoriais na Fatura de Energia Elétrica (Fonte: Cartilha Por dentro da conta de luz)

A fatura de energia elétrica de consumidores do grupo B, em termos de porcentagem de cada item, é constituída por, segundo a Energisa Borborema, mostrado no Quadro 10:

Percentual	Finalidade
18,61%	Serviço de distribuição
35,69%	Compra de energia
3,95%	Serviço de transmissão
4,20%	Encargos setoriais
37,55%	Impostos indiretos e encargos

Quadro 10 - Percentuais da Conta de Energia Elétrica (Fonte: Energisa Borborema)

Na Figura 22 é apresentado um exemplo de fatura de Energia Elétrica emitida pela concessionária Energisa.

Atendimento ao Cliente ENERGISA 0800 722 7272 Acesso: www.energisa.com.br

Conta referente a: ABR/2019 Apresentação: 11/04/2019 Data prevista da próxima leitura: 13/05/2019 CPF/ CNPJ/ RANI: [REDACTED]

UC (Unidade Consumidora): 10/1680633-3

Anterior	Atual	Constante	Consumo	Dias
Data Leitura: 13/03/19	Data Leitura: 11/04/19	2508	2556	1
				48
				29

Composição do Consumo

Discriminação	Valor (R\$)	%
Compra de Energia	14,08	48,66
Serviço de Transmissão	1,98	4,70
Encargos Setoriais	3,23	11,30
Impostos Diretos e Encargos	1,24	4,29
Outros Serviços	0,00	0,00
Total	28,93	100,00

VENCIMENTO 11/05/2019 TOTAL A PAGAR R\$ 28,93

ATENÇÃO SEGUNDA VIA DE CONTA Faturas em atraso

VENCIMENTO 11/05/2019 TOTAL A PAGAR R\$ 28,93

CONTA PAGA - Data de Pagamento: 12/04/2019

Figura 22 - Fatura de Energia Elétrica emitida pela concessionária Energisa. (Fonte: Grupo Energisa)

A partir de 2015, as contas de energia elétrica passaram a empregar o Sistema de Bandeiras Tarifárias, que indicam se a energia custa mais ou menos, em função das condições de geração de eletricidade.

O sistema possui três bandeiras: verde, amarela e vermelha – as mesmas cores dos semáforos e indicam o seguinte, como observa-se no Quadro 11:

Encargo	Para que serve
Bandeira verde	Condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo.
Bandeira amarela	Condições de geração menos favoráveis.
Bandeira vermelha	Condições mais custosas de geração.

Quadro 11 - Sistema de Bandeiras Tarifárias. (Fonte: Cartilha Por dentro da Conta de Luz)

4.5. Balanço Energético Nacional (BEN)

O Balanço Energético Nacional (BEN) é um documento oficial emitido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), ligada ao Ministério de Minas e Energia. No BEN são expostas informações referentes à oferta e ao consumo de energia no Brasil a cada ano. A análise efetivada para confecção do relatório estende-se desde a extração de recursos energéticos primários até a distribuição e uso final da energia.

O relatório divulgado do ano atual tem como base os dados energéticos do ano anterior. As informações contidas nesse relatório são divulgadas no *site* oficial da EPE, sendo acessíveis a toda a população.

Entre os documentos divulgados no BEN, tem-se o relatório síntese (usado como base das análises do presente trabalho) e o relatório integral (contendo informações do relatório síntese com mais detalhamento), em alguns anos, ainda possui planilhas com dados detalhados da matriz energética, para composição do relatório.

No relatório síntese do BEN são apresentados aspectos relevantes da energia no Brasil. O conceito de energia é abordado em sua amplitude e não apenas no tocante à energia elétrica. A análise da energética é constituída para estudo do uso de combustíveis e aplicações industriais, aspectos que no senso comum podem ser esquecidos, para tanto existe uma comparação equivalente, a unidade de energia utilizada é a tep (Tonelada Equivalente de Petróleo).

Verifica-se assim, o grande destaque desse documento pode oferecer a o engenheiro electricista que se propõe a avançar na pesquisa do mercado de energia, assim, essa proposta de análise energética pode ser exemplificada no artigo “Matrizes Energéticas”, publicado na coluna do professor Benedito Antonio Luciano no site do informativo paraibaonline:

No Brasil, de forma geral, a demanda energética é suprida por fontes renováveis e não renováveis. Se comparada com a de outros países, a matriz energética brasileira é a que apresenta maior porcentagem de utilização de combustíveis renováveis.

Segundo dados apresentados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Energética, no Balanço Energético Nacional 2018 – Ano-base 2017, o Brasil apresentou 42,9% de participação de fontes renováveis na oferta interna de energia, sendo 12% em energia hidráulica, 17% em biomassa da cana-de-açúcar, 8% em lenha e carvão vegetal e 6,5% nas demais.

Quanto à participação de fontes não renováveis na oferta interna de energia, o petróleo corresponde a 36,4%, o gás natural a 13%, o carvão mineral a 5,7% e o Urânio a 1,4%.

... No tocante à matriz energética mundial, a fonte consultada foi o Balanço Energético Mundial publicado pela Agência Internacional de Energia

(International Energy Agency - IEA). De acordo com esses dados, em escala mundial, as participações são as seguintes: petróleo (31,9 %), carvão (27,1 %), gás natural (22,1 %), biomassa (9,8 %), nuclear (4,9 %), hidráulica (2,5 %) e outras (1,6%).

... o estudo comparativo entre as matrizes elétricas apresentou, em termos de predominância, os seguintes resultados: mundial (carvão, 37 %), na França (nuclear, 71,7%) e no Brasil (hidráulica, 65,2 %).

... embora não tenha sido mostrado no trabalho apresentado pela aluna, a participação da energia renovável tende a aumentar, pois os percentuais das energias eólica e solar fotovoltaica têm sido crescentes nos últimos anos. (Matrizes Energéticas, Benedito Antonio Luciano, Paraíba Online).

Assim, uma revisão dos relatórios síntese dos últimos anos pode trazer um resumo das principais informações divulgadas e os focos da pesquisa da EPE.

Alguns desses pontos são relatados e descritos no Quadro 12 a seguir:

Questionamento	Resposta
Quanto se usa de energia no Brasil	É analisada a Oferta Interna de Energia (OIE), Consumo Final e também as perdas do processo. Tanto em números gerais como também nas causas de quedas e aumentos dos indicadores. É interessante ressaltar que a OIE é a energia necessária para movimentar a economia do país de uma maneira geral, assim como as perdas incluem perdas de transformação, distribuição e armazenamento de energia.
Qual energia se usa no Brasil	Neste tópico é mostrado como é repartida a OIE brasileira. Focado principalmente em como está o uso de fontes renováveis e não renováveis, mostrando também de onde é oriunda a energia. Além disso, é analisado como se dá o consumo final de energia.
Quem usa energia do Brasil	Nesse tópico é analisado quem utiliza energia no Brasil. Dividido entre os grandes setores como indústria, transportes e residencial, observa também como a variação do consumo de energia em cada um. Por fim, também é apresentado uma ilustração do fluxo energético do Brasil.
O uso de energia elétrica	O primeiro tópico que foca exclusivamente no uso da energia elétrica. É apresentada a participação de energias renováveis e não-renováveis, assim como as variações de consumo e perdas associadas a energia elétrica. De acordo com a época e com as tendências no setor, são apresentados crescimentos e mudanças de determinadas fontes de energias. Também é apresentado uma ilustração do fluxo de energia elétrica do Brasil.
Emissões na produção e no uso da energia no Brasil	Último ponto visa fazer uma análise das emissões de poluentes que contribuem para mudanças ambientais, tais como o aquecimento global, com foco no CO ₂ . É notória que essa análise é focada para índices econômicos, geográficos e de produção, comparando os índices brasileiros com outras grandes potências mundiais.

Quadro 12 - Informações encontradas no BEN. (Fonte: BEN)

5. Diagnóstico Energético, Gerenciamento de Energia e Cogeração

“O progresso não é mais do que o desenvolvimento da ordem.”
(Auguste Comte)

Diante da citação, a evolução econômica, social e ambiental só é possível com um planejamento de diretrizes que serão executadas em prol de um resultado, em outras palavras, ela só possível por meio do gerenciamento.

Fazendo referência a gerenciar os recursos energéticos, o crescimento populacional e industrial forçosamente propicia o avanço de estudos e pesquisas no âmbito do fornecimento de energia.

Então qual é a solução que se busca? Consumir mais energia? Não, esse não é o caminho. A principal estratégia é tornar eficiente a utilização da energia, reduzindo perdas e eliminando desperdícios.

Este capítulo discorrerá sobre técnicas que colaboram para o uso eficiente e racional da energia, o diagnóstico energético, o gerenciamento energético e a cogeração.

5.1. Diagnóstico Energético

O Diagnóstico Energético é a etapa que antecede a elaboração de um projeto de Eficientização Energética bem fundamentado. Em termos práticos, o Diagnóstico Energético consiste de um detalhamento sistêmico e sequencial de todas os parâmetros técnicos e variáveis físicas que nortearão os estudos da viabilidade técnica e econômica (EVTE) que servirão de base para a tomada de decisão quanto à implantação do projeto. (Benedito Antonio Luciano, 2020).

Conforme a citação é necessário identificar as irregularidades e as recomendações técnicas que viabilizem a eficiência energética eliminando o desperdício e colaborando com a redução dos dispêndios com a energia elétrica. Assim, a metodologia inicial é:

- Reconhecer os pontos de desperdício;
- Indicar as alternativas que proporcionem a extinção desses gastos

energéticos;

- Propor soluções para potencializar a eficiência energética.

No Quadro 13 serão apresentados alguns conceitos e definições elementares para a compreensão e realização do diagnóstico energético.

Recursos	Definição
<p data-bbox="368 539 560 577">Fator de Carga</p>  <p data-bbox="225 891 703 958">$\text{Fator de Carga} = \frac{D \text{ Média}}{D \text{ Máxima}} = \frac{52}{85} = 0,62$</p> <p data-bbox="252 949 676 981">Figura 23 - Curva de Carga (Autoria: Própria).</p>	<p data-bbox="794 539 1449 674">É a relação entre demanda média verificada em um dado intervalo de tempo e a máxima demanda registrada neste mesmo intervalo de tempo. A figura 23 traça um gráfico que exemplifica a definição do fator de carga.</p> <p data-bbox="794 678 1449 779">Observa-se que em uma curva típica de fator de carga variável ao longo do dia. Logo, a Demanda Máxima é bem superior à Demanda Média, traduzindo-se em um fator de carga baixo.</p> <p data-bbox="794 784 1449 913">Regular o Fator de Carga é gerenciar o uso dos equipamentos de forma que a curva torne-se cada vez mais plana, o que resultará na redução da demanda contratada e, conseqüentemente na redução dos gastos com energia.</p> <p data-bbox="794 918 1449 1025">Em linhas gerais tem-se que: Quanto maior o fator de carga, melhor caracteriza-se a utilização de energia elétrica em uma instalação.</p>
<p data-bbox="328 1216 600 1254">Sinergia das medidas</p>	<p data-bbox="802 1099 1449 1245">Sinergia é compreendida como o efeito ativo do trabalho coordenado de vários subsistemas na realização de uma tarefa. Para melhor entender, as alterações em alguns sistemas podem influenciar o consumo de energia em outros.</p> <p data-bbox="802 1249 1449 1395">Para exemplificar de forma simplificada, é a efficientização da iluminação, na qual gera uma carga térmica, que influenciará diretamente o consumo dos sistemas de ar condicionado.</p>
<p data-bbox="300 1686 627 1724">Sazonalidade do consumo</p>	<p data-bbox="802 1462 1449 1570">O consumo energético consoante com as alterações das condições ambientais e dos tipos de serviços a que se destina a concentração de energia demanda.</p> <p data-bbox="802 1574 1449 1794">Por esses fatores é que o conhecimento do desempenho da demanda fornecida de energia de uma instalação só pode ser determinado mediante a análise de um período de pelo menos 24 meses, tempo este, plausível para indicar as sazonalidades do consumo e amplificar a segurança de alcance das economias.</p> <p data-bbox="802 1798 1449 1944">Nesse norte, não se pode olvidar de listar os períodos em que ocorrem consumos extraordinários e não costumeiros, para que sejam excluídos da análise estatística e aumentar a fidelidade dos resultados.</p>

Quadro 13 - Conceitos e definições/ Diagnóstico Energético. (Autoria: Própria)

5.1.1. Etapas do Diagnóstico Energético

De maneira análoga a um médico, que faz uma análise minuciosa do paciente, levando em consideração o histórico familiar, exames, observações, sintomas, entre outros aspectos, o engenheiro também realiza as mesmas análises só que em relação ao sistema submetido aos estudos.

As principais etapas a serem adotadas num diagnóstico energético são apresentadas no Quadro 14:

Etapas	Descrição
Auditoria energética: 	Levantamento do histórico de consumo da instalação, num prazo mínimo de 12 meses, para identificar as sazonalidades típicas, efetuando também medições em tempo real.
Levantamento das instalações: 	Identifica as condições técnicas dos equipamentos e dos sistemas energéticos.
Identificação de intervenções técnicas: 	Redução do consumo de energia e deslocamento da demanda do horário de ponta.
Avaliação econômica das medidas propostas: 	Determinação das economias de recursos projetadas, do investimento necessário, da taxa interna de retorno e do tempo de retorno dos investimentos.

Quadro 14- Etapas do Diagnóstico Energético. (Autoria: Própria)

5.2. Gerenciamento de Energia

O gerenciamento energético oferece os instrumentos necessários para a realização de ações que promovam a melhoria na utilização da energia. Tais ações são compostas de controle e monitoramento de processos que contém variadas forma de energia com o intuito de executar as metas de desempenho determinadas no planejamento.

Fica evidente a relevância de medições de parâmetros adequados para agregar eficiência aos processos, conforme a citação:

Sem medição não há controle, sem controle não há ação e sem ação não há gerenciamento. (Juran, 1904).

5.3. Gerenciamento de carga

A energia elétrica colabora com a satisfação das carências e anseios do consumidor, pois possibilita uma vasta multiplicidade de serviços, que por sua vez, causa a conseqüente necessidade por mais e mais energia.

Assim, o aumento na oferta de energia se dá conforme altos investimentos em centrais de produção, fazendo com que haja um minucioso projeto de expansão. Para realização desse projeto expansivo de um sistema de geração de energia elétrica deve-se considerar os aspectos de natureza técnica, econômica e ambientais.

Todas as atitudes tomadas na intenção de amoldar a potência consumida no sistema como um todo ou em partes à energia convertida, propiciando condições mais apropriadas para a operação, são chamadas ações de gerenciamento de carga. Os modelos mais elementares são, gerenciamento pelo lado da oferta (GLO) e gerenciamento pelo lado da demanda (GLD).

As empresas fornecedoras e distribuidoras de energia elétrica, constantemente têm tentado evitar a insuficiência de eletricidade ampliando o fornecimento executando obras tal como a construção de novas usinas hidrelétricas / termoelétricas, com ações de realocação de energia de outras fontes do sistema elétrico interligado ou em última análise, atuando sobre grandezas elétricas como a tensão. Tais atuações são caracteristicamente denominadas de gerenciamento pelo lado da oferta (GLO).

Este método na maioria das vezes abarca a mensuração de quanta energia está sendo solicitada para eliminar a eminente carência de oferta, determinação do processo de conversão para concatenar demanda e capacidade de oferta, a eleição do sítio físico onde se instalaria a usina, além de elaborar projetos para adequar o processo de transmissão e de distribuição de energia elétrica à demanda solicitada.

Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD) alude-se a todo o ato tomado pelas empresas fornecedoras de energia elétrica para modificar o padrão de consumo de energia, buscando a solução de distintos problemas operacionais por meio da alteração e/ou arrefecimento da carga do sistema.

Isto se dá por duas vias: o GLD direto, no qual a concessionária indica as cargas a serem reduzidas ou desconectadas, de acordo com condições especificadas em um contrato de interrupção com o consumidor; e o GLD indireto no qual o próprio consumidor remaneja sua demanda em retorno a sinais de preço gerados pela concessionária. É importante ressaltar a cogeração como um meio de auxílio ao GLD, proporcionando um aumento significativo na eficiência energética das unidades consumidoras.

5.3.1. Gerenciamento pelo Lado de Oferta (GLO)

O gerenciamento pelo lado da oferta é o agrupamento de atitudes que tem a intenção de adequar os níveis de potência consumida em um sistema ou em partes dele à energia convertida, de maneira a estabelecer condições de operação mais próximas ao comportamento real do sistema.

Compreende-se por oferta, a seção do sistema que fornece energia, portanto, as concessionárias de transmissão e distribuição, ou mesmo as usinas elétricas. Este modelo de gerenciamento, consiste em:

- Identificar o volume de energia que está sendo solicitada para extinguir as chances de carência de oferta;
- Determinar o melhor processo de geração, que atenda à demanda e a capacidade de oferta;
- Adequar à malha de distribuição a quantidade e a qualidade de demanda.

5.3.1.1. Ações de Gerenciamento

O gerenciamento pelo lado da oferta deve atender às deliberações do Planejamento Integrado de Recursos (PIR), que se fundamenta nos níveis de energia necessários para suprir a demanda de consumo da sociedade, analisando todos os processos de fornecimento e da qualidade do atendimento.

Durante o processo de PIR, devem ser observadas diversas alternativas de suprimento, desde novas abordagens de gestão de recursos às novas tecnologias, tais como painéis fotovoltaicos, parques eólicos, biomassa, entre outros.

Em termos de recursos para o GLO, outras categorias que devem ter atenção são: a revisão de contratos; atuar sobre grandezas como a tensão; extensão do tempo de vida das unidades conversoras; repotenciação; substituição de combustível nas usinas elétricas; construção de novas usinas; compra de outras entidades (autoprodutores, produtores independentes, outras concessionárias); melhorias na transmissão e na distribuição.

De maneira tal que não sejam suprimidas opções de guarnecimento atrativas, ainda em análise, deve-se considerar alguns pontos, como: suas características construtivas (custos, tempo de licenciamento e construção) e operacionais (custos fixos de operação, custos de manutenção, efeitos ambientais e tempo de vida útil da usina).

5.3.1.2. Gerenciamento lado da oferta no Brasil

Grande parte do gerenciamento do setor elétrico brasileiro é baseada no GLO. A coordenação operacional do sistema à curto prazo é realizada pela ONS (Organização Nacional de Sistemas Elétricos) que planeja a atuação de maneira descentralizada distribuindo-se em Centros de Operação localizados em cada subsistema.

O Gerenciamento lado da oferta (GLO) é processado em três etapas:

•**Pré-operação:** provisões de potência dos dias subsequentes;

•**Operação Online:** conjunto de processos que auxiliam na manutenção da integridade do sistema e do fornecimento;

•**Pós-operação:** consolidação das informações comparadas com o cenário esperado, para realimentação do processo.

Nas empresas de distribuição o gerenciamento é realizado de acordo como o acompanhamento da potência e dos níveis de tensão nos circuitos, para que sejam observados os indicadores de qualidade determinados pela ANEEL. De tal maneira que é possível planejar as ações de gerenciamento, como incrementos de potência, realocação de carga e possíveis ampliações.

A longo prazo, as ações de gerenciamento estão voltadas à pesquisa e ao monitoramento do setor elétrico no período de um ano. Esse trabalho é realizado principalmente pela EPE, em parceria com o ONS, a CCEE e o MME. Anualmente são publicados dados estatísticos, bem como boletins de previsão de carga, as quais auxiliam na visualização do comportamento atual do sistema e na projeção do mesmo em um horizonte de aproximadamente 10 anos.

As perspectivas, segundo o PDE 2027, é uma maior inserção do biogás na matriz energética nos próximos 10 anos e devido à aplicação da tarifa binômica a partir de 2020 (para novos micro e mini geradores), é estimado que a potência instalada de geração distribuída chegue ao valor de 12GW, o que representará pouco menos de 3% da carga total em 2027.

5.3.1.3. Repotenciamento

O repotenciamento pode ser definida como a reforma, a modernização e o ganho de potência e/ou rendimento de usinas “geradoras”, sem impactos ambientais consideráveis, aumentando a quantidade de energia elétrica produzida. Ainda em contexto de definição é a aplicação da engenharia que busca a otimização de parâmetros operacionais e características técnicas das unidades “geradoras”, tais como: produtividade, disponibilidade, comportamento dinâmico, faixa operativa, perfis

hidráulicos das partes girantes e estacionárias, classe de isolamento de condutores, dentre outros.

Repotenciar é uma tomada de decisão muito importante, pois construir usinas requer muita burocracia, sem contar nos grandes impactos sociais e ambientais que causam, além de que o custo do projeto é elevado. Pode-se aplicar a repotenciação em diversos setores de uma rede elétrica convencional, como mencionado no Quadro 15:

Etapas	Descrição
Conversão de energia:	Deve-se repotenciar os geradores com mais de 20 anos de uso, pois as usinas hidrelétricas mais antigas apresentam um rendimento de 89%. As usinas mais novas apresentam um rendimento de 94%.
Elevação:	Os transformadores (abaixadores e elevadores) apresentam um rendimento de 99,4%. Neste caso, pouco pode-se atuar nesta área.
Transmissão:	As perdas nas linhas são inevitáveis devido às perdas por efeito corona e as perdas resistivas. Para melhoria da transmissão, uma boa ideia é fazer o reposicionamento das linhas, substituir as linhas que causam maiores perdas por uma linha que apresenta propriedades melhores, como também o redimensionamento de banco de capacitores. Outra medida interessante é a transmissão em corrente contínua (CC) para grandes distâncias.

Quadro 15 – Aplicações do repotenciamento nos setores de uma rede elétrica. (Autoria: Própria)

Há três tipos de repotenciação, conforme o Quadro 16 as seguir:

Tipos	Descrição
Repotenciação mínima	Corresponde a um ganho médio de capacidade de 2,5%. É realizado por meio de reparos na turbina e no gerador, com objetivo de recuperar os rendimentos originais.
Repotenciação leve:	Corresponde a um ganho de capacidade de 10%. É realizada por meio de reformas na turbina e gerador.
Repotenciação pesada:	Poucos casos foram registrados. Corresponde a ganhos de capacidade entre 20% e 30%. É realizada por meio da troca do rotor da turbina.

Quadro 16 – Tipos de repotenciamento. (Autoria: Própria)

De acordo com um estudo da ANEEL, fazer o repotenciamento mínimo leva o sistema elétrico a ganhar 815,86 MW, 3.268,84 MW com repotenciamento leve e 7.623,55 MW com repotenciamento pesado.

Para as hidrelétricas, a prática da repotenciação pode aumentar a potência em até 30%, economizando até 60% em relação a um novo. Mas para isto, deve ser feita previamente análise técnica com a finalidade de conhecer os estado atual dos equipamentos e a eficiência da conversão de energia. Algumas melhorias podem ser

adotadas, tais como expostas no Quadro explicativo 17:

Melhorias	Descrição
Enrolamento Do Estator	Ao substituir o enrolamento do estator pode-se obter um ganho de até 15% de potência. Isso pode ser explicado pela mudança do material de isolamento, que gera um ganho de espaço no interior da ranhura. Dessa forma, com mais espaço livre, é possível aumentar a quantidade de cobre, e, por conseguinte, aumentar a densidade linear da corrente, função direta do ganho de potência.
Transformadores	É possível a troca do material isolante de transformadores para uma melhor eficiência. Esse material superior é chamado de Nomex, que consiste em um polímero de poliamida aromático, e é geralmente utilizado nas áreas mais quentes do transformador. Suas vantagens são a rigidez dielétrica inerente, a robustez mecânica e a estabilidade térmica, que garantem uma máxima capacidade de carga, eficiência e confiabilidade ao equipamento.
Instalações De Máquinas Adicionais Em Poços Vazios	Algumas hidrelétricas existentes no Brasil possuem poços previamente escavados e concentrados para uma possível motorização. Essa motorização é feita instalando-se novas unidades geradoras a fim de aumentar o potencial elétrico "gerado".

Quadro 17 – Melhorias para o repotenciamento das Hidrelétricas. (Autoria: Própria)

A prática da repotenciação também é válida para outras usinas, tais como a solar, fazendo a trocas das placas fotovoltaicas a cada 25 anos. Nas usinas eólicas, a variação do vento faz com que se caracterize como um sistema não linear. Assim, a aplicação de sistemas de controle na melhoria na eficiência do processo do desempenho dinâmico da turbina, resulta na redução das oscilações, de máximo sobressinal e tempo de acomodação.

5.3.2. Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD)

O Gerenciamento pelo Lado da Demanda é um campo da tecnologia que surgiu em meados dos anos de 1970 como uma alternativa que amenizar os impactos referente a crise do petróleo que marcou um dramático período de mudanças, com o aumento drástico no custo da energia aliado a imprevisibilidade da oferta de energia e ao alto custo do capital, alterando a economia das empresas.

Programas de GLD são atuações estabelecidas por companhias de energia elétrica no mercado de demanda de energia, com a finalidade de incentivar mudanças no perfil e na magnitude da curva de carga, cada empresa do setor vale-se de suas próprias estratégias conforme sua necessidade.

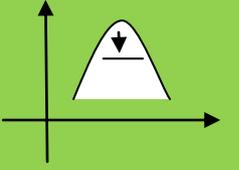
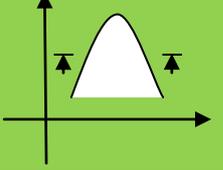
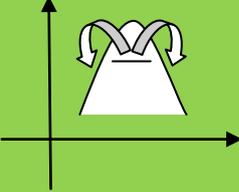
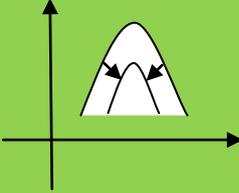
Atividades de gerenciamento pelo lado da demanda são bastante habituais e estão incluídas ao planejamento integrado nos países industrializados. No Brasil, por exemplo, há que se destacar o PROCEL (Programa Nacional de Conservação de

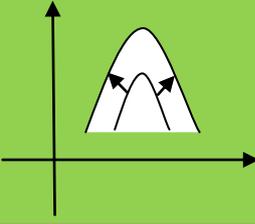
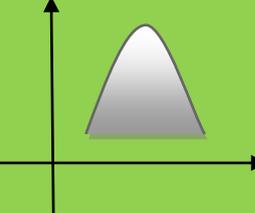
Energia Elétrica), criado em 1985 e desenvolvido no âmbito da Eletrobrás (Centrais Elétricas Brasileiras S.A.).

O PROCEL não atua diretamente nas atividades de GLD, mas promove ações direcionadas a conservação de energia elétrica, por meio da racionalização do uso da energia e incentivos ao desenvolvimento de produtos mais eficientes e de menor consumo, contribuindo com a redução do desperdício, de custo e de dispêndios na construção de novas unidades geradores, assegurando uma boa gestão financeira e ambiental.

5.3.2.1. Ações de Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD)

Uma das ferramentas amplamente utilizadas no GLD é remodelagem da curva de carga, estudada pelo Gellings (1982), as quais estão descritas no Quadro 18.

Atuações	Descrição
<p>Redução de Pico</p> 	<p>É definido como a redução da carga de ponta, conseguido geralmente através do controle direto, pela empresa de energia, de um aparelho de uso final. Muitas empresas consideram esta opção apenas para momentos absolutamente críticos de pico no sistema. Mas o controle direto de carga pode ser usado para reduzir os custos de operação e a dependência de fatores como combustíveis (na geração térmica) e água (na geração hidrelétrica).</p>
<p>Preenchimento de vales</p> 	<p>É a segunda forma clássica de gerenciamento da carga. Deseja-se preencher os vales existentes fora do horário de pico. Isto pode ser particularmente interessante naqueles períodos do ano em que o custo marginal supera o custo médio.</p>
<p>Mudanças na carga</p> 	<p>É a terceira e última forma clássica de gerenciamento de carga. Ela envolve o deslocamento da carga do horário de pico para o horário fora do pico. Uma aplicação interessante é o deslocamento do horário de uso do chuveiro elétrico, principal causador do horário de pico no Brasil segundo DNAEE (1985).</p>
<p>Conservação Estratégica</p> 	<p>É uma mudança na curva de carga que geralmente ocorre pelo incentivo à troca de aparelhos de uso final por modelos mais novos e eficientes. Na implementação desta modalidade, a empresa deve considerar que conservação ocorreria naturalmente, avaliando então as possibilidades custo-efetivas para acelerá-las e estimulá-las.</p>

<p>Crescimento Estratégico</p> 	<p>É um crescimento global das vendas, estimulada pela empresa, além do preenchimento de vales anteriormente descrito. Este crescimento pode ocorrer, por exemplo, através de incentivos para a substituição de óleo combustível por eletricidade em caldeiras industriais. Para o futuro, através de novas tecnologias (como veículos elétricos), a tendência é o crescimento geral da carga.</p>
<p>Curva de carga flexível</p> 	<p>É um conceito relacionado à confiabilidade. No planejamento futuro, que deve englobar o estudo da oferta e da demanda, a carga poderá ser flexível se forem dadas aos consumidores opções de qualidade do serviço, que variam conforme o preço. Este programa envolve carga interruptível, gerenciamento integrado da energia e aparelhos individuais de controle.</p>

Quadro 18 - Alterações básicas nas curvas de carga. (Fonte: Gellings, 1985)

Embora existem diversos métodos para fazer um bom gerenciamento de carga, diversos autores determinam que a realização de um GLD eficiente deve-se optar por uma escolha mais adequada para cada caso específico. Logo, cada instituição desenvolve individualmente seu programa, de acordo com suas necessidades. No Quadro 19 tem-se uma breve classificação sobre algumas alternativas de GLD.

Alternativas	Possibilidades	
Controle de equipamento de uso final	<ul style="list-style-type: none"> - Controle individual de aparelhos de grande consumo; - Incentivo a instalação de equipamentos de ar condicionado central; - Controle de bombas; - Controle de aquecedores de ambiente; 	
Controle de equipamentos da própria empresa de energia	<ul style="list-style-type: none"> - Redução da tensão; - Controle do fator de potência. 	
Estocagem de energia	<ul style="list-style-type: none"> - Estocagem de frio; - Estocagem de água quente; 	<ul style="list-style-type: none"> - Estocagem de calor; - Utilização de calor residual.
Incentivos tarifários	<ul style="list-style-type: none"> - Tarifa diferenciada no tempo; - Uso final Contratos de controle de carga; - Devoluções e incentivos; 	<ul style="list-style-type: none"> - Tarifa interruptível; - Tarifa de demanda; - Programas especiais;
Geração dispersa	<ul style="list-style-type: none"> - Eólica Solar (térmica ou fotocélula); - Células combustível; - Pequena central hidrelétrica; 	<ul style="list-style-type: none"> - Cogeração - Geradores de espera - Outros tipos
Melhora de performance de equipamentos e sistemas	<ul style="list-style-type: none"> - Equipamentos de alta eficiência energética; - Prédios eficientes; - Melhorias nos sistemas da empresa de energia. 	

Quadro 19 - Classificação de Alternativas de Gerenciamento pelo Lado da Demanda (Fonte: Delgado, 1985 – adaptada)

5.3.2.2. Cogeração

A cogeração consiste na conversão simultânea de energia térmica e energia elétrica, proporcionando o aproveitamento do calor antes perdido na produção de energia térmica. Assim, o calor que iria ser desperdiçado é utilizado sob a forma de vapor, água quente e/ou fria para aplicações secundárias, as quais podem ou não estar ligadas ao processo principal do sistema em que ele é empregado.

A principal vantagem desta solução é que o usuário da energia economiza o combustível que necessitaria para produzir o calor do processo. Desta maneira, a eficiência energética é notória por tornar útil até 85% da energia do combustível.

No sistema convencional de geração de energia, cerca de 65% da energia do combustível é perdida para o ambiente sob a forma de calor e apenas 35% é usada na geração de energia elétrica.

Já nos sistemas de cogeração, o aproveitamento da energia do combustível atinge valores superiores a 80%, sendo que cerca de 35% é usada na produção de energia elétrica e aproximadamente 50% é transformada em energia térmica e aproveitada no processo, ou seja, na cogeração, parte da energia que seria desperdiçada é aproveitada e apenas cerca de 15% é perdida.

Na Figura 24 está representada uma comparação entre os sistemas convencionais e os sistemas de cogeração, estes buscam aumentar a produção de energia a partir do uso mais eficiente do combustível utilizado.

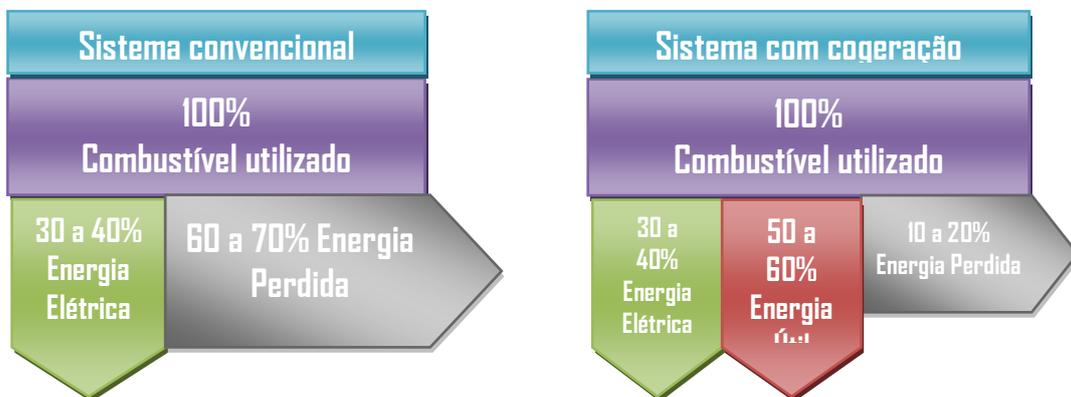
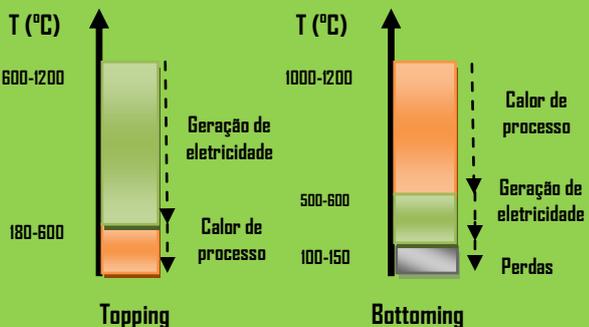


Figura 24 – Sistema convencional X Sistema com cogeração. (Fonte: Segas)

As instalações das usinas de cogeração apoiam-se nos princípios básicos da termodinâmica, respectivamente, a Primeira e a Segunda Lei da Termodinâmica, que trata do princípio de conservação da energia, de forma quantitativa. Num processo termodinâmico a energia total é conservada, de modo que a variação de energia interna (ΔU) de um sistema é a diferença entre o calor (Q) trocado com o meio e o trabalho (τ) realizado pelo sistema na vizinhança, por meio de uma força: $\Delta U = Q - \tau$.

Assim, o calor jamais fluirá de um corpo frio para um corpo quente, a não ser que haja trabalho. E nem todo calor será transformado em trabalho, uma parte é perdida, em uma máquina térmica funcionando em ciclos. Em suma, jamais um sistema pode criar ou destruir energia, apenas transformá-la.

De acordo com a ordem relativa de produção de energia elétrica/mecânica e calor, os ciclos de cogeração podem se dividir em ciclos *Topping* e *Bottoming*, como explanado no Quadro 20.

Ciclos	Descrição
<p style="text-align: center;">TOPPING</p> 	<p>No ciclo <i>Topping</i> ocorre primeiro a produção de energia elétrica através dos gases de combustão a uma temperatura mais elevada, seguida da utilização da energia residual em forma de calor para o processo. Da energia disponibilizada pelo combustível, o primeiro aproveitamento se dá para a geração de energia eletromecânica (altas temperaturas), e em seguida para o aproveitamento de calor útil.</p> <p>O calor utilizado pelo processo industrial é aproveitado do rejeito da geração elétrica. Trata-se da tecnologia empregada na maioria das indústrias, considerando que grande parte dos processos industriais demanda trabalho a baixas temperaturas</p>
<p style="text-align: center;">BOTTOMING</p> 	<p>O ciclo <i>Bottoming</i> consiste em gerar inicialmente energia térmica em um processo e em seguida utilizar o calor residual para gerar energia elétrica/mecânica. Da energia disponibilizada pelo combustível, o primeiro aproveitamento se dá para o aproveitamento de calor útil a elevadas temperaturas, e em seguida para a produção de energia eletromecânica.</p> <p>Costumeiramente é utilizado apenas quando se tem uma quantidade elevada de calor residual sob elevadas temperaturas, como nos casos de fornos cerâmicos e plantas metalúrgicas.</p>
<p style="text-align: center;">COMPARAÇÃO ENTRE CICLOS</p> 	<p>A figura ao lado representa a racionalidade da cogeração em se aproveitar toda a faixa da temperatura disponibilizada pelo combustível, para a produção sequencial de eletricidade e calor útil. A utilização de calor nas indústrias, de acordo com Carvalho et al. (2001) é habitual na faixa entre 120 e 200°C, temperatura típica para os processos de secagem, cozimento, evaporação, etc; já a conversão de energia térmica em energia elétrica necessita níveis mais elevados de temperatura, entre 400 e 950°C.</p>

Quadro 20 – Tipos de Cogeração e Comparações. (Fonte: Nogueira *et al.*, 2004).

Os sistemas de cogeração podem ser divididos em três tipos de tecnologias, conforme explicitado no Quadro 21.

Tecnologias	Possibilidades
Motores alternativos:	-Ciclo Diesel – alimentados fundamentalmente a fuelóleo ou gasóleo; -Ciclo Otto – alimentados com combustíveis gasosos (gás natural ou propano);
Turbinas a Gás	-Geralmente consumindo Gás Natural;
Turbinas a Vapor	-Conversão em eletricidade pela expansão de vapor produzido numa caldeira;

Quadro 21 – Tipos de Tecnologias de Coogeração. (Fonte: Nogueira *et al.*, 2004).

As centrais de cogeração são classificadas quanto ao tipo de ciclo em que operam:

- Ciclo Simples – Quando é instalado um tipo de equipamento gerador;
- Ciclo Combinado – Quando um ciclo com motor(es) alternativo(s) ou turbina(s) a gás é conjugado com uma turbina a vapor onde se utiliza o vapor gerado pelo aproveitamento térmico dos gases de escape da(s) turbina(s) a gás ou motor(es), conforme mostrado Figura 25.

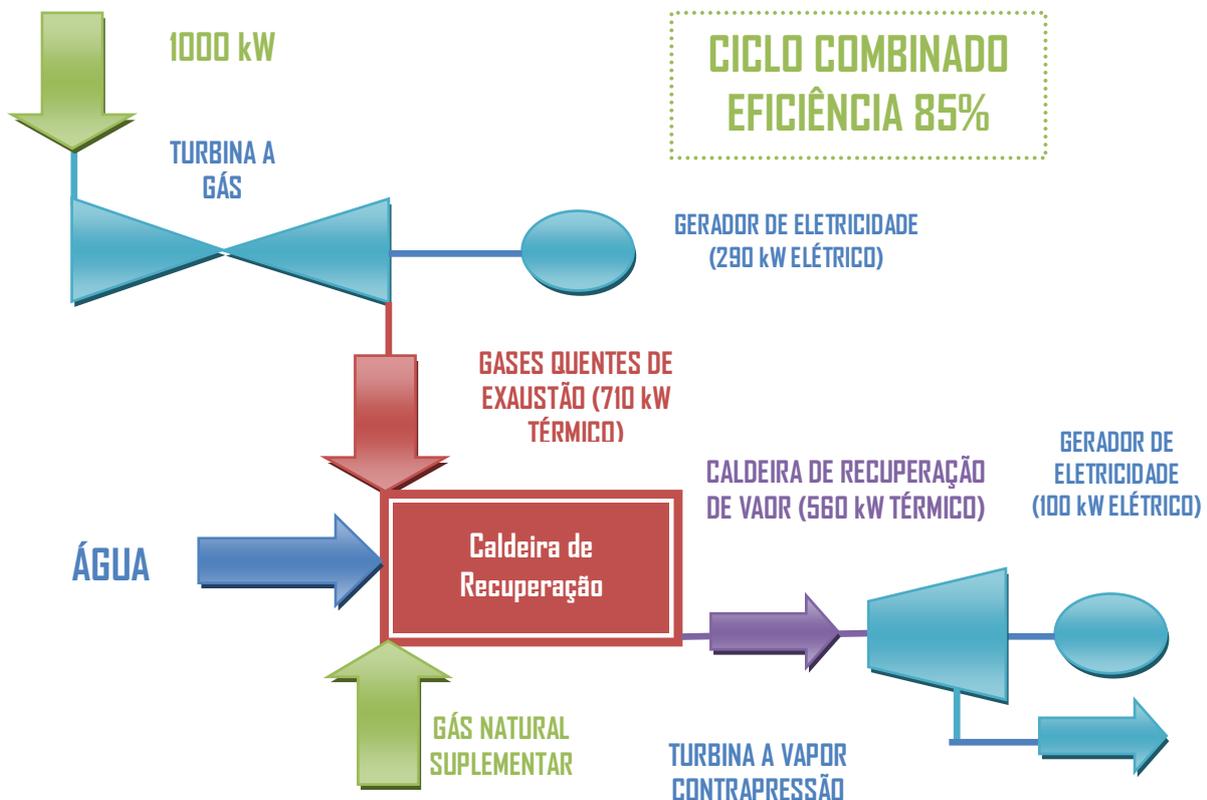


Figura 25: Distribuição energética da Cogeração em Ciclo Combinado. (Fonte: PUC-Rio).

6. Eficiência Energética, Exergia e Qualidade de Energia

A eficiência energética compreende-se como a reunião de medidas que almejam reduzir os gastos de energia elétrica, mantendo os mesmos índices de produção e qualidade. Inerente ao conceito de eficiência energética há denominação do que é exergia e a tomada de consciência sobre a eficiência exergética. É notório que nos usos finais da energia elétrica se verifica um relevante potencial na diminuição dos desperdícios, assim, inicia-se as providências tomadas quanto ao uso racional da energia.

Com o aumento dos sistemas de energia elétrica e o crescimento de cargas não-lineares, manifestou-se um cuidado maior com a qualidade da energia elétrica (QEE). Isso porque a QEE é intrínseca a expansão do mercado e as suas principais exigências, tornando cada vez mais relevante as concessionárias e consumidores a entrega de uma energia de qualidade.

6.1. Eficiência Energética

6.1.1. Conceitos e Definições

As definições de conceitos como: entropia, energia, entalpia, exergia e as leis de conservação de energia constituem um arcabouço teórico elementar ao estudo da eficiência energética, ainda o fato de que o entendimento claro de tais conceitos proporcione a compreensão de vários fenômenos físicos existentes, como podem ser verificados no Quadro 22.

Fenômenos	Conceitos e Definições
Energia:	É tudo aquilo que permite uma mudança na configuração de um sistema, em oposição a uma força que resiste a esta mudança (Maxwell, 1872).
Exergia:	Energia máxima que, em determinadas condições termodinâmicas (condições de ambiente), é conversível em outra forma de energia. É uma grandeza que permite avaliar a conversibilidade da energia. Energia disponível que se usa no processo.
Entalpia:	Grandeza termodinâmica utilizada para calcular a energia de um sistema que permanece intacta durante um processo ou uma reação. É igual à soma da energia interna com o produto da pressão e do volume.
Entropia:	Grandeza termodinâmica que permite apreciar a degradação de um processo. No caso da energia, ela é utilizada para avaliar a quantidade de energia recebida ou fornecida por um meio. Um aumento da entropia corresponde à diminuição da exergia.

Quadro 22 – Conceitos e Definições relacionados à Eficiência Energética. (Autoria: Própria)

A conservação de energia pode ser obtida por meio de diversos processos, como: na erradicação dos desperdícios, na ampliação da eficiência das unidades consumidoras de energia, assim como no aumento da eficiência das unidades geradoras de energia, no reaproveitamento dos recursos naturais pela reciclagem e na alteração dos padrões de consumo em favor de produtos e serviços que requerem menor uso de energia.

Conforme o complexo caminho percorrido pela energia desde seu estágio primário até o instante em que é usada para os serviços energéticos que desenvolvem em uma atividade na sociedade moderna, como mostrado na Figura 26. Para aprimorar a eficiência energética é necessário reduzir o consumo da energia primária, podendo acontecer em qualquer área da cadeia das transformações.

Além do mais, técnicas como a da substituição de uma forma de energia por outra no uso final também é válida. Historicamente, a substituição de combustíveis por eletricidade resultava muitas vezes em reduções de energia primária. No Brasil, hoje, a substituição da eletricidade pelo gás natural em alguns processos térmicos pode reduzir a energia primária necessária.

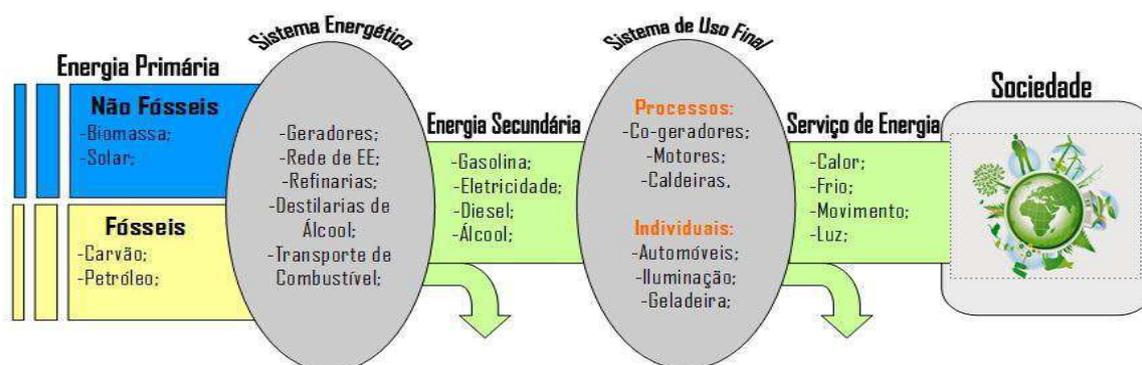


Figura 26 – Cadeia de Transformações Energéticas. (Autoria: Própria).

Diante do exposto, a eficiência energética não é a “racionalização forçada”, que visam à redução do serviço energético, e sim, o uso inteligente da energia, realizar os mesmos ou mais serviços com menos energia. Adiado ou evitando a produção adicional de energia resguardando-se de novos investimentos, atenuando, ainda os impactos ambientais decorrentes da expansão da geração.

6.1.2. Legislação e Providências Públicas de Eficiência Energética

A Lei de Eficiência Energética nº 10.295/2001 dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências, assim, determina a existência de um nível máximo de consumo específico de máquinas e

aparelhos consumidores de energia, seja esta elétrica ou de outras fontes.

Ela foi concebida sob o entendimento de que a conservação de energia deve ter finalidade da Política Energética Nacional, a lei fomenta o progresso tecnológico, a preservação ambiental e a introdução de produtos mais eficientes no mercado nacional.

Conforme mostrou-se necessário, instituiu o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE) com o objetivo de implementar o disposto na lei. O CGIEE é composto pelo Ministério de Minas e Energia (MME), que o preside, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Agência Nacional do Petróleo (ANP), por um representante de universidade e por um cidadão brasileiro.

Suas prerrogativas são: a elaboração de regulamentações específicas para cada tipo de aparelho consumidor de energia e edificações, o estabelecimento de Programas de Metas para a revisão dos índices mínimos com indicação da evolução dos níveis a serem alcançados por cada equipamento regulamentado e a constituição de comitês técnicos para a análise de matérias específicas.

O PROCEL e o CONPET são programas desenvolvidos no Brasil mediante a lei citada e seus produtos como Selo Procel, conforme mencionado na seção que explana sobre economia no Capítulo 4 deste trabalho e estão equalizadas com as políticas públicas de eficiência energética.

6.1.3. Eficiência Energética na Conversão, na Transmissão, na Distribuição e no uso final da energia elétrica

Para o entendimento da eficiência energética na Conversão, na Transmissão, na Distribuição e no uso final da energia, a seguir tem no Quadro 23 uma abordagem sobre o assunto de uma forma didática.

Eficiência Energética:	Conceitos e Definições
Geração:	<ul style="list-style-type: none">- São medidas realizadas com o intuito de minimizar os dispêndios de energia e até mesmo novos investimentos financeiros com as instalações de novas unidades conversoras de qualquer fonte de energia em energia elétrica, além dos impactos ambientais relacionados a sua implantação.- Seus principais benefícios são: a redução na quantidade dos insumos utilizados, pois o excedente dos mesmos podem ser deslocados para a nova esfera produtiva; promover uma redução no preço final da energia elétrica e reduzir a necessidade de expansão.- O repotenciamento nas usinas é uma oportunidade de eficientização energética, como já mostrado no Capítulo 5 do presente trabalho de Gerenciamento de Energia, mais especificamente com o Gerenciamento pelo Lado da oferta (GLD).

Transmissão:	- Se dá com medidas zeladoras e manutenção dos equipamentos, substituição de equipamento por outros de melhor desempenho, compressão de linhas, visando a eliminação de perdas e ajustes em algumas limitações, são estas: Perdas por efeito joules; ampacidade: capacidade máxima de corrente suportada pelos condutores; linhas de transmissão de grande extensão; efeito Ferranti; além do efeito corona.
Distribuição:	- Projeto de substituição de eletrodomésticos e lâmpadas tem sido os projetos mais adotados pelas concessionárias brasileiras de distribuição de energia elétrica; - O projeto "Eficientização no Setor de Serviços Públicos", desenvolvido pela Rio Grande Energia – RGE, no estado do Rio Grande do Sul. - Na classe industrial o dimensionamento correto de motores, selecionando o motor mais adequado a potência mecânica exigida por equipamentos.
Uso Final:	- É a parte do Sistema Elétrico onde pode se obter uma efficientização energética de forma mais simples, realizando substituições de lâmpadas fluorescente por LEDs, monitorar a força motriz, atentar para o uso de eletrodomésticos com maior eficiência como refrigeradores e aquecedores com o Selo PROCEL.

Quadro 23 – Eficiência Energética na Conversão, Transmissão, Distribuição e Uso final da Energia Elétrica (Autoria: Própria).

6.2. Exergia e Eficiência Exergética

Para o entendimento do que é exergia, necessita-se revisar os conceitos apresentados nas Leis da Termodinâmica.

A primeira Lei da Termodinâmica rege a conservação da energia. Ou seja, a energia de um sistema não pode ser criada ou destruída, apenas transformada. Essa Lei pode ser descrita conforme a equações (1) e (2).

$$Q = \tau + \Delta U \quad (1)$$

$$\sum E_{entra} = \sum E_{sai} + \Delta E_{sistema} \quad (2)$$

A segunda Lei da termodinâmica é estabelece que o calor não pode se transformar completamente em outra forma de energia, sendo considerado uma forma degradada da energia. De outra maneira, essa Lei trata sobre a transferência de energia térmica para que o sistema fique em equilíbrio, por intermédio da troca de calor entre os corpos.

Já a terceira Lei da Termodinâmica relaciona o zero absoluto com o valor mínimo da entropia. Nesse caso, a energia térmica, em forma de calor, poderia ser totalmente transformada em trabalho, sem perdas. Isso é exposto na equação (3), onde ΔS é a entropia do sistema:

$$\Delta S = 0 \quad (3)$$

Como todos os sistemas reais têm perdas, o trabalho máximo que poderiam realizar nunca é atingindo. Esse fato denomina-se de exergia, que é a máxima energia que é conversível em outras formas de energia, isto é, a energia realmente disponível

no processo para que seja realizado o trabalho.

Quantitativamente, a eficiência energética é dada pela expressão (4).

$$\eta = \frac{\text{Energia}_{\text{saída}}}{\text{Energia}_{\text{entrada}}} \quad (4)$$

Aplicando a expressão (4) à exergia, podemos estabelecer uma eficiência exergética, que representa a eficácia na utilização dos recursos energéticos. A eficiência exergética pode ser calculada segundo a expressão (5) como:

$$\eta = \frac{\text{Energia}_{\text{recuperada no processo}}}{\text{Energia}_{\text{introduzida no processo}}} \quad (5)$$

A eficiência exergética busca sempre o melhor aproveitamento dos recursos. Logo, métodos que proporcionem o aumento da eficiência são de grande importância, como, por exemplo, a cogeração.

6.2.1. Energia x Exergia

É pertinente apresentar as principais diferenças entre energia e exergia. Esse comparativo está representado no Quadro 24.

Energia	Exergia
Obedece à lei da conservação.	Não obedece à lei da conservação.
É função do estado da matéria sob consideração.	É função do estado da matéria sob consideração e da matéria no meio ambiente.
Pode ser calculada baseando-se num estado de referência qualquer.	O estado de referência é imposto pelo meio ambiente, o qual pode variar.
Aumenta com o crescimento da Temperatura.	Para processos isobáricos alcança um mínimo na temperatura do meio ambiente; nas temperaturas menores ela aumenta quando a temperatura diminui.

Quadro 24 – Comparação entre energia e exergia. (Fonte: adaptado de Hincapié, 2013).

6.3. Qualidade de Energia

Quando se leva em consideração os diversos tipos de recursos energéticos disponíveis, o termo Qualidade de Energia é amplo. Por exemplo, a qualidade de um combustível, como carvão, gasolina, etanol, óleo diesel, querosene, gás natural etc.

Face a esta abrangência, no âmbito da disciplina Gerenciamento de Energia optou-se por focalizar a Qualidade da Energia Elétrica (QEE).

6.3.1. A qualidade da Energia Elétrica (QEE)

Qualidade de energia elétrica refere-se ao conjunto de fenômenos que afetam a forma e amplitude da onda de tensão e corrente. Conforme definição de Oliveira e Delaiba:

Qualidade de energia está relacionada com qualquer desvio que possa ocorrer na magnitude, forma de onda ou frequência da tensão e/ou corrente. Esta designação se aplica às interrupções de natureza permanente ou transitória que afetam o desempenho da transmissão, distribuição e utilização da energia elétrica. (Oliveira e Delaiba, 2006).

Assim, a QEE é compreendida como à medida que indica quão satisfatoriamente a energia elétrica pode ser utilizada pelos consumidores, tomando em observação os parâmetros desejáveis para uma operação segura.

6.3.2. QEE: Distúrbios e Causas

Os distúrbios envolvendo qualidade de energia podem ser agrupados segundo características relacionadas à sua duração e o tipo de ocorrência. Os principais distúrbios geralmente identificados nos sistemas elétricos são: interrupções transitórias, variações de tensão, distúrbios de curtíssima duração (surtos e distúrbios oscilatórios), distorções harmônicas, cintilação, ruído e rádio interferência.

No Quadro 25 são apresentados, de forma sintética, alguns desses distúrbios:

Distúrbios	Definições e Causas
Interrupções transitórias:	As interrupções transitórias são definidas como a perda de potência completa durante 0,5 ciclo ou mais. As concessionárias classificam as interrupções como: - Interrupções momentâneas: perda completa menor que 2 segundos; - Interrupção temporária: perda completa de duração maior que 2 segundos e menor que 1 minuto; - Interrupção sustentada: perda completa com duração maior que 1 minuto.
Variações de tensão:	Variações de tensão são consideradas qualquer alteração na forma de onda da tensão, de frequência 60 Hz, de duração maior que 0,5 ciclo. Estas variações podem ser classificadas de curta e longa duração. Variações de tensão de curta duração estão compreendidas entre 0,5 ciclo a 1 minuto. Variações de tensão de longa duração apresentam duração superior a 1 minuto e podem ser corrigidas pela utilização de bancos reguladores. Além de <i>Voltage Sag e Voltage Swells</i> .
Distúrbios de curtíssima duração:	Distúrbios de curtíssima duração são transitórios de tensão caracterizados por serem unidirecionais e por afetar a forma de onda das grandezas elétricas. Podem ser impulsivos ou oscilatórios.
Distorções harmônicas:	Caracterizadas por serem periódicas e ocorrem quando existe uma combinação das componentes da forma de onda senoidal, a fundamental e seus múltiplos inteiros, como a terceira, quinta, sétima, etc. As distorções harmônicas são causadas por cargas não-lineares ligadas no sistema elétrico, como transformadores, lâmpadas de descarga, retificadores, motores de indução, controladores de velocidade, etc. Cortes na forma de onda de tensão (notching) são distúrbios devido a curtos-circuitos momentâneos na rede elétrica durante a comutação de chaves de conversores estáticos.

Rádio Interferência

A Rádio Interferência é uma perturbação de alta frequência, da ordem de 0,5 a 100 MHz, são normalmente intermitentes. Ela se distingue do ruído pela forma de propagação. O ruído se propaga no sistema tendo sido originado por componentes do sistema. A Rádio Interferência é gerada externamente ao sistema e se propaga pelo ar. Trata-se de um problema de poluição eletromagnética, sendo resultado de: máquinas de solda, máquinas de eletro-erosão, estações de rádio amador.

Quadro 25 – Distúrbios envolvendo Qualidade de Energia (Adaptado: Anais do SBQEE, 1996).

6.3.3. Índices da QEE

Alguns índices são utilizados como parâmetros para balizar a QEE. Tais índices são normatizados internacionalmente pelos padrões de referência da Norma Europeia EN 50160 e o Contrato Esmeralda (EDF), e em regimentos internas de algumas empresas do setor elétrico.

No Quadro 26 são apresentadas algumas definições e causas que contribuem para a degradação da QEE.

Distúrbios	Definições e Causas
Variação sustentada de frequência (Δf_s):	Especifica os limites toleráveis de longo prazo de variação da frequência do sistema elétrico em relação ao seu valor nominal. A frequência não deve variar mais que 1% do seu valor nominal durante 95% do tempo monitorado. No caso do Brasil este valor seria 0,6 Hz.
Variação momentânea de frequência (Δf_m):	Especifica os limites toleráveis de longo prazo de variação da frequência do sistema elétrico em relação ao seu valor nominal, quando da ocorrência de distúrbios de duração menor ou igual a 1 minuto. Embora a Norma Europeia EN 50160 e o Contrato Esmeralda (EdF) utilizem outros valores, a CHESF, por exemplo, utiliza os limites de mais ou menos 8%.
Frequência equivalente de interrupção (FREQ):	Exprime, em média, o número de interrupções que a demanda máxima do conjunto considerado sofreu, no período de observação. Os valores limites e metas são estabelecidos a cada ano, discretizadas por mês, para o sistema da concessionária.
Duração equivalente de interrupção (DREQ):	Representa o espaço de tempo que, em média, a demanda máxima do conjunto considerado ficou privada do suprimento de energia elétrica, no período de observação. Os valores limites e metas são estabelecidos a cada ano, discretizadas por mês, para o sistema da concessionária.
Energia interrompida (ENES):	Contabiliza a quantidade estimada de energia elétrica não suprida, no período de observação. Não há metas nem limites estabelecidos.
Frequência de interrupção por consumidor (FIC):	Número de vezes em que o consumidor é interrompido por um período de tempo igual ou maior que 1 minuto, no período de observação. Não há metas nem limites estabelecidos.
Duração de interrupção por consumidor (DIC)	Duração total das interrupções do consumidor consideradas no período de observação. Não há metas nem limites estabelecidos.
Frequência equivalente de violação de tensão (FEV)	Representa a proporção de consumidores que receberam energia com níveis de tensão de fornecimento fora dos limites legais. Deve-se adotar um período de observação de 24 horas e só devem ser consideradas violações de tensão que se mantenham durante intervalos iguais ou superiores a 5 minutos. Não há metas nem limites estabelecidos.

Nível Equivalente de Violação de Tensão (NEV)	Exprime a média dos níveis de tensão fora dos limites legais, referenciada à tensão de fornecimento dos consumidores considerados no FEV. Deve-se adotar um período de observação de 24 horas e só devem ser consideradas violações de tensão que se mantenham durante intervalos iguais ou superiores a 5 minutos. Não há metas nem limites estabelecidos.
Níveis de Severidade de Cintilação (FLICKER)	Fornecer a indicação da severidade da cintilação, através de uma avaliação estatística dos níveis instantâneos de cintilação, expressos em por unidade do nível de percepção e verificados em um período especificado de 10 minutos.
Desequilíbrio de Tensão(K)	É a relação entre as componentes de sequência negativa e sequência positiva da tensão, expressa em percentuais da componente positiva. O limite global de desequilíbrio aplicável às barras do sistema é de 2% e por consumidor é de 1,5%.
Distorção Harmônica Total – THD (Total Harmonic Distortion)	É o somatório quadrático das tensões harmônicas de ordens 2 a 50. Este conceito quantifica o teor de poluição harmônica total existente em um determinado ponto do sistema. Conforme a expressão (6): $THD = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{50} I_{rms}^2}}{I_1} \quad (6)$

Quadro 26 – Índices de Qualidade de Energia (Adaptado: Anais do SBQEE, 1996).

6.3.4. Harmônicas no Sistema Elétrico

É importante compreender o que são harmônicas, uma distorção na forma de onda do sinal elétricos que não possui somente a frequência fundamental em sua composição, mas também, sinais cujas frequências são múltiplas da fundamental.

A origem dos harmônicos no sistema em estudo está vinculada ao aumento da inserção das cargas não-lineares no Sistema Elétrico, as quais não apresentam proporcionalidade entre tensão e corrente.

O conceito de distorções harmônicas tornou-se foco de análise mais aprofundada com a forte integração da eletrônica de potência nos últimos tempos em todos os setores, desde o uso doméstico a aplicações industriais. Portanto, as distorções podem ser causadas tanto por elementos do sistema elétrico como os próprios consumidores.

É importante ressaltar uma distinção entre os efeitos quase instantâneos e os efeitos acumulados. Os primeiros estão mais voltados com a deformação das ondas de tensão e corrente, podendo causar:

- Operação incorreta de equipamentos de controle ou relés, pelo deslocamento do zero ou alterações no valor de pico das ondas de tensão e corrente;
- Interferência em sistemas de telefonia;

- Solicitação do isolamento.

Já os efeitos acumulados estão relacionados com o tempo de exposição do equipamento ao fenômeno de distorção e com intensidade dos componentes harmônicos e com a intensidade dos componentes harmônicos das ondas de tensão e corrente e se traduzem em:

- Perdas adicionais, sobreaquecimento e possível perda de vida útil em equipamentos, principalmente em capacitores e máquinas rotativas;
- Erros sistemáticos na medição de energia.

6.3.4.1. Fontes de distorção harmônica

Os maiores níveis de harmônicos são causados por vários tipos de cargas retificadoras. Outros equipamentos que originam harmônicos são quaisquer equipamentos eletrônicos de potência (retificadores, inversores, *choppers*, cicloconversores), fornos a indução, fornos a arco, transformadores e máquinas rotativas.

A natureza e a magnitude das harmônicas geradas por cargas não-lineares dependem de cada carga especificamente, mas algumas generalizações podem ser feitas. Uma significativa quantidade de harmônicos pode aparecer não só devido a grandes equipamentos, mas também devido à soma de pequenas cargas.

6.3.4.2. Efeitos das harmônicas do sistema elétrico

As frequências harmônicas influenciam nas correntes que serão injetadas no sistema elétrico, assim, induzem uma tensão com distorções, devido à influência das componentes das frequências harmônicas derivadas dos reflexos causados nas correntes iniciais inseridas no sistemas elétricos em análise.

Os efeitos da distorção de tensão podem ser divididos em três categorias: “stress” nos isolamentos devido ao efeito da tensão, aquecimento devido ao fluxo de corrente e perturbações na carga. O “stress” no isolamento está associado à taxa de crescimento da onda de tensão e do seu valor de pico, enquanto que os efeitos térmicos e as perturbações de carga estão

associados ao valor eficaz dos harmônicos e da fundamental.

Uma instalação elétrica com elevados níveis de harmônicos pode causar problemas para as redes da distribuição, para a própria instalação, podendo causar até à parada total dos equipamentos.

No Quadro 27 são apresentadas definições e causas sobre alguns distúrbios nas componentes harmônicas que os equipamentos elétricos podem causar após sua inserção nos sistemas elétricos.

Distúrbios	Definições e Causas
Transformadores	- Os harmônicos de tensão aumentam as perdas no núcleo, enquanto os harmônicos de corrente elevam as perdas no cobre. A elevação das perdas no cobre deve-se principalmente ao efeito pelicular, que implica numa redução da área transversal efetiva condutora à medida que eleva a frequência da corrente.
Motores e geradores:	- Nas máquinas rotativas os efeitos dos harmônicos estão relacionados: ao aumento das perdas, a diminuição do fator de potência, o barulho audível, vibrações, desgastes e dificuldade de partida.
Equipamentos eletrônicos e aparelhos de medição:	-Aparelhos de medição e os instrumentos são afetados especialmente se ocorrer ressonância o que altera a grandeza medida. Dispositivos como discos de indução, como os medidores de energia eletromecânicos são sensíveis a harmônicas, podendo apresentar erros positivos ou negativos. Segundo Pomilio (1997), em geral a distorção precisa ser elevada (>20%) para produzir erro significativo.
Relés de proteção e fusíveis:	Quando se trata de relés não se é possível definir completamente a resposta devido à variedade de distorções possíveis e aos diferentes tipos de relés. O desempenho do relé para uma faixa de frequência especificada de entrada, não é o mesmo quando das presenças de uma onda distorcida.

Quadro 27 – Harmônicos no SE (Adaptado: Anais do SBQEE, 1996).

6.3.4.3. Medidas técnicas de eliminação de distúrbios da QEE

No Quadro 28 são apresentadas algumas medidas técnicas que podem contribuir para a eliminar ou mitigar distúrbios que a afetam a QEE:

Medidas Técnicas para atenuar os distúrbios que afetam a QEE	Definições e Causas
Utilização de <i>No-Breaks</i> nos sistemas ou em equipamentos específicos:	Utilização de <i>No-Breaks</i> nos sistemas ou em equipamentos específicos:
Utilização de Filtros Harmônicos:	São elementos incorporados no sistema para a redução dos harmônicos ou aumento do fator de potência de uma forma geral. Podem ser passivos, ativos, eletrônicos e de reator de linha. Retificadores PWM, Conversores BOOST, também são usados para esta finalidade;

<p>Utilização de Condicionadores de Potência:</p>	<p>No caso de distúrbios como a depressão de tensão, estes equipamentos são capazes de fornecer altas potências em pequenos intervalos de tempo. Um exemplo é o SMES (<i>Superconductor Magnetic Energy Storage</i>) sendo capaz de fornecer 300MW durando um período de tempo superior a 20 segundos, garantindo a forma original da onda senoidal;</p>
<p>Restaurador Dinâmico de Tensão (DVR):</p>	<p>Formador por um conjunto de conversor eletrônico de potência associado com um armazenamento de energia. Em casos de queda de tensão o conversor injeta tensão requerida do barramento de alimentação para a compensação do distúrbio;</p>
<p>Compensador Universal (UPLC):</p>	<p>Engloba todos os conceitos de compensação num único equipamento de Eletrônica de Potência, ele realiza todas as funções de filtragem ativa série e paralela, além da função de compensação;</p>
<p>Compensação série em sistemas de distribuição:</p>	<p>Sendo cada vez mais utilizada como o aumento do limite de estabilidade estática e transitória, controle do perfil de tensão e corrente ao longo da linha, aumento do rendimento na transmissão e distribuição da energia transmitida, e diminuição da cintilação. Combate problemas de flutuação causado por cargas de variação rápida e baixo fator de potência;</p>
<p>Filtros ativos de potência:</p>	<p>Filtros ativos de potência: Vários casos de ressonância podem ser resolvidos com filtros passivos. No entanto a utilização de filtro passivos tem alguns inconvenientes como o fato dos filtros passivos perderem a sintonia quando a frequência da rede varia e mesmo sem variar podem ocorrer fenômenos de ressonância ou antirressonância, entre outros. Quando os filtros passivos são associados em série a uma parte ativa, unindo as vantagens dos filtros ativos convencionais às altas potências dos filtros passivos.</p>

Quadro 28 – Medidas Técnicas para atenuar os distúrbios que afetam a QEE (Adaptado: Anais do SBQEE, 1996).

7. Conclusão

Neste trabalho de conclusão de curso foi exposto um breve histórico de como a disciplina de Gerenciamento de Energia vem sendo ministrada no âmbito do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), desde a sua implantação, conforme a Resolução 20/99, até o ano de 2020.

Com o desenvolvimento de todas as atividades deste trabalho, foi possível perceber a importância do estudo da disciplina de Gerenciamento de Energia do Curso de Engenharia Elétrica da UFCG, despertando a atenção para um amplo seguimento de amadurecimento das práticas acadêmicas que levam o vindouro profissional a explorar os conhecimentos técnicos, vinculando-os ao meio global e assim obtendo o perfilamento de engenheiros hábeis e munidos de discernimento a respeito da carência e urgência de aprimorar às relações técnico-científicas com a sociedade.

Ainda tornou-se evidente que a implantação de uma nova metodologia de ensino aprendizagem em um curso tradicional como o de Engenharia Elétrica é um desafio, pois o aluno é geralmente submetido a um sistema de ensino centrado no professor, o aluno é apenas um agente passivo, ou seja, um receptor de conhecimentos prontos, tornando-se meros replicadores das vivências já efetuadas por outros, para obtendo resultados já esperados, longe da inovação tanto almejada pela ciência.

Contudo, ao longo dos períodos letivos, notou-se um progresso na abordagem educacional com o incentivo a principal forma de desenvolvimento intelectual que é o pensar, desta maneira, essa nova proposta de magistério fomenta a interação dos alunos da Disciplina de Gerenciamento de Energia e demais disciplinas do curso de Engenharia Elétrica, sendo feito por meio de atividades simples de multidisciplinaridade, estimulando o questionar, o analisar, o raciocinar sobre diversos temas estudados no decorrer da graduação.

Além da realização de palestras interdisciplinares, pesquisas bibliográficas investigativas sobre o setor elétrico brasileiro, atualizações tecnológicas, novos materiais elétricos, conhecimentos práticos do dia a dia e outras opções tecnológicas de baixo custo, sobretudo com o estudo das diversas tecnologias disponíveis relacionadas ao conceito de Gerenciar a Energia, ou seja, na sua utilização final há uma expectativa de mudança de hábitos no consumo de energia elétrica.

Dentro das práticas de ensino-aprendizagem elucidadas neste trabalho destacou-se o estímulo à concatenação entre os alunos e o meio digital, iniciativa do Professor Benedito Antonio Luciano, que resultaram em projetos desenvolvidos por estudantes durante a execução da matéria de Gerenciamento de Energia como a

confeção de CD-ROM's até o desenvolvimento de uma plataforma digital (*site*) com acesso chave QR Code (*Quick Response Code*).

A partir coleta de depoimentos dos ex-alunos responsáveis por estes projetos tornou-se clara a relevância da disciplina de Gerenciamento Energia na sua vida profissional, hoje atuais professores universitários, no caso do Dr. Raphael Reis e do Dr. Euler Macedo, e da Dra. Taísa Felix que atua no Mercado Europeu de Energia Elétrica.

É entusiasmante notar que o estudante imerso na nova proposta metodológica torna-se agente ativo no entendimento dos conteúdos, desenvolvendo um olhar ímpar sobre o processo de ensino-aprendizagem, portando-se como legítimos engenheiros. Em correspondência o professor que trabalha nessa nova esteira da educação, torna-se mais motivado, mesmo em meio à demanda de esforço que essa singular metodologia exige.

O principal obstáculo enfrentado na realização deste trabalho foi a dificuldade de realizar uma busca mais aprofundada sobre o acervo histórico físico em meio a um cenário de pandemia mundial. Todavia, a tecnologia possibilitou a coleta do material em mídias digitais em sua maioria fornecidas pelo Professor Benedito Antonio Luciano, e informações adquiridas junto à secretaria e à coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica, além dos depoimentos coletados dos ex-alunos da disciplina virtualmente.

Assim, a realização desta pesquisa e os dados apresentados neste trabalho compõe uma análise esperada para os objetivos traçados. Uma vez que foram levantados diversos aspectos dos processos de aprendizagem, relações entre docente e discente, intercâmbio de conhecimento e valores entre os alunos, além da conexão dos alunos da disciplina de Gerenciamento de Energia e futuros engenheiros eletricitas com o âmbito da pesquisa científico e mercado de trabalho.

Além de todas as análises feitas, este trabalho está em constante evolução e aperfeiçoamento fazendo parte de uma pesquisa maior, logo, sugere-se para futuros trabalhos buscar uma participação maior de ex-alunos e atuais alunos para verificar se os resultados apresentados neste trabalho serão mantidos, implementar novas tecnologias incorporadas ao ensino como a *AR (Augmented Reality)* e a *VR (Virtual Reality)*.

Ademais, pode-se ampliar a pesquisa convidando professores e alunos de outras disciplinas a realizar idêntica proposta analítica, traçando um paralelo entre a abordagem educacional da disciplina em estudo e sua contribuição no curso de Graduação de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande.

Referências

1. RONCA, P. A. C. e TERZI, C. A. **A aula operatória e a construção do conhecimento**. São Paulo: EDESPLAN, 1995.
2. BARROS, B. F., BORELLI, R. e GEDRA, R. L. **Gerenciamento de energia: ações administrativas e técnicas de uso adequado da energia elétrica**. São Paulo: Érica, 2010. 176p.
3. LUCIANO, B. A. **Como economizar água e energia elétrica**. <https://paraibaonline.com.br/colunistas>. 18 de outubro de 2017.
4. LUCIANO, B. A. **Energia eólica offshore**. <https://paraibaonline.com.br/colunistas>. 18 de fevereiro de 2019.
5. LUCIANO, B. A. **O que se paga na conta de energia elétrica**. <https://paraibaonline.com.br/colunistas>. 27 de março de 2019.
6. LUCIANO, B. A. **Matrizes energéticas**. <https://paraibaonline.com.br/colunistas>. 17 de junho de 2019.
7. LUCIANO, B. A. **Sistemas de energia elétrica e de abastecimento de água**. <https://paraibaonline.com.br/colunistas>. 16 de julho de 2019.
8. LUCIANO, B. A.; MACEDO, E. C. T. **CDROM para suporte didático da disciplina Gerenciamento de Energia. 2008**.
9. LUCIANO, B. A.; FELIX, T. A. **CDROM para suporte didático da disciplina Gerenciamento de Energia. 2009**.
10. LUCIANO, B. A.; REIS, R. L. A. **CDROM para suporte didático da disciplina Gerenciamento de Energia. 2012**.
11. LUCIANO, B. A. **Plano de curso da disciplina Gerenciamento de Energia. UFCG/CEEI/Curso de Graduação em Engenharia Elétrica, 2019**.
12. LUCIANO, B. A. **Plano de curso da disciplina Gerenciamento de Energia. UFCG/CEEI/Curso de Graduação em Engenharia Elétrica, 2020.0**.
13. MARQUES, M. C. S., HADDAD, J. e GUARDIA, E. C. (Coordenação) **Eficiência Energética: teoria & prática**. 1ª ed. Itajubá: FUPAI, 2007.
14. REIS, L. B. **Geração de energia elétrica: tecnologia, inserção ambiental, planejamento, operação e análise de viabilidade**. São Paulo: Manole, 2003.
15. PUCRS. **Manual de economia de energia**. Disponível em: <http://www.pucrs.br/biblioteca/manualuse.pdf>
16. ONS. **O que é ONS**. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/o-que-e-ons>
17. ONS. **O que é SIN**. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-que-e-o-sin>
18. ONS. **Atuação**. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/atuacao>
19. ANEEL. **Regulação do Setor Elétrico**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/regulacao-do-setor-eletrico>

20. ENERGISA BORBOREMA. **Tipos de Tarifas.** Disponível em: <https://www.energisa.com.br/empresa/Paginas/pequenas-e-medias-empresas/taxas-prazos-e-normas/tipos-tarifas.aspx>
21. ANEEL. **Por dentro da conta de luz: informação de utilidade pública.** Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Por+dentro+da+conta+de+luz/9b8bd858-809d-478d-b4c4-42ae2e10b514?version=1.0&download=true>
22. ANEEL. **Resolução Normativa nº 414.** Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/ren-414>
23. ANEEL. **Matriz de Energia Elétrica.** Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>
24. PUC-RIO. **Mercados de Eletricidade.** Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/4777/4777_3.PDF
25. BEGGS, C. **Energy Management, Supply and Conservation.** Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002.
26. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Decreto nº 3.520, de 21 de junho de 2000.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D3520.htm CÂMARA MUNICIPAL DE CAMPINA GRANDE. **Lei Municipal nº 5.401/2013.** Disponível em: <https://sapl.campinagrande.pb.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2013/1189/lei-n-5.401.pdf>
27. ELETROBRAS. **Manual de Tarifação da Energia Elétrica.** Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Manual%20de%20Tarif%20En%20EI%20-%20Procel_EPP%20-%20Agosto-2011.pdf
28. ENERGISA BORBOREMA. **Fatura de Energia Elétrica.** Mês de referência: agosto/2019. Unidade Consumidora: 4/222622-3
29. USP. **Conceitos em Eficiência Energética.** Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4008334/mod_resource/content/1/Conceitos%20em%20Eficiência%20Energética%20-%20partes%201%20e%202.pdf
30. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Energia.** Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/secex_consumo/arquivos/7%20%20mcs_energia.pdf
31. ENERGISA BORBOREMA. **Tipos de Tarifas.** Disponível em: <https://www.energisa.com.br/empresa/Paginas/pequenas-e-medias-empresas/taxas-prazos-e-normas/tipos-tarifas.aspx>
32. **RELATÓRIO SÍNTESE DO BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL – BEN 2017.** Disponível em: <http://blog.alsolenergia.com.br/2017/07/epe-publica-o-relatorio-sintese-balanco-energetico-nacional-ben-2017/>.
33. **O BALANÇO ENÉRGETICO NACIONAL: O PAPEL DA ENERGIA ELÉTRICA.** Disponível em: <http://repositorio.enap.gov.br/handle/1/2695>.
34. **Balanço Energético Nacional 2019.** Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>.
35. QUEIROZ, Helder, IOOTY, Mariana, BOMTEMPO, José Vítor, ALMEIDA, Edmar, BICALHO, Ronaldo Goulart. **Economia de Energia.** Disponível em:

https://books.google.com.br/books?id=AK84DwAAQBAJ&pg=PA12&lpg=PA12&dq=balan%C3%A7o+energ%C3%A9tico+nacional&source=bl&ots=vQRml6drNI&sig=ACfU3U1tJ1jiN-l2yfyfVcv_S9GBAOkhvg&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ahUKEwipg9mx5gbkAhXtK7kGHWYNAbA4ZBD0ATAHegQICRAB#v=onepage&q=balan%C3%A7o%20energ%C3%A9tico%20nacional&f=false.

36. **CARVÃO MINERAL: HERÓI OU VILÃO.** Disponível em: <https://www.extraclasse.org.br/ambiente/2009/07/carvao-mineral-heroi-ou-vilao/>.
37. **ENERGIA RENOVÁVEL: OS GANHOS E OS IMPACTOS SOCIAIS, AMBIENTAIS E ECONÔMICOS NAS INDÚSTRIAS BRASILEIRAS.** Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_tn_stp_167_970_19670.pdf.
38. **ENERGIA SOLAR – 4 VANTAGENS E DESVANTAGENS QUE TODOS DEVÍAMOS SABER.** Disponível em: <https://inag.pt/energia-solar/>.
39. **BRONZEADO, H. S.; RAMOS A. J. P. Uma Proposta de Nomenclatura Nacional de Termos e Definição Associados à Qualidade da Energia Elétrica.** In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA, 2., 1997, São Lourenço. **Anais do Seminário Brasileiro sobre Qualidade da Energia Elétrica.**
40. **EPE, “REPOTENCIAÇÃO E MODERNIZAÇÃO”,** Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Rio de Janeiro, 2008.
41. **QUALIDADE DO FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA: aspectos regulatórios e perspectivas.** 2017. Disponível em: http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/47_ACD_Prova_Gesel_TDSE_76.pdf.
42. **MORAN, J. M.; SHAPIRO, H. N. Princípios de Termodinâmica para Engenharia.** 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. 681 p. Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://www.monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10006255.pdf>.
43. **HINCAPIÉ, C. F. A.; ARREDONDO, H. I. V. Exergía en sistemas biológicos: Aproximación holística para el estudio de ecosistemas y el manejo ambiental.** 12 dez. 2013. 1. Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S190904552013000200011.