

Cleicio Poletto Martins

**A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E OS IMPACTOS
SOCIOAMBIENTAIS DO DESCOMISSIONAMENTO DE
SISTEMAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Energia e Sustentabilidade da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Araranguá, para a obtenção do Grau de Mestre em Energia e Sustentabilidade, Área de Concentração: *Planejamento e Sustentabilidade do Setor Energético*, Linha de Pesquisa: *Gestão e Sustentabilidade*.

Orientador: Giovani Mendonça Lunardi, Dr.

Araranguá
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária
da UFSC.

Martins, Cleicio Poletto

A transição energética e os impactos socioambientais do descomissionamento de sistemas de geração de energia elétrica / Cleicio Poletto Martins; orientador, Giovanni Mendonça Lunardi, 2018.

129 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá, Programa de Pós-Graduação em Energia e Sustentabilidade, Araranguá, 2018.

Inclui referências

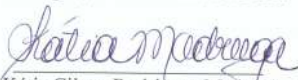
1. Energia e Sustentabilidade. 2. Descomissionamento. 3. Transição energética. 4. Impactos socioambientais. 5. Sistemas de geração de energia elétrica. I. Lunardi, Giovanni. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia. III. Título.

Cleicio Poletto Martins

**A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E OS IMPACTOS
SOCIOAMBIENTAIS DO DESCOMISSIONAMENTO DE
SISTEMAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Energia e Sustentabilidade”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Energia e Sustentabilidade.

Araranguá, 19 de outubro de 2018.



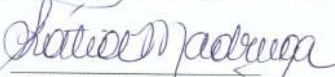
Prof.^a Kátia Cilene Rodrigues Madruga, Dra.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:




Prof. Giovanni Mendonça Lunardi, Dr.
Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina – PPGES



Kátia Cilene Rodrigues Madruga, Dra.
Universidade Federal de Santa Catarina – PPGES



Prof. Luciano Lopes Pfitscher, Dr. – PPGES
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Amir Antônio Martins De Oliveira Junior, Dr. – PPGEMC
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado à minha família. À minha esposa, Luciana Bolan Frigo, e à minha filha, Leticia Frigo Poletto.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela possibilidade de viver.

À minha esposa Luciana Bolan Frigo e à minha filha Letícia Frigo Poletto. A primeira pelo amor, dedicação e paciência que tem tido comigo ao longo desses últimos 23 anos. Por estar ao meu lado em todos os momentos e compartilhar o amor. A segunda, como forma de motivação pela busca do conhecimento e aprendizado. Aos meus pais, Maurício e Cleide, que sempre batalharam com o objetivo de possibilitarem meus estudos. Aos meus sogros, Cirlene Bolan e Luiz Frigo, por sempre me tratarem com amor e carinho. Aos meus amigos, Nelson Hartmam e Fábio Kleveston, que me incentivaram nesta jornada. Ao Orientador, Prof. Giovani Mendonça Lunardi, Dr. pela orientação dedicada, comprometida e competente. A Universidade Federal de Santa Catarina, sobretudo ao Programa de Pós-Graduação em Energia e Sustentabilidade do campus Araranguá pela oportunidade.

RESUMO

Desde o início da industrialização, o consumo de energia cresceu muito mais rápido do que o número de pessoas no planeta. Enquanto a população mundial quintuplicou desde 1870, para algo em torno de 7,3 bilhões atualmente, o consumo de energia mundial e, portanto, o consumo de fontes fósseis não renováveis como: carvão, petróleo e gás natural, aumentou cerca de 60 vezes. Isto criou uma demanda por outra grande mudança no consumo das fontes de energia, desta vez no caminho contrário, para uma economia de baixo carbono. Neste sentido, o trabalho resgata o contexto histórico sobre a utilização das várias fontes de energia e como as matrizes energéticas foram sendo substituídas ao longo dos séculos. No tocante a geração de energia elétrica, contextualiza sucintamente como foi estruturada esta matriz no Brasil, bem como o motivo da necessidade de implantação de sistemas de geração a carvão mineral no sul de SC, sua importância histórica e atual. Porém, a transição da matriz de geração de energia elétrica a partir de fontes fósseis para fontes renováveis, implicará na necessidade de descomissionamento (desativação e restauração do local) de grandes plantas geradoras de energia elétrica, que se utilizam de combustíveis fósseis, nas próximas décadas. Logo, a dissertação traz conceitos de descomissionamento e um estudo de caso no País de Gales com os impactos sociais ocasionados. Demonstra que, no Brasil, inexistente legislação específica para descomissionamento de sistemas de geração de energia elétrica, apesar da constituição federal abordar que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado. Sendo assim, o presente trabalho examina a legislação brasileira pertinente e apresenta um estudo de caso na Inglaterra que evidencia a regulação para descomissionamento de sistemas de geração. Por fim, com o propósito de integrar políticas públicas e desenvolvimento sustentável, investiga, através de um estudo de caso, os impactos socioambientais vindouros, na próxima década no sul de SC, devido ao descomissionamento de sistemas de geração de energia elétrica que utilizam o carvão mineral com fonte primária de energia. Isto ocorrerá seja por razões: técnicas, regulatórias, ambientais, legais ou financeiras. O trabalho busca compreender a realidade atual para afrontar problemas reais quanto ao descomissionamento de sistemas de geração de energia elétrica. Propõe, como alternativa para mitigar os impactos socioambientais na região sul de SC, a instalação de novos sistemas de geração de energia elétrica com tecnologias alinhadas às exigências ambientais desta época e que utilizem o carvão mineral já lavrado e até então, por razões técnicas, não utilizado (carvão tido como

rejeito) nos atuais sistemas de geração dessa região. Esta proposta se torna relevante uma vez que, além de mitigar esses impactos socioambientais, as usinas termelétricas se constituem, efetivamente, em uma reserva do sistema elétrico interligado nacional, pois o país possui aproximadamente 80,0 % de sua geração de energia elétrica proveniente de fontes renováveis (principalmente hidroelétricas) que dependem do clima e dos fatores que o influenciam. Desta maneira, trata-se de forma sustentável a transição da matriz energética, onde as necessidades presentes não comprometem as gerações futuras. Sendo assim, o trabalho conclui que além das condicionantes para liberação das licenças prévias, licenças de instalação e licenças de operação, também será de igual importância que haja discussão entre os diversos agentes envolvidos (públicos, privados, sociedade) do setor de geração de energia elétrica, com o propósito de se elaborar uma legislação que norteie licenças para descomissionamento, vez que tal fato vai gerar impactos sensíveis tanto para o meio-ambiente quanto para a sociedade, principalmente a imediatamente circundante à área do sistema de geração de energia elétrica. Logo, esta dissertação contribui com o resgate histórico da transição energética, alertando os agentes públicos, privados e a sociedade para os impactos socioambientais quando da necessidade de descomissionamento de sistemas de geração de energia elétrica, afim de que este tema não se torne apenas exercício desvinculado da realidade.

Palavras-chave: Transição energética. Descomissionamento. Impactos Socioambientais. Sistemas de geração de energia elétrica. Legislação ambiental. Complexo Termelétrico Jorge Lacerda.

ABSTRACT

Since the beginning of industrialization, energy consumption has grown much faster than the number of people on the planet. While the world population has increased fivefold since 1870 to around 7.3 billion nowadays, world energy consumption, and hence the consumption of non-renewable fossil fuels such as: coal, oil, and natural gas, has risen about 60 times. Thus, this fact has created a demand for another major change in the consumption of energy sources, this time in the opposite direction, for a low carbon economy. In this sense, the work verifies the historical context about the use of the various energy sources and how the energy matrices have been replaced over the centuries. Regarding the electric power generation, it contextualizes succinctly how this matrix was structured in Brazil, as well as the reason for the need to implement coal-fired generation systems in the south of SC, its historical and current importance. However, the transition from the matrix of electric power generation from fossil sources to renewable sources, will imply the need for decommissioning (deactivation and restoration of the site) of large power plants, which use fossil fuels, in the coming decades. Therefore, the dissertation presents concepts of decommissioning and a case study in Wales with the social impacts caused. It demonstrates that, in Brazil, there is no specific legislation for the decommissioning of power generation systems, although the federal constitution states that everyone has a right to an ecologically balanced environment. In this sense, the present work examines the applicable brazilian legislation and presents a case study in England that highlights the regulation for decommissioning generation systems. Finally, in order to integrate public policies and sustainable development, it investigates, through a case study, the socio-environmental impacts, to come in the next decade in the south of SC, due to the decommissioning of electric power generation systems that use coal as the primary source of energy. This will occur for technical, regulatory, environmental, legal or financial reasons. The work seeks to understand the current reality to face real problems regarding the decommissioning of electric power generation systems. It proposes, as an alternative to mitigate the socio-environmental impacts in the southern region of SC, the installation of new electric power generation systems with technologies aligned with the environmental requirements of this time and that use the mineral coal already mined and until then, for technical reasons, not used (coal as waste) in the current generation systems of this region. This proposal becomes relevant since, in addition to mitigating these socio-environmental impacts, thermoelectric power plants are

effectively a reserve of the national interconnected electric system, since the country has approximately 80,0 % of its generation of electricity from renewable sources (mainly hydroelectric) that depend on the climate and on the factors influencing it. In this way, it is a sustainable way to transition the electric power generation matrix, where the present needs do not compromise future generations. The work concludes that, in addition to the constraints for pre-installation license, deployment license and operational license, it will also be of equal importance that there be discussion among the various agents involved (public, private, society) of the electric power generating sector, with the purpose of elaborating legislation that guides licenses for decommissioning, since this fact will generate sensitive impacts both for the environment and for society, especially the immediate surrounding area of the power generation system. Thus, this work contributes to the historical recovery of the energy transition matrix, alerting public and private agents, as well as the society, to the social environmental impacts when the need for decommissioning of electric power generation systems, in order that this theme does not become an exercise unrelated to reality.

Keywords: Energy transition. Decommissioning. Social-environmental impacts. Electric power generation systems. Environmental legislation. Jorge Lacerda Thermoelectric Complex.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa do suprimento de energia primária (Mtoe) mundial em 2016.....	21
Figura 2 – Projeção de geração de energia elétrica até 2035.....	22
Figura 3 – Linha do tempo para o capítulo 2.....	32
Figura 4 – Consumo percapita de energia na Inglaterra, País de Gales e Itália.	34
Figura 5 – Percentual de consumo energético para aquecimento doméstico e industrial no Reino Unido (1500 - 2000).	37
Figura 6 – Consumo mundial de energia primária (1870 - 2001).	38
Figura 7 – Consumo energético primário no Reino Unido (1500 - 2000).	39
Figura 8 – Consumo energético para geração de potência no Reino Unido (1800 - 2008).....	39
Figura 9 – Do descomissionamento para o reuso: fechando o ciclo.....	57
Figura 10 – Aposentadoria de usinas térmicas a carvão nos EUA.	59
Figura 11 – Vista aérea <i>Teesside Power Station</i> em 2004.	66
Figura 12 – Descomissionamento da torre de resfriamento (2014).....	71
Figura 13 – Descomissionamento da turbina (2014).....	71
Figura 14 – Descomissionamento da estrutura da casa de máquinas (2014).....	72
Figura 15 – Etapas de licenciamento para novos sistemas de geração de energia elétrica.	73
Figura 16 – Cronograma macro para sistemas de geração de energia elétrica.	77
Figura 17 – Lavador de carvão da CSN.	81
Figura 18 – UTECA.	82
Figura 19 – UTECA e Lavador de carvão em 1945.....	83
Figura 20 – Vista aérea do CTJL.....	86
Figura 21 – Conexão do CTJL com o SIN.	87
Figura 22 – UTECA em 2017.	101
Figura 23 – Vista aérea da mina Verdinho.....	106
Figura 24 – Mina Verdinho.....	108
Figura 25 – Exutório da drenagem ácida da unidade mineira II (mina verdinho) lançada no rio Sangão.	108
Figura 26 – Emissão de CO ₂ a partir de combustíveis fósseis.	110

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Graus entrópicos de fontes de energia numa escala de 1 a 10*	20
Tabela 2 – Evolução da população mundial de 6.000 a.C. até a Revolução Industrial.	33
Tabela 3 – Participação percentual de cada fonte energética.	35
Tabela 4 – Consumo energético anual per capita (MJ).	36
Tabela 5 – Tecnologias energéticas nos EUA nos séculos XIX e XX por tipo genérico e aplicação (em GW, números arredondados); a última linha condensa o percentual de capacidade instalada de energia de dispositivos de conversão final.	40
Tabela 6 – População mundial, de 1750 a 2015, em bilhões.	42
Tabela 7 – Projeção da população mundial até 2050, em bilhões.	43
Tabela 8 – População brasileira de 1872 a 2016, em milhões.	43
Tabela 9 – Capacidade instalada do sistema interligado nacional - MW.	45
Tabela 10 – Unidades geradoras do CTJL.	86
Tabela 11 – Valor Adicionado.	97
Tabela 12 – Empregos diretos gerados na cadeia produtiva do CTJL.	97

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
APEs – Áreas Potenciais de Enfoque
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
ANM – Agência Nacional de Mineração
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Sustentável
Capex – *Capital Expenditure*
CCC – Conta de Consumo de Combustíveis
CDE – Conta de Desenvolvimento Energético
Celesc – Centrais Elétricas de Santa Catarina
CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Cofins – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
CTJL – Complexo Termelétrico Jorge Lacerda
CDM – *Construction Design and Management Regulations*
CNPE – Conselho Nacional de Política Energética
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
CSN – Companhia Siderúrgica Nacional
CSLL – Contribuição Social sobre Lucro Líquido
DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral
EDP – Energias do Brasil
EIA – Estudo de Impacto Ambiental
EIV – Estudo de Impacto de Vizinhança
Eletrobrás – Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
Eletrosul – Eletrosul Centrais Elétricas S.A.
EPE – Empresa de Pesquisa Energética
EUA – Estados Unidos da América
FIESC – Federação das indústrias do Estado de Santa Catarina
FGTS – Fundo de Garantia do Tempo de Serviço
Gerasul – Centrais Geradoras S.A.
GEE – gases de efeito estufa
GJ – Giga Joules (10^6 Joules)
GNL – gás natural liquefeito
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICC – Indústria Carboquímica Catarinense
ICMS – Imposto sobre circulação de mercadorias e prestação de serviços
IDEB – Índice da Educação Básica
IDH-M – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IEA – International Energy Agency
INSS – Previdência Social
IR – Imposto de Renda Empresarial

ISS – Imposto sobre Serviços
IUEE – Imposto Único sobre Energia Elétrica
LI – Licença de Instalação
LO – Licença de Operação
LP – Licença Prévia de Instalação
MMA – Ministério do Meio Ambiente
MME – Ministério de Minas e Energia
MP – Medida provisória
MPF – Ministério Público Federal
Mton – Milhões de toneladas equivalentes de óleo
ONG – Organização não governamental
ONU – Organização das Nações Unidas
ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico
Opex – *Operational Expenditure*
PEA – população economicamente ativa
PJ – Peta Joule (10^{15} Joules)
PIS – Programa de integração social
PPGES – Programa de Pós-Graduação em Energia e Sustentabilidade
PPGEMC – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica
Proálcool – Programa Nacional do Álcool
P&D – Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento
RIMA – Relatório de Impacto Ambiental
ROM – *run of mine*
SC – Santa Catarina
SESI – Serviços Social da Indústria
SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SIN – Sistema Interligado Nacional
SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
SOTELCA – Sociedade Termelétrica de Capivari
TAC – Termo de ajustamento de conduta
toe – toneladas equivalentes de petróleo
UN – United Nations
UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
USP – Universidade de São Paulo
UTECA – Usina Termelétrica de Capivari
VA – Valor Adicionado
VPN – *Virtual Private Network*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
1.1	MOTIVAÇÕES E JUSTIFICATIVAS.....	24
1.2	PROBLEMÁTICA.....	25
1.3	OBJETIVO GERAL.....	26
1.3.1	Objetivos específicos.....	26
1.4	METODOLOGIA DA PESQUISA.....	27
1.5	ORGANIZAÇÃO DO TEXTO.....	30
1.6	ADERÊNCIA A LINHA DE PESQUISA.....	31
2	TRANSIÇÃO ENERGÉTICA: CICLO HISTÓRICO... 32	32
2.1	CONTEXTO MUNDIAL.....	32
2.2	BRASIL.....	43
2.2.1	Setor elétrico no Brasil.....	44
2.3	SANTA CATARINA.....	49
3	CONCEITOS SOBRE IMPACTOS	
	SOCIOAMBIENTAIS E DESCOMISSIONAMENTO.....	52
3.1	IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS.....	52
3.1.1	Conceitos.....	52
3.2	DESCOMISSIONAMENTO.....	54
3.2.1	Conceitos.....	54
3.2.2	Planejamento: sistemas de geração de energia elétrica ...	56
3.3	EFEITOS SOCIAIS DO DESCOMISSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO PAÍS DE GALES (REINO UNIDO).....	61
4	LEGISLAÇÃO: DESCOMISSIONAMENTO.....	66
4.1	ESTUDO DE CASO: SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA INGLATERRA.....	66
4.2	LEGISLAÇÃO BRASILEIRA.....	72
5	ESTUDO DE CASO: COMPLEXO TERMELÉTRICO	
	JORGE LACERDA.....	81
5.1	O COMPLEXO TERMELÉTRICO JORGE LACERDA	81

5.2	LIMITAÇÕES DESTE TRABALHO	88
5.3	DESCOMISSONAMENTO DO CTJL	89
5.4	IMPACTOS SOCIAIS.....	91
5.4.1	Criação de valor na cadeia produtiva de Jorge Lacerda.	92
5.4.2	Impactos em Capivari de Baixo – SC.....	94
5.4.2.1	Produto interno bruto.....	96
5.4.3	Valor Adicionado – VA	96
5.4.4	Oportunidade de emprego na região.....	97
5.5	IMPACTOS AMBIENTAIS.....	98
5.5.1	Geração de energia elétrica a partir do CTJL	98
5.5.2	Termelétricas aposentadas e sem descomissionamento... 99	
5.5.3	Minas de carvão: histórico e questões socioambientais . 101	
5.6	ALTERNATIVAS SOCIOAMBIENTAIS PARA REGIÃO SUL DE SC.....	109
5.7	RESULTADOS E DISCUSSÃO DO ESTUDO DE CASO	112
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	118
	REFERÊNCIAS.....	121

1 INTRODUÇÃO

Desde o início da industrialização, o consumo de energia cresceu muito mais rápido do que o número de pessoas no planeta. Enquanto a população mundial quintuplicou desde 1870, para algo em torno de 7,3 bilhões atualmente, o consumo de energia mundial e, portanto, o consumo de fontes fósseis como carvão, petróleo e gás natural, aumentou cerca de 60 vezes para o nível atual de 425 EJ/y^1 , i.e., 425.1015 kJ/y (H. MULLER-STEINHAGEN AND J. NITSCH, 2005).

Energia se apresenta de inúmeras formas, como térmica, mecânica, cinética, potencial, elétrica, magnética, química e nuclear. Mesmo massa pode ser considerada uma forma de energia. Energia pode ser transferida para ou de um sistema fechado (uma massa fixa) de duas formas distintas: calor e trabalho. Para volumes de controle, energia também pode ser transferida por meio de um fluxo de massa.

Calor é a forma de energia transferida entre dois sistemas (ou entre um sistema e sua vizinhança) em virtude da diferença de temperaturas, o qual limita seu significado termodinâmico à transferência de energia térmica durante um processo. Os mecanismos de transferência de calor são três: condução, convecção e radiação.

Trabalho, assim como calor, é uma interação de energia entre um sistema e sua vizinhança, mas a transferência de energia está associada a uma força que age ao longo de uma distância.

Numa análise termodinâmica, é útil considerar a energia total de um sistema em dois grupos: macroscópicas, que é aquela que o sistema possui como um todo, com relação a algum referencial externo, como energia cinética e potencial, e microscópicas, que estão relacionadas à estrutura molecular de um sistema e ao grau de atividade molecular, bem como são independentes de referenciais externos. A soma de todas as formas microscópicas de energia é chamada energia interna de um sistema (ÇENGEL, 2013).

Na medida em que iam sendo descobertas e usadas e, para tanto, foram sendo desenvolvidos ao longo da história diversos processos de transformação, transporte e armazenamento de energia, as diversas fontes de energia mudavam os rumos da civilização humana. Entretanto, nenhuma transição de uma fonte para outra foi causada pelo completo esgotamento físico da anterior, mas sim por motivos de caráter social,

¹ Joule (símbolo: J, plural "joules") é a unidade tradicionalmente usada para medir energia. No Sistema Internacional de Unidades (SI), todo trabalho, calor e energia são medidos em joules.

econômico e geopolítico, por se terem encontrado alternativas melhores ou devido as transformações tecnológicas melhores (CARVALHO, 2009).

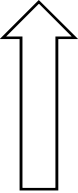
Algo semelhante ocorre com os modelos de consumo de energia que vieram tomando forma a partir da Revolução Industrial, que deverão ser substituídos por força do desequilíbrio ambiental que vem provocando desde então e de problemas políticos, ligados à limitação das reservas de petróleo, carvão e gás natural, cuja exploração se torna crescentemente problemática e onerosa.

Nos últimos 120 anos, graças ao petróleo e, mais recentemente, ao gás natural e carvão mineral, boa parte da humanidade se desenvolveu, pelo menos materialmente, a um ritmo até então inigualado, consumindo, para isso, energia solar acumulada por fotossíntese ao longo de centenas de milhões de anos.

Ocorre que ainda não existem substitutos comparáveis ao petróleo, ao carvão mineral e ao gás natural, no que diz respeito à densidade energética, à transportabilidade e a outras características, que lhes conferem as qualidades para serem usados em larga escala nos transportes, na indústria e na agricultura.

A tabela 1 evidencia que os combustíveis fósseis, utilizados com fonte de energia, possuem larga vantagem entrópica quando comparados a outras fontes, principalmente renováveis.

Tabela 1 – Graus entrópicos de fontes de energia numa escala de 1 a 10*

Fontes de Energia	Graus Entrópicos	Intensidade de impactos
Combustíveis fósseis	10	
Bicombustível	5	
Energia nuclear	4	
Energia eólica	2	
Calor interno da terra	1	
Radiações solares	1	
Gravitacionais**	1	

Fonte: (CARVALHO, 2009).

*De acordo com a forma de exploração, intercalam-se outros graus;

**Usinas hidrelétricas e maré motrizes.

Segundo a *International Energy Agency* – IEA, a produção de energia primária mundial em 2016 foi de 806.776 PJ, ou 19.269 Mtoe (1 toe = 41,868 GJ), sendo que a definição desta produção de energia primária é: carvão, hulha, linhito, turfa, petróleo bruto, gás natural liquefeito, gás natural, energias renováveis e de resíduos, nuclear,

hidroelétrica, geotérmica, solar e calor extraídas do meio ambiente e após a remoção de impurezas (por exemplo, enxofre do gás natural). No mundo, os maiores produtores de energia primária são:

- China: $2,96 \times 10^3$ Mtoe
- Estados Unidos: $2,17 \times 10^3$ Mtoe
- Índia: 862 Mtoe
- Rússia: 732 Mtoe
- Japão: 425 Mtoe
- Alemanha: 310 Mtoe
- Brasil: 282 Mtoe
- Coreia do Sul: 282 Mtoe
- Canadá: 280 Mtoe
- Irã: 247 Mtoe
- França: 244 Mtoe

Figura 1 – Mapa do suprimento de energia primária (Mtoe) mundial em 2016.



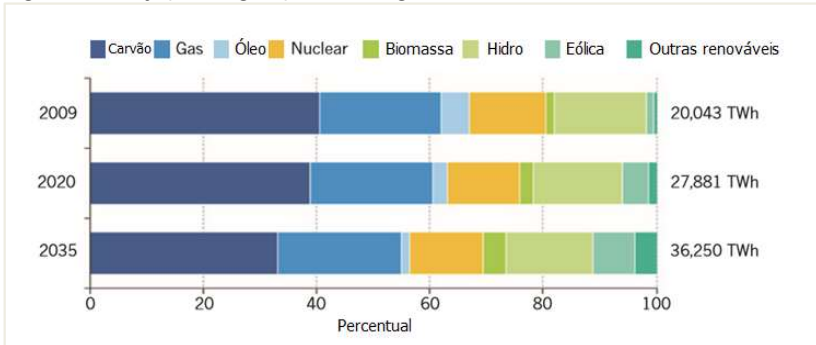
Fonte: (International Energy Agency - IEA; 2016).

A figura 1 ilustra a produção de energia primária mundial, evidenciando que cerca de 25,0 % desta energia é proveniente de apenas dois países: China e Estados Unidos, que também tem neste percentual o consumo final de energia mundial.

Além disto, a IEA demonstra que mais de 85,0 % da energia primária produzida no mundo é proveniente de fontes fósseis (não renováveis).

No tocante a utilização dessas fontes de energia (fósseis) para fins de geração de energia elétrica, mesmo sendo um modelo energético que deverá ser substituído ao longo do tempo, ainda responde por cerca de 70,0 % de toda energia elétrica gerada no mundo.

Figura 2 – Projeção de geração de energia elétrica até 2035.



Fonte: (CHU; MAJUMDAR, 2012).

A figura 2 evidencia as diversas fontes primárias para geração de energia elétrica no mundo, tendo ainda os combustíveis fósseis (não renováveis): carvão mineral, gás natural e petróleo (óleo) como os grandes impulsionadores para geração de energia elétrica mundial.

Contudo, por conta da tendência desenfreada do consumo, o sucesso desta transição energética, baseada em combustíveis fósseis – não renováveis – para combustíveis renováveis, precisará da proteção deste nicho de mercado pelos governos, possivelmente por décadas. Baseado em experiências passadas, como ocorreu na transição energética nos séculos XVIII e XIX de fontes renováveis para combustíveis fósseis, uma completa transição para economia de baixo carbono deverá ser lenta (FOUQUET, 2010).

Cabe aqui lembrar que os combustíveis fósseis (carvão mineral, petróleo, gás), diferentemente dos renováveis (eólica, solar, biomassa: resíduo de madeira, bagaço de cana-de-açúcar, etc.), são fontes de energia que dependem de processos em escala de tempo geológica ou de formação do sistema solar para se tornarem disponíveis.

Da mesma forma que as fontes de energia usadas desde a antiguidade, o petróleo, o carvão mineral e o gás abundantes e baratos tiveram uma influência decisiva sobre a criação e desenvolvimento de novas tecnologias para a indústria, para a agricultura e para os serviços. Os processos produtivos e, conseqüentemente, os modelos econômicos e

os hábitos de consumo da sociedade moderna esteiam-se nessas tecnologias (CARVALHO, 2009).

Por outro lado, o uso de combustíveis fósseis gera emissões atmosféricas de dióxido de carbono – CO₂ – e a emissão de outros gases que contribuem para o efeito estufa, que vêm provocando sensíveis elevações na temperatura média da atmosfera, com consequências que podem comprometer seriamente a sobrevivência da espécie humana (HANSEN, 2009).

Entretanto, assim como a transição energética para consumo de combustíveis fósseis foi guiada por características que beneficiaram a população, pelo menos no tocante socioeconômico, a boa notícia para a continuidade da transição energética para economia de baixo carbono (combustível renovável) é que este benefício agora se dará em termos socioambientais.

Contudo, os consumidores e o governo devem ser resilientes para proteger e seguir adiante nesta transição, sendo que a nova cadeia energética irá criar nichos de mercado e precisará contar com o apoio da sociedade (FOUQUET, 2010).

Um país com a população, a extensão territorial e peso econômico do Brasil, que depende basicamente de petróleo para operar sua infraestrutura de transportes de cargas e passageiros, fazer produzir setores importantes de sua indústria e praticamente toda a sua agricultura, não deve aguardar que os problemas fiquem mais graves, para só então adotar medidas destinadas a ajustar sua matriz energética ao cenário de escassez desses combustíveis. Cenário que será agravado pelas mudanças climáticas devidas aos gases de estufa, pelos quais o Brasil também é um dos responsáveis (CARVALHO, 2009).

É imperativo que modifiquemos os padrões de consumo da sociedade e que nos antecipemos no desenvolvimento de tecnologias apropriadas a fontes renováveis de energia, para evitar que o brusco declínio da oferta de combustíveis fósseis cause tragédias tais como fome, revoltas sangrentas e epidemias, disputas geopolíticas e guerras.

Modificar os padrões de consumo da sociedade e desenvolver tecnologias apropriadas para isso implica não apenas a redução dos desperdícios em geral, mas, principalmente, a reestruturação de modelos de urbanização, transportes, construção civil, produção e distribuição de alimentos, etc.

Não se pode esperar que o mercado, sem forte controle estatal, crie condições para que a oferta de energia e a demanda da economia respeitem a uma política energético-industrial integrada, que conduza a

um *declouping* (desatrelamento) entre o crescimento econômico e o uso dos recursos naturais (VAN DER VOET, E. et al, 2005).

Ocorre que o mercado – com seus mecanismos de oferta e demanda – e de competitividade baseada em custos, não em impactos ambientais – exerce um papel decisivo nos processos de escolha de fontes de energia e expansão dos sistemas energéticos.

Portanto, a análise da influência da atual estrutura de custos, nos processos de escolha de fontes de energia e expansão dos sistemas energéticos, ficará de lado, embora é sabido que – uma vez implantados mecanismos adequados para lidar com a questão energética num contexto abrangente, no qual os objetivos procurados sejam mínimos impactos ambientais e máximos ganhos de qualidade de vida – novos custos relativos serão estruturados (CARVALHO, 2009). Este tema foge do escopo do presente trabalho.

Pelos motivos expostos, os sistemas de geração de energia elétrica ao redor do mundo, mais especificamente as usinas com tecnologias antigas que utilizam como combustível primário o carvão mineral, devem ter seu ciclo de vida interrompido nas próximas décadas, deixando seu legado de evolução, baseado no capital, bem como degradação ambiental.

Isto impactará na vida da comunidade que participa da cadeia produtiva, sendo ainda mais latentes em países que não possuem políticas que mobilizem a sociedade e seus hábitos de consumo para transição energética sustentável e rumo ao retorno pré-industrial, baseado em energias renováveis.

No entanto, todas as grandes transições históricas de energia tornaram-se importantes precisamente por causa de, muitas vezes, magnitudes e impactos não identificados em outras áreas, como impactos sociais, econômicos e ambientais.

Portanto, no atual momento de restrição climática, é importante lembrar uma das principais consequências socioambientais das passadas transições de energia: mecanização e abandono ambiental pela exploração voltada exclusivamente por fatores econômicos.

1.1 MOTIVAÇÕES E JUSTIFICATIVAS

Esta dissertação traz um processo de aprendizagem que busca compreender a sua utilidade para melhor afrontar problemas reais da vida pessoal e profissional das pessoas relativos ao tema proposto.

Para tanto, descreve a transição energética e suas várias formas de energia que foram sendo utilizadas, substituídas e/ou complementadas ao longo da história, que outrora se deu de fontes renováveis para não

renováveis e que atualmente caminha no sentido contrário, pois isto trará consigo uma grande mudança histórica e cultural na forma como a sociedade enxerga o consumo de energia e os impactos socioambientais provocados.

Sendo assim, os atuais sistemas de geração de energia elétrica que se utilizam de fontes fósseis como combustíveis, principalmente o carvão mineral, estão sendo e serão descomissionados (desativados e os locais restaurados) nas próximas décadas, causando impactos socioambientais na sociedade, principalmente no entorno dos empreendimentos. Logo, o autor desta dissertação (MARTINS, CLEICIO; 2018) percebeu que no Brasil não há legislação específica que reja o descomissionamento de sistemas de geração de energia elétrica.

Portanto, se investiga, através de um estudo de caso do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda – CTJL – os impactos socioambientais (JONES; INST, 2006) com o descomissionamento deste sistema, principalmente na região vizinha e na cadeia produtiva.

Além disto, pesquisa-se a legislação brasileira e verifica-se como o tema descomissionamento é tratado, que deve restabelecer as condições plenas do local explorado para reutilização por gerações futuras, trazendo o conceito de sustentabilidade.

Justifica-se, portanto, essa dissertação, como forma de corroborar com agentes públicos e privados, assim como com a sociedade, uma vez que fomentará a discussão para elaboração de instrumentos regulatórios no tocante à descomissionamento de sistemas de geração, que busquem regulamentar as políticas e diretrizes do governo federal para a utilização e exploração dos serviços de geração de energia elétrica pelos agentes do setor, com foco na viabilidade técnica, econômica e ambiental das ações, com intuito de auxiliar o planejamento da desmobilização futura, que traz consigo impactos socioambientais.

1.2 PROBLEMÁTICA

O descomissionamento do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda, seja por operação não econômica, obsolescência técnica (horas de operação), condições de segurança (técnica ou ambiental), alteração de regulação governamental ou até mesmo outros fatores, como sinistros em equipamentos, trará impactos socioambientais sensíveis à região sul de SC.

Este complexo termelétrico, que está em operação desde a década de 60, na atual cidade de Capivari de Baixo, SC, emprega, direta e indiretamente, aproximadamente 28.000 trabalhadores. Desta forma, há

uma população de cerca de 110.000 pessoas que direta ou indiretamente está associada a esta atividade, que movimenta de forma direta em torno de R\$ 1,0 bilhão de reais por ano em toda cadeia produtiva.

Logo, o descomissionamento deste sistema de geração de energia elétrica trará sérios problemas quanto aos impactos socioambientais, com magnitudes e severidades significativas para toda sua cadeia produtiva, pois, por exemplo, o valor adicionado relativo a este sistema de geração – que é uma noção que permite medir o valor criado por um agente econômico e é o valor adicional que adquirem os bens e serviços ao serem transformados durante o processo produtivo – de cidades que participam desta cadeia produtiva pode chegar a 95,0 %.

Além disto, deve gerar na cadeia produtiva desemprego para uma região que carece de indústrias para geração de emprego e renda. Quanto ao quesito ambiental, com o fechamento desse complexo, cessará os recursos para as minas de carvão do sul de SC, que abastecem o CTJL, e naturalmente findará os investimentos para recuperação ambiental das áreas exploradas por essa atividade, que ocorre nessa região há quase um século para fins energéticos e há mais de meio século com o propósito de geração de energia elétrica.

Em síntese, o principal problema abordado nesta pesquisa pode ser expresso através da seguinte questão: “Por que a transição da matriz energética do século XXI trará graves consequências socioambientais para a região sul de SC com o descomissionamento do Complexo Termelétrica Jorge Lacerda?”

1.3 OBJETIVO GERAL

Investigar a transição energética e os impactos socioambientais do descomissionamento de sistemas de geração de energia elétrica.

1.3.1 Objetivos específicos

Para se alcançar o objetivo geral, os objetivos específicos terão os seguintes passos:

- a) Resgatar o contexto da transição energética;
- b) Apresentar os conceitos:
 - a) impactos socioambientais;
 - b) descomissionamento
- c) Analisar a legislação ambiental vigente brasileira no tocante ao descomissionamento;

- d) Verificar através do estudo de caso do Complexo Jorge Lacerda, os impactos socioambientais atrelados ao seu descomissionamento para região sul de SC;
- e) Sugerir discussão com intuito de avanço da legislação socioambiental quanto a descomissionamento de sistemas de geração de energia.

1.4 METODOLOGIA DA PESQUISA

Para elaborar esta dissertação, foi proposto, no capítulo 2, o resgate histórico quanto a transição energética, evidenciando que a alteração de uma fonte para outra foi baseada em questões econômico-financeiros, produtos mais baratos, abundantes e de fácil acesso, embora se faça jus ao desenvolvimento social alcançado, mas com pouco apelo ambiental. Neste sentido, toma-se como aprendizado para a sociedade moderna de que, qualquer transição energética, e atualmente em busca de fontes renováveis, deve ser pautada principalmente nos hábitos de consumo da sociedade, que a consome. Aliado a isto, se considera o conceito de sustentabilidade, no qual necessidades presentes não devem comprometer que as gerações futuras satisfaçam suas próprias necessidades.

Logo, para estruturar o capítulo 2, foram realizadas diversas revisões bibliográficas da literatura, como artigos científicos encontrados através da Base de Dados digital, com acesso pelo VPN, da biblioteca universitária da UFSC, bem como uma tese de doutorado do programa de pós-graduação em Energia da USP. Embora a Base de Dados digital da UFSC ser farta e rica em bibliografias sobre os mais variados temas e autores, as delimitações deste tipo de pesquisa se deram por conta da pouca, ou quase nenhuma no caso de descomissionamento, literatura existente sobre o tema proposto.

Segundo Levy e Ellis (2006), revisão bibliográfica é o processo de coletar, conhecer, compreender, analisar, sintetizar e avaliar um conjunto de artigos científicos com o propósito de criar um embasamento teórico-científico (estado da arte) sobre um determinado tópico ou assunto pesquisado. O resultado de uma pesquisa bibliográfica deve constituir o “estado da arte” e demonstrar que a pesquisa em questão contribui com algo novo para o corpo de conhecimento existente.

Em seguida, e também apelando à pesquisas bibliográficas e mais uma vez tendo a Base de Dados para a pesquisa e artigos científicos como fonte principal, como no capítulo 2, se trouxe no capítulo 3 conceitos consolidados de impacto socioambiental, que demonstram que políticas públicas, assim como empreendimentos produtivos ou não, trazem

consigo consequências sociais, ambientais e culturais para as populações atingidas e modificam as maneiras pelas quais as pessoas vivem, trabalham, se relacionam e se organizam. No entanto é extremamente difícil identificar e detalhar todos os impactos e suas dimensões, uma vez que dependem do contexto social, cultural, político, econômico e histórico da comunidade em questão.

Ainda no capítulo 3, utiliza-se a pesquisa bibliográfica, limitada, e pesquisas documentais a partir de contatos profissionais do autor deste trabalho, bem como relatórios técnicos, para abordar o conceito de descomissionamento, sua origem e motivos, além da dificuldade de entendimento semântico desta palavra, porém da importância deste tema, que apareceu pela primeira vez em torno de 1925 como referência aos navios e aviões, sendo que sua natureza multidisciplinar não é imediatamente reconhecida. Somente em 1965 foi utilizado pela área nuclear e apenas em 1975 a Agência Internacional de Energia Atômica publica o primeiro documento neste mesmo ano, tendo ocorrido a primeira conferência internacional em 1978, em Viena – Áustria. Neste mesmo tópico aborda-se a origem dos sistemas de energia a carvão nos EUA e a situação atual no país.

Dando sequência no capítulo 3 demonstra-se, através de pesquisa documental também proveniente de contatos profissionais do autor, um estudo de caso sobre o descomissionamento da central nuclear de *Trawsfynydd*, no País de Gales e seu impacto social. Esta usina teve seu início de operação, comissionada, em 1965. No entanto, em julho de 1993 foi parada e inicia-se então seu descomissionamento. Decisão esta que teve implicações significativas na comunidade em seu entorno quanto às questões socioambientais. Além disto, cerca de dez anos antes de seu fechamento, demonstra-se os resultados de uma pesquisa realizada sobre o impacto econômico e social que estaria por vir.

Oliveira (2007) faz uma importante distinção entre modalidades de pesquisa. Para essa autora a pesquisa bibliográfica é uma modalidade de estudo e análise de documentos de domínio científico tais como livros, periódicos, enciclopédias, ensaios críticos, dicionários e artigos científicos. Ela se posiciona sobre a pesquisa documental: a documental caracteriza-se pela busca de informações em documentos que não receberam nenhum tratamento científico, como relatórios, reportagens de jornais, revistas, cartas, filmes, gravações, fotografias, entre outras matérias de divulgação.

No capítulo 4 aborda-se um segundo estudo de caso, também ilustrado através da pesquisa documental conseguida pelo autor em seu meio profissional, que demonstra a regulação no Reino Unido quanto ao

descomissionamento de um sistema de geração. Verifica-se a necessidade de um planejamento adequado, pois existem atividades complexas. A análise se dá para o descomissionamento (WICKS, D.; NIEMIEC, J.; WALLER, M.) que ocorreu a partir de 2013 na usina de geração *Teesside Power Station*, na Inglaterra, com capacidade instalada de 1.875 MW, ocupando uma área de 12 hectares, evidenciando todo planejamento para atendimento a legislação de descomissionamento desse país, que é regulado pela *Construction Desing and Management Regulations – CDM*.

Neste mesmo capítulo 4 aborda-se a legislação ambiental vigente no país, através de pesquisas documentais, disponível através dos *websites* de agentes ambientais como: órgãos, fundações, ministério, conselhos, agências, constituição, decretos, etc., com suas condicionantes diversas no que tange ao atendimento ambiental de empreendimentos causadores de impactos, porém sem a percepção futura quando da necessidade de fim de operação de um sistema de geração.

Dando continuidade, o capítulo 5 traz um estudo de caso através do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda, resgatando a história deste sistema de geração, sua importância não só elétrica e energética, mas também social para toda região sul de SC.

A partir deste estudo de caso, realizado pelo autor desta dissertação, de acordo com sua experiência e informações profissionais, assim como pesquisas literárias baseadas em livros que resgatam a história da mineração e do CTJL, levanta-se os impactos socioambientais que este sistema trará num futuro quando de seu descomissionamento, tanto quanto questões técnicas.

No tocante às questões ambientais das minas, contribuiu também com esta dissertação uma pesquisa realizada por meio de uma dissertação do programa de pós-graduação em geografia da UFSC.

Quanto à questão social, utilizou-se pesquisa de campo, dados oficiais da secretaria da fazenda do Estado de SC, assim como informações do conhecimento profissional do autor deste trabalho, além de discussões com outros profissionais da área, e aborda-se os impactos nas cidades, trazendo o exemplo de Capivari de Baixo, SC, local de operação do complexo, bem como de toda criação de valor e valor adicionado da cadeia produtiva, além da empregabilidade na região.

Por outro lado, trata-se das questões ambientais a ser equacionadas pós descomissionamento, não só do *site*, como de toda região onde houve e há a exploração do carvão mineral, no sul de SC, que operam as minas há mais de meio século com intuito de fomentar a geração de energia elétrica. Quanto ao quesito técnico, ilustra a importância deste sistema

para o sistema interligado nacional e que, até o momento, não há solução para o desligamento completo deste complexo.

Assim, propõe-se alternativas para minimizar os impactos sociais e recuperações ambientais das minas, que possuem milhões de toneladas de carvão minerado depositados em áreas licenciadas para tal, dado que somente cerca de 30,0 % do carvão minerado – ROM – é comercializado, por razões técnicas, para sua utilização final. Os resultados e discussão do estudo de caso fecham este capítulo 5.

Logo, para ilustrar este estudo de caso, o autor fez pesquisas documentais compartilhado em seu meio profissional, realizou pesquisa de campo, bem como obteve informações de algumas poucas pesquisas bibliográficas sobre este sistema de geração, além de contribuir com seu próprio trabalho a partir de sua experiência profissional (Engie Brasil Energia e VALE) de quase 20 anos atuando na área de energia elétrica.

Trata-se também, neste mesmo capítulo, das limitações deste trabalho com esse exemplo prático do estudo de caso, pois, o mesmo está voltado para a região sul de SC.

Por fim, temos as considerações finais do trabalho que evidenciam através do estudo de caso realizado pelo autor, a carência de políticas públicas quanto ao tema descomissionamento. Também indica que discussões sobre o tema mereçam ser tratadas como exercícios vinculados à realidade, pois, o setor energético é parte integrante dos setores político, social, financeiro e ambiental. Mais adiante se revisa as motivações e os objetivos propostos, dando uma visão geral do trabalho, contribuições e escopo, além de indicar trabalhos futuros.

Para tanto, além das pesquisas bibliográficas, pesquisas documentais e estudos de casos, também se recorreu à pesquisa de campo, com visitas às minas de carvão e ferrovia, bem como das instalações do CTJL e entornos. Segundo Fonseca (2002), a pesquisa de campo caracteriza-se pelas investigações em que, além da pesquisa bibliográfica e/ou documental, se realiza coleta de dados junto a pessoas, com o recurso de diferentes tipos de pesquisa (pesquisa *ex-post-facto*, pesquisa-ação, pesquisa participante, etc.).

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

O texto está organizado em sete capítulos. O Capítulo 2 trata do ciclo histórico da transição energética. O Capítulo 3 apresenta conceitos de impactos socioambientais e sobre descomissionamento. Já no capítulo 4 discute a legislação aplicável sobre descomissionamento na Inglaterra e no Brasil. No capítulo 5 aborda-se o estudo de caso do Complexo

Termelétrico Jorge Lacerda e os impactos socioambientais prospectados pelo descomissionamento deste sistema de geração de energia. Neste mesmo capítulo propõe-se alternativas para mitigar os impactos socioambientais pelo descomissionamento do CTJL, assim como apresenta-se o resultado do estudo de caso. No Capítulo 6, são exibidas as considerações finais, faz-se uma revisão das motivações e objetivos, bem como perspectivas futuras.

1.6 ADERÊNCIA A LINHA DE PESQUISA

A proposta desta dissertação está alinhada à área de concentração em *Planejamento e Sustentabilidade do Setor Energético*, na linha de pesquisa, *Gestão e Sustentabilidade*, do programa de Mestrado em Energia e Sustentabilidade da UFSC, campus Araranguá, pois avança na governança de políticas públicas com vistas à atuação das empresas de geração de energia elétrica relativas ao conceito de sustentabilidade, levantando aspectos socioambientais e legais. Traz consigo uma linha de pesquisa sobre a verificação dos impactos socioambientais provocados pelo descomissionamento de sistemas de geração de energia e propõe remediações para esses casos, trazendo um estudo de caso da região sul de Santa Catarina, tendo como resultado da pesquisa demonstrar impactos devido ao fim de operação futuro de um sistema de geração e aponta alternativas visando mitigar impactos socioambientais.

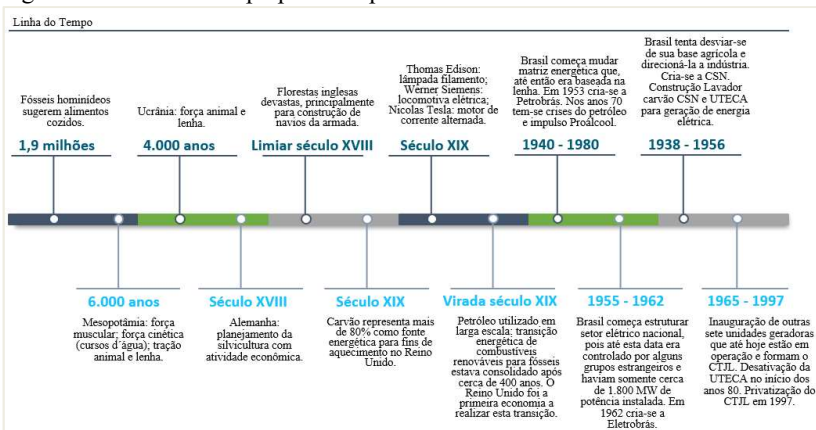
Destaca-se como limitações deste trabalho, o mesmo estar voltado para uma região específica do sul de Santa Catarina, onde toda cadeia produtiva para o sistema de geração de energia elétrica, o Complexo Termelétrico Jorge Lacerda, é dedicado para tal finalidade, diferente do que ocorre nas maiorias dos sistemas de geração de energia elétrica mundial tendo como fonte primária o carvão mineral.

2 TRANSIÇÃO ENERGÉTICA: CICLO HISTÓRICO

Este capítulo fará um resgate histórico do surgimento das matrizes energéticas mundiais e como se deram as transições de uma fonte para outra. Trará um resgate sucinto das matrizes energéticas brasileira e como o setor de energia elétrico começou a ser estruturado. Aborda o início das atividades de exploração do carvão mineral no sul de SC e os motivos para a instalação, em Capivari de Baixo (SC), de sistemas de geração de energia elétrica que se utilizam desta fonte de energia.

A figura 3 apresenta um panorama de como o tema será desenrolado neste capítulo.

Figura 3 – Linha do tempo para o capítulo 2.



Fonte: (O Autor; 2018).

2.1 CONTEXTO MUNDIAL

O registro de fósseis de hominídeos sugere que o alimento cozido pode ter aparecido há 1,9 milhões de ano, embora a evidência confiável para o uso controlado do fogo não apareça no registro arqueológico até depois de 400.000 anos atrás, com evidências de uso regular muito mais tarde (BROWMAN et al, 2009), e a medida que iam sendo descobertas e usadas, as fontes de energia davam novos rumos à sociedade.

Na Mesopotâmia, há 6.000 anos, culturas de cereais eram irrigadas, sendo a fonte de energia a força muscular, complementadas com a força cinética dos cursos de água, tração animal e lenha (HÉMERY, D. et all, 1991). Há 4.000 anos, a força animal viabilizou o transporte de alimentos

e madeiras na Ucrânia, permitindo a utilização regular da lenha como fonte de energia para olarias e fundições, possibilitando transformações econômicas e sociais, que se estenderam na direção da Europa Ocidental na Idade do Cobre (ANTHONY et al, 1991).

Ao longo dos séculos, outras fontes de energia foram sendo utilizadas, como: vento, óleo de baleia, turfa, etc. Por serem estas fontes renováveis e sustentáveis sob o ponto de vista ambiental, com a definição de que desenvolvimento sustentável é aquele que satisfaça as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer as suas próprias necessidades (WCED, 1987), perduraram por muito tempo, pois, como as populações eram rarefeitas, como mostra a tabela 2, o próprio ciclo natural assegurava a regeneração e reposição destas fontes de energia, como as florestas.

Tabela 2 – Evolução da população mundial de 6.000 a.C. até a Revolução Industrial.

Ano	6.000 a.C.	1 a.D.	1.000 a.D.	1.500 a.D.	1.600 a.D.	1.750 a.D.
População (milhões)	~ 7	~ 300	~ 310	~ 500	~ 560	~ 800

Fonte: Durand, 74; Haub, 95; United Nations, 99.

Desta forma, embora sem conhecimento racional do tema, pelo menos não foram encontradas referências bibliográficas durante este trabalho que trouxessem a questão da sustentabilidade – ambiental, social e econômica – naquela época, havia até então a utilização de recursos naturais renováveis como fonte de energia.

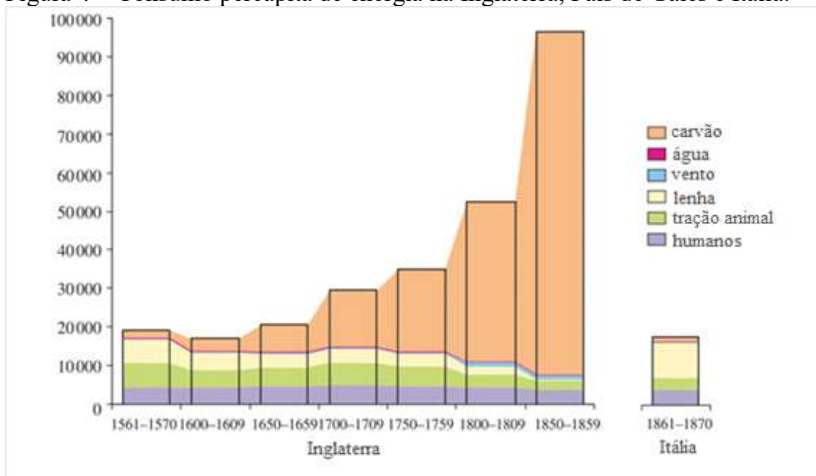
No Ocidente, por exemplo, a silvicultura – manejo florestal para uso racional das florestas – teve seus primórdios, mesmo que rudimentar, na Idade Média, quando as terras eram controladas pelos senhores feudais. No entanto, foi no século XVIII que na Alemanha houve um planejamento da silvicultura como atividade econômica, que perdurou até o fim do século XIX, onde a madeira era mais importante do que hoje são o carvão mineral, petróleo e aço, pois, toda tecnologia industrial alemã baseava-se na madeira, a começar pelo próprio processo de mineração que dependia de troncos de madeira para sustentação das galerias, bem como de carvão vegetal para redução dos minérios e geração de calor (CARVALHO, 2009).

Logo, não se podia permitir que as reservas florestais se esgotassem, iniciando assim cursos regulares de silvicultura, pois a madeira era o combustível universal. Porém, no limiar do século XVIII

as florestas inglesas estavam sendo devastadas pela extração da madeira, especialmente para construção de navios para a armada, sendo que até este período as fontes de energia eram descentralizadas e geograficamente localizadas e restritas.

Já o carvão mineral era abundante e ficou substancialmente mais barato do que a madeira, passando à frente desta como fonte energética, e no início do século XIX, o carvão mineral representava mais de quatro quintos dos requisitos de aquecimento doméstico na Inglaterra (CARVALHO, 2009).

Figura 4 – Consumo percapita de energia na Inglaterra, País de Gales e Itália.



Fonte: (WRIGLEY, 2013).

Como se verifica na figura 4, o carvão mineral ganhou grande impulso a partir do século XVII e chegou a corresponder por cerca de 95,0 % do consumo percapita de energia na Inglaterra no século XIX.

Com a exploração intensiva e o esgotamento das jazidas de carvão mineral mais acessíveis – de céu aberto – a exploração teve que ser iniciada no subsolo, onde as minas eram frequentemente inundadas, tornando o bombeamento indispensável. A partir desta necessidade, ingleses e escoceses empregam a máquina a vapor para acionamento das bombas em minas de carvão (WRIGLEY, 2013).

Ainda no século XIX, entre os anos de 1830 e 1840, o emprego da eletricidade nas telecomunicações – telégrafo – e na metalurgia – galvanoplastia – despertou o interesse das indústrias, mas o grande salto foi quando Thomas Edison operou a lâmpada com filamentos

incandescentes e Werner Siemens apresentou a primeira locomotiva elétrica, em 1878 (CARVALHO, 2009).

Anos seguintes, Nicolas Tesla desenvolveu o motor de corrente alternada, e ao mesmo tempo turbinas hidráulicas eram aperfeiçoadas, substituindo as turbinas a vapor, que eram utilizadas na geração de energia elétrica. Apareciam então, as primeiras hidrelétricas que permitiriam que linhas de transmissão possibilitassem o uso de energia hidráulica em fábricas e cidades.

Na virada do século XIX para o século XX, o petróleo começou a ser utilizado em larga escala, iniciando a era do petróleo e embora o carvão fosse o combustível mais consumido, foi o petróleo quem possibilitou o modelo industrial moderno, caracterizado pela produção em massa, e tendo em sua competitividade, na relação entre oferta e demanda, parâmetros econômico-financeiros em detrimento de parâmetros ambientais e sociais (CARVALHO, 2009).

A transição energética de fontes renováveis para fontes não renováveis tinha se consolidado, após um processo de transição que levou mais de 400 anos, sendo o Reino Unido a primeira economia a realizar esta transição: a força muscular, foi complementada pela lenha e tração animal, que por sua vez foi substituída pela força da água e do vento.

Na sequência, veio o carvão mineral e o petróleo, que fez com que as matrizes energéticas fossem se ajustando às estas novas fontes, que por possuírem alta densidade energética e fácil transportabilidade, assim como o gás natural, não encontraram substitutos comparáveis para serem utilizados em larga escala como fonte de energia: elétrica, transportes, indústria e agricultura (CARVALHO, 2009).

As tabelas 3 e 4 mostram a evolução quanto a participação de cada fonte energética e o consumo anual percapita ao longo dos séculos.

Tabela 3 – Participação percentual de cada fonte energética.

Período	Humano	Tração Animal	Lenha	Vento	Água	Carvão Mineral	Total
1561-1570	22,8	32,4	33,0	0,3	0,8	10,6	100
1600-1609	24,6	27,5	27,9	0,5	0,9	18,6	100
1650-1659	22,3	23,7	19,0	0,8	0,8	33,4	100
1700-1709	16,2	19,4	13,3	0,8	0,6	49,7	100
1750-1759	12,9	14,6	9,8	1,2	0,6	61,0	100

1800-1809	8,1	6,6	3,6	2,4	0,2	79,0	100
1850-1859	3,7	2,7	0,1	1,3	0,1	92,0	100

Fonte: (WRIGLEY, 2013).

Tabela 4 – Consumo energético anual per capita (MJ).

Período	Humano	Tração Animal	Lenha	Vento	Água	Carvão	Total
1561-1570	4373	6210	6324	59	162	2039	19167
1600-1609	4161	4647	4729	85	152	3153	16925
1650-1659	4521	4802	3849	153	156	6772	20253
1700-1709	4789	5744	3939	238	173	14719	29602
1750-1759	4519	5113	3429	427	198	21403	35089
1800-1809	4233	3471	1877	1282	111	41373	52347
1850-1859	3564	2633	118	1280	89	88779	96462

Fonte: (WRIGLEY, 2013).

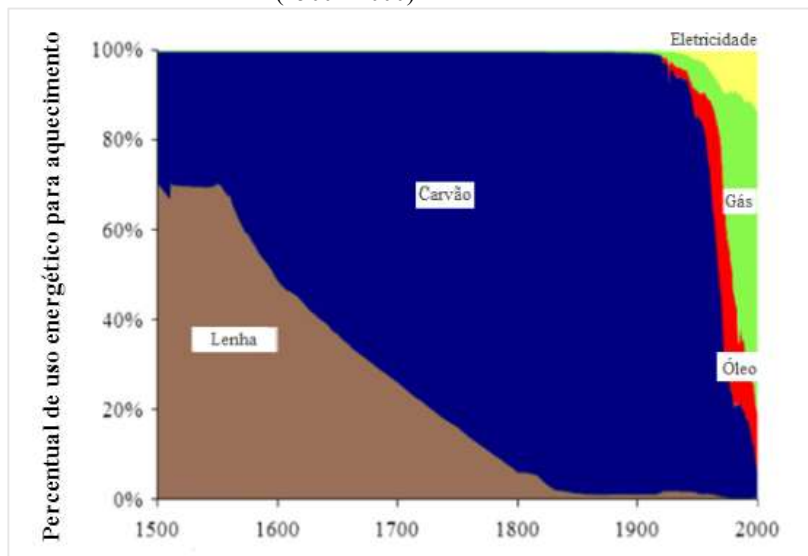
Embora muitas vezes considerado um evento único, a transição de fontes renováveis de energia para combustíveis não renováveis envolveu inúmeros serviços e setores em diferentes momentos entre 1500 e 1920. Os principais *drivers* econômicos identificados para transições de energia foram as oportunidades para produzir serviços de energia mais baratos ou melhores (FOUQUET, 2010).

Como consequência da expansão dos serviços pela redução dos preços, ao longo do período entre 1650 e 1850 o consumo *per capita* de carvão mineral na Inglaterra expandiu-se firmemente. Durante todo este período, aumentou 13 vezes. Na média, dobrava a cada meio século (WRIGLEY, 2013).

Durante o século XVII, a maioria do carvão era queimado domesticamente e uma substancial parte deste crescimento do consumo nacional foi resultado do crescimento de Londres. De maneira geral, o carvão poderia ser utilizado com uma fonte de energia térmica para todos os propósitos e praticamente todo consumo doméstico e industrial para geração de fonte de calor (transferência de energia térmica) eram provenientes do carvão mineral.

A figura 5 evidencia o crescimento extraordinário do consumo do carvão mineral para aquecimento na Inglaterra entre os anos de 1.500 e início dos anos 2.000.

Figura 5 – Percentual de consumo energético para aquecimento doméstico e industrial no Reino Unido (1500 - 2000).

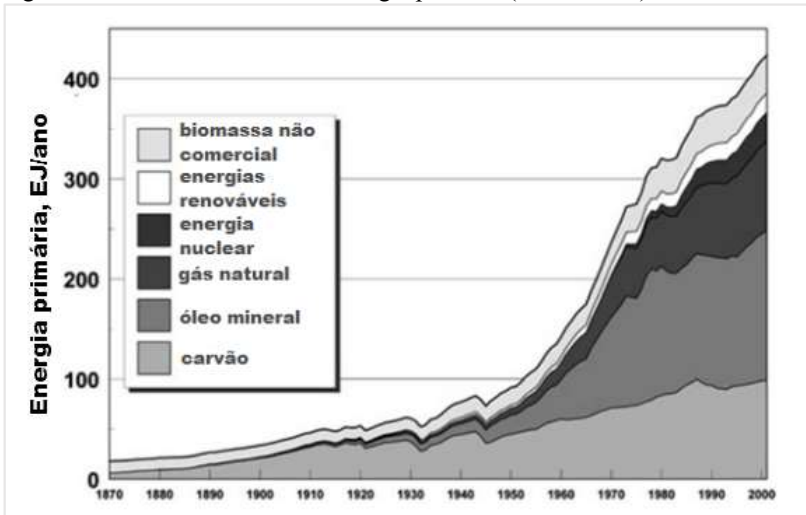


Fonte: (FOUQUET, 2010).

Desde então, a queda no consumo de combustíveis não renováveis como fonte energética no mundo, somente ocorreu temporariamente devido: as duas grandes guerras mundiais, crise do petróleo ou pelo sério declínio da produção industrial pelos estados que formavam a União Soviética, interrompendo a tendência de aumento por um curto período.

Atualmente, a média mundial de consumo *per capita* de energia é 15 vezes superior do que há 130 anos atrás, como visto na figura 6, sendo que o aumento rápido do consumo de energia iniciou em 1950, tendo dobrado o consumo mundial entre os anos de 1970 e 2000 (H. MULLER-STEINHAGEN AND J. NITSCH, 2005).

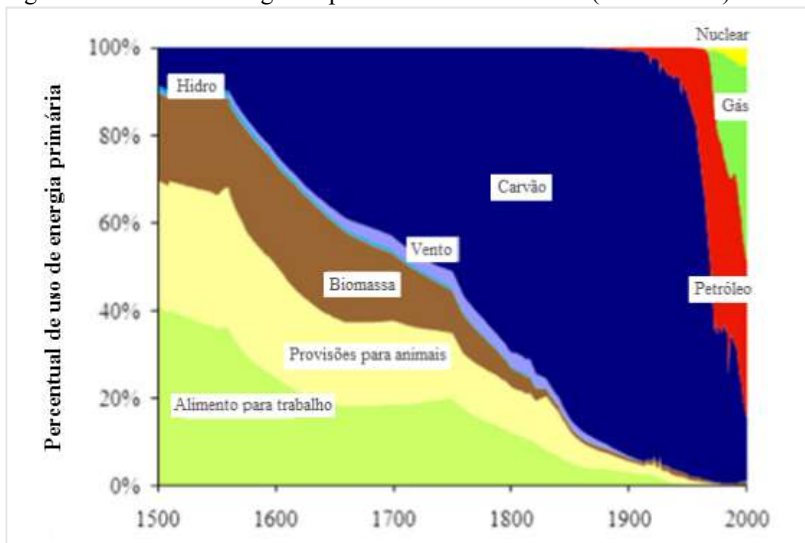
Figura 6 – Consumo mundial de energia primária (1870 - 2001).



Fonte: (H. MULLER-STEINHAGEN AND J. NITSCH, 2005).

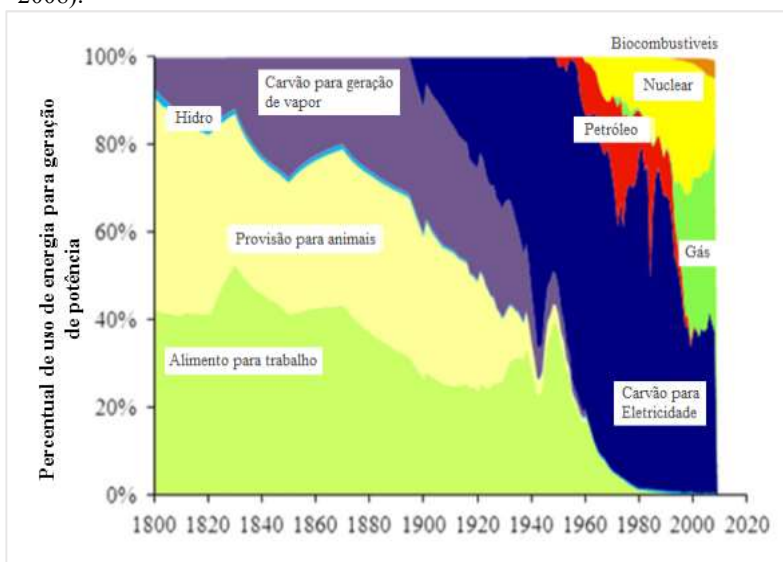
As figuras 7 e 8 ilustram, respectivamente, o consumo de energia primária e para a geração de potência no Reino Unido, onde se percebe que o período da revolução industrial houve uma crescente demanda pelo carvão mineral, que teve grande participação não só no consumo primário de energia, mas em alguns períodos uma parcela significativa, ultrapassando 60,0 %, para geração de potência.

Figura 7 – Consumo energético primário no Reino Unido (1500 - 2000).



Fonte: (FOUQUET, 2010).

Figura 8 – Consumo energético para geração de potência no Reino Unido (1800 - 2008).



Fonte: (FOUQUET, 2010).

As transformações tecnológicas e organizacionais associadas ao uso final de energia foram os condutores fundamentais das transições históricas de energia. Neste contexto, o poder da geração de vapor a partir do carvão mineral revolucionou a produção, o que, por sua vez, expandiu a demanda por carvão. Como consequência, houve uma demanda crescente em equipamentos estacionários – caldeiras – para produção de vapor como uso final de energia térmica, bem como a utilização deste vapor proveniente das caldeiras para geração de energia elétrica.

A *Lakeside Station* da *We Energies* no Lago Michigan, sul do centro de Milwaukee, Wisconsin, EUA, na povoação de St. Francis foi a primeira central elétrica do mundo, em 1921, a queimar exclusivamente carvão pulverizado, com uma potência instalada de 40 MW (GRUBLER, 2012).

A tabela 5 ilustra a demanda crescente da instalação de usinas térmicas a carvão – *coal thermal power plants* – nos EUA.

Tabela 5 – Tecnologias energéticas nos EUA nos séculos XIX e XX por tipo genérico e aplicação (em GW, números arredondados); a última linha condensa o percentual de capacidade instalada de energia de dispositivos de conversão final.

		1850	1900	1950	2000
Uso final estacionário	Térmica (fornalhas/caldeiras)	300	900	1900	2700
	Mecânica (força motriz)	1	10	70	300
	Elétrica (motores e utensílios)	0	20	200	2200
Uso final móvel	Animais/navios/trens/aerónaves	5	30	120	260
	Automóveis	0	0	3300	25000
Fornecimento estacionário	Térmica (caldeiras de usinas de geração de energia)	0	10	260	2600
	Mecânica (força motriz)	0	3	70	800
	Química (refinarias)	0	8	520	1280
Total		306	981	6440	35140
Percentual em uso final		100	98	87	87

Fonte: (GRUBLER, 2012).

Assim, o desenvolvimento pós Revolução Industrial apoia-se em bases insustentáveis a longo prazo, e a ilusão de que a tecnologia daria ao homem a capacidade para sustentar grandes populações em territórios pequenos, torna a realidade cruel, quando verifica-se que a utilização de

fontes fósseis não renováveis vem acelerando o aquecimento global pela emissão de gases de efeito estufa a tal ponto de haver necessidade premente de remontar-se há seis séculos, quanto à utilização de fontes energéticas para sustentabilidade do planeta.

O desafio agora é substituir fontes de energia não renováveis, ainda abundantes e baratas, mas, com caráter finito, para fontes renováveis, como: energia do vento, do sol, das águas, do biocombustível, da biomassa, etc. Desde a transição das fontes de energia tradicionais e renováveis para combustíveis não renováveis fósseis, a atividade humana tem pressionado cada vez mais a capacidade da atmosfera para absorver e assimilar os gases de efeito estufa (FOUQUET, 2010).

Esta nova transição criou uma demanda por outra grande mudança nas fontes de energia – desta vez, no caminho contrário – e esta transição para uma economia de baixo carbono depende da substituição de combustíveis fósseis não renováveis para, por exemplo, fontes de energia novas ou renováveis.

Até final do século XX não havia interesse prático a temas ligados à sustentabilidade socioambiental pelos efeitos práticos da utilização de recursos energéticos não renováveis, cuja relação foi ocasionada em prol do interesse econômico-financeiro, resultando na inexistência de políticas públicas à altura da importância dos problemas, em especial ao planejamento familiar.

Tem-se então como aprendizado a transição energética ocorrida nos séculos passados – do consumo de combustíveis renováveis para combustíveis fósseis não renováveis – e não se repita o mesmo erro de abandonarmos as preocupações socioambientais em prol de tão e somente do interesse econômico-financeiro.

Naquela ocasião os impactos e suas magnitudes quanto a maneira de se utilizar os recursos energéticos, acarretando o uso desenfreado de energia, deixou de lado questões como esta, que vieram junto com exploração dos recursos energéticos sem a devida preocupação com gerações futuras.

Logo, esta dissertação foca-se nas questões socioambientais que descomissionamento de sistemas de geração de energia elétrica trarão com a transição energética em curso, como por exemplo aqueles que utilizam o carvão mineral como fonte primária de energia e que serão desativados à medida que as políticas ambientais voltadas a nova transição energética avançam.

Ressalta-se que no Brasil inexistente legislação específica para tratar o tema, agravando o planejamento socioambiental de toda essa cadeia produtiva e sociedade relacionada.

No Reino Unido, por exemplo, o planejamento do governo é reduzir as emissões de dióxido de carbono em 80,0 % em relação ao nível de 1990 até 2050. No dia 21 de abril de 2017, pela primeira vez desde a revolução industrial, o Reino Unido viveu um dia inteiro sem queimar carvão para gerar eletricidade. Sendo que esta fonte foi responsável por 9,0 % da geração de energia elétrica no ano de 2016 ante 40,0 % em 2012, tendo o governo o planejamento de fechar a última usina termelétrica a carvão até 2025, marcando um plano de inflexão da transição energética (EL PAIS, 2017).

Por outro lado, a União Europeia propôs um objetivo climático de assegurar que a temperatura média do planeta fique até 2,0 °C acima dos níveis pré-industriais, (TOL, 2007). Para tanto, a redução da emissão de gases de efeito estufa, como a proveniente da queima de combustíveis fósseis, é a alternativa para se atingir este objetivo.

Tendo em conta estes e outros objetivos, os fatores de condução e a velocidade de uma transição de energia são de grande interesse para a sociedade, pois, se a tendência das últimas seis décadas permanecer inalteradas quanto ao crescimento da população mundial, demonstrado na tabela 6, este contingente populacional chegará a 9,7 bilhões em 2050 (ONU, 2018), consumindo, para tanto, ainda mais energia.

A China, por exemplo, segunda maior economia mundial, possui uma população cerca de cinco vezes maior do que os Estados Unidos, a primeira potência econômica mundial. Porém, segundo a IEA, o consumo final de energia elétrica destinado às residências, comércio e serviços públicos da China é de 184,0 Mtoe, contra 258,0 Mtoe dos EUA.

Logo, proporcionalmente ao número de habitantes, o consumo percapita americano de energia elétrica é 500,0 % superior ao chinês. Ocorre que, com o crescimento da renda da população chinesa e a busca pelo bem-estar do cidadão, a demanda por energia elétrica continuará aumentando e, conseqüentemente, a demanda por fontes de energia, incluindo as provenientes de combustíveis fósseis.

As tabelas 6 e 7 apresentam o crescimento da população mundial a partir de 1750 e a tendência para 2050.

Tabela 6 – População mundial, de 1750 a 2015, em bilhões.

Ano	1750	1850	1950	1970	1990	2008	2015
População	0,8	1,2	2,5	3,7	5,3	6,6	7,3

Fonte: Cipolla, 64, p. 99 e Divisão populacional da ONU.

Tabela 7 – Projeção da população mundial até 2050, em bilhões.

Ano	2015	2030	2050	2100
População	7,3	8,5	9,7	11,2

Fonte: Divisão populacional da ONU.

2.2 BRASIL

No Brasil, desde o primeiro recenseamento geral do Império, realizado 1872, a população aumentou em 20 vezes, conforme mostra a tabela 8, ultrapassando 200,0 milhões de pessoas.

Tabela 8 – População brasileira de 1872 a 2016, em milhões.

Ano	1872	1900	1920	1950	1960	1980	2000	2016
População	9,9	17,3	30,6	51,9	70,1	117,9	169,8	206,1

Fonte: IBGE.

A história de consumo de energia no Brasil começou a mudar após a segunda guerra mundial, sendo que até 1940 a lenha, combustível renovável, era responsável por 75,0 % da fonte primária de energia.

Depois da segunda grande guerra mundial, os processos de urbanização e industrialização e o conseqüente desenvolvimento dos transportes rodoviários induziram um rápido crescimento do consumo de energia, levando o país a implantar dois sistemas fundamentais, o elétrico – para alimentar as cidades, o setor de serviços e uma parte das indústrias – e o do petróleo e gás – para suprir os transportes e outra parte das indústrias (CARVALHO, 2009).

No início do século XX, iniciou-se em São Paulo um grande reflorestamento, através do nome de Navarro de Andrade, com objetivo de planejar o abastecimento da matéria prima para as indústrias de celulose, além de lenha, dormentes e postes para a Companhia Paulista da Estrada de Ferro (CARVALHO, 1983).

O emprego do álcool para fins energéticos e industriais já era estudado no início do século passado e em 1922 foram realizados, na Escola Politécnica, experiência do uso do álcool em motores de ciclo Otto (MENEZES, 1980).

Em 1973, com a crise do petróleo, ganharam impulso os estudos sobre o emprego do álcool como combustível complementar da gasolina. Em junho de 1975 foi instituído o Plano Nacional do Álcool e, em novembro do mesmo ano foi criado o Programa Nacional do Álcool – Proálcool.

O objetivo deste plano era a substituição, em larga escala, dos combustíveis derivados de petróleo, por álcool e, paralelamente, o apoio ao desenvolvimento de tecnologia adequada para a adaptação, ao álcool, dos motores Otto a gasolina, até então usado pelas montadoras de automóveis instaladas no Brasil (MENEZES, op. cit.).

Quanto à utilização do petróleo há registros históricos datando de 1864 dando conta da utilização de uma “lama preta oleosa” para iluminar residências, em Lobato, na Bahia. Há, também, relatos sobre o que teria sido “o primeiro poço de petróleo” do Brasil, perfurado por um fazendeiro da região de Bofete, em São Paulo, em 1897 (Disponível em: <http://www.brasilecola.com/brasil/historia-do-petroleo-no-brasil.htm>).

A indústria petrolífera brasileira propriamente dita só nasceu em 1953, com criação da Petrobrás e a instituição do monopólio da União sobre as atividades de pesquisa, lavra, refino, transporte e distribuição de petróleo e derivados. Até então as decisões relativas ao petróleo, no Brasil, dependiam, direta ou indiretamente, de políticas traçadas pelas corporações internacionais do setor aqui estabelecidas (Esso, Shell, Texaco, etc.), que atuavam principalmente no segmento de distribuição de derivados (CARVALHO, 2009).

Graças aos investimentos da Petrobrás em pesquisa e lavra e, sobretudo, à tecnologia desenvolvida pela empresa para a exploração em águas profundas, o Brasil alcançou, em 2006, a autossuficiência na produção de petróleo.

2.2.1 Setor elétrico no Brasil

Quanto ao setor elétrico nacional, do início do século passado até meados da década 1950 o sistema elétrico brasileiro foi controlado por grupos estrangeiros. Neste ano a capacidade total do sistema era de apenas 1.882 MW e os grupos controladores não se interessavam por investir em expansões, o que inviabilizava os processos de industrialização e substituição de importações que então ganhavam impulso (CARVALHO, 2009).

Assim, a partir de 1955, o Estado entrou no setor, investindo em sua modernização e estruturando-o sobre um conjunto de empresas públicas, que expandiram rapidamente sua capacidade, de acordo com a tabela 9, sendo a hidrelétrica de Paulo Afonso, na Bahia, a primeira grande usina geradora de eletricidade do país.

Tabela 9 – Capacidade instalada do sistema interligado nacional - MW.

Ano	Hidráulica	Térmica	Total
1900	5	7	12
1910	138	22	160
1920	279	78	357
1930	630	149	779
1940	1.009	235	1.244
1950	1.535	347	1.882
1960	3.642	1.158	4.800
1970	8.720	1.739	10.459
1975	16.316	4.652	20.968
1980	27.649	5.823	33.472
1985	37.072	7.030	44.107
1990	45.558	7.492	53.050
1995	51.367	7.754	59.121
2000	61.063	12.649	73.712
2005	70.858	22.300	93.158
2017	101.138	42.749	162.343*

Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica.

*Valor total da capacidade instalada do Brasil, considerando fontes nuclear e renováveis: eólicas, pequenas centrais hidrelétricas, fotovoltaica.

Em 1954 o então presidente Getúlio Vargas, em seu segundo período de governo, enviou ao Congresso Nacional dois projetos com o objetivo de ampliar os investimentos no setor energético brasileiro. Um deles criava o Plano Nacional de Eletrificação, que tinha a meta de, em dez anos, duplicar a capacidade instalada de geração de energia elétrica no país. O outro criava uma empresa pública responsável por todos os empreendimentos estatais na área: a Eletrobrás. Vinculado ao plano estava o Fundo Federal de Eletrificação, que financiaria essas atividades com a receita gerada pelo Imposto Único sobre Energia Elétrica – IUEE (GUIMARÃES, 2006).

Todavia, ambos projetos foram rejeitados pelo Congresso, exceto os itens que criavam o Fundo e o IUEE, e a promulgação da lei ocorreu no dia 31 de agosto de 1954, uma semana após o suicídio de Getúlio e, em 1956, tomou posse o novo presidente da República, Juscelino Kubitschek de Oliveira, que regulamentou a aplicação do Fundo.

Entre os anos 60 e início da década de 90 o setor elétrico brasileiro era controlado pelo setor público, que tinha como responsabilidade a operação, geração, transmissão, distribuição e comercialização da energia elétrica no mercado. Para tanto, em 1962 foi criada a Eletrobrás que possibilitou a integração do setor elétrico brasileiro em âmbito nacional

Com a crise do petróleo de 1979 e a alta inflação nos anos 1980 houve uma elevação significativa do serviço da dívida das empresas estatais de energia, uma vez que as tarifas de energia eram mantidas artificialmente em níveis baixos com o intuito de auxiliar o controle da inflação. Tal situação acabou culminando em um processo de privatização e reestruturação do setor elétrico, que teve início em 1993 com a promulgação das Leis 8.631/936 e 8.987/957. A liberalização do mercado gerou a descentralização e reorganização do setor de acordo com práticas empresariais (INSTITUTO ESCOLHAS, 2018).

Na forma de mercado livre, a geração e a oferta de eletricidade atingiram estruturas de mercado mais competitivas, enquanto a distribuição e transmissão se caracterizavam por estruturas de mercado mais concentradas. Ainda na década de 1990, também foi criada a estrutura regulatória composta pelo órgão fiscalizador e regulador, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), e por duas entidades de direito privado:

- Operador Nacional do Sistema (ONS), criado em 1998, responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN); e
- Mercado Atacadista de Energia Elétrica (MAE), responsável por criar as regras comerciais de negociação de energia por atacado (registradas as quantidades negociadas nos contratos de longo prazo, e determinados os preços de venda a curto prazo (*spot*) da energia elétrica.

O SIN, por lei, é um órgão independente e regulado pela ANEEL, atuando sobre as empresas da cadeia do setor elétrico das regiões Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte. Apenas 1,7 % da energia elétrica requerida pelo país encontra-se fora do SIN (principalmente pequenos sistemas isolados na região amazônica).

A ANEEL compete, além de fiscalizar, regulamentar as políticas e diretrizes do governo federal para a utilização e exploração dos serviços de energia elétrica pelos agentes do setor, pelos consumidores cativos e livres, pelos produtores independentes e pelos autoprodutores.

Cabe à agência, ainda, definir padrões de qualidade do atendimento e de segurança compatíveis com as necessidades regionais, com foco na viabilidade técnica, econômica e ambiental das ações – e, por meio desses

esforços, promover o uso eficaz e eficiente de energia elétrica e proporcionar condições para a livre competição no mercado de energia elétrica. Três modalidades de regulação são praticadas na Agência:

- a regulação técnica de padrões de serviço para: geração, transmissão, distribuição e comercialização;
- a regulação econômica (tarifas e mercado) e
- projetos de P&D e eficiência energética.

Embora o modelo de mercado livre tenha resultado em maior eficiência, a necessidade de planejamento no setor, principalmente para a ampliação da oferta de energia no longo prazo, pressupunha uma integração e cooperação entre as empresas que não ocorreu de forma satisfatória. O comprometimento de investimentos também foi dificultado devido às condições econômicas externas desfavoráveis do final dos anos 1990 e começo dos anos 2000, levando ao racionamento de 2001/2002 (INSTITUTO ESCOLHAS, 2018).

Em resposta à crise do setor, o governo federal elaborou, em 2004, o “Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro” com o objetivo de garantir segurança no abastecimento. O modelo foi implementado por meio de duas Medidas Provisórias e cinco decretos entre maio e julho de 2004. Nesse novo modelo, com maior intervenção do governo, as distribuidoras atenderiam 100,0 % de sua necessidade através de contratos de longo prazo negociados através de leilões competitivos. Os leilões passaram a ser promovidos pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), seguindo o formato no qual o ofertante com o menor preço é o vencedor do leilão. Somente projetos com licenças ambientais seriam leiloados e haveria leilões que abarcassem todas as fontes de energia.

Os vencedores dos leilões teriam contratos de comercialização de energia elétrica com os agentes de distribuição, que corresponderiam com as suas necessidades de compra para entrega de suprimento da energia no período contratado. Foram instituídas duas principais formas de leilão a partir de 2005 (MME, 2015): Ambiente de Contratação Regulada (ACR): modalidade de contratação convencional de longo prazo. Os leilões convencionais ocorrem com 3 a 5 anos de antecedência do início do abastecimento. As distribuidoras contratam a energia elétrica necessária (das geradoras, comercializadores e autoprodutores) para assegurar o pleno atendimento da demanda futura, conforme regras e procedimentos de comercialização específicos; e Ambiente de Contratação Livre (ACL): considerados como leilões de ajuste, em que os preços de suprimento são livremente negociados (contratação por até 2 anos). Os geradores,

consumidores livres, autoprodutores, comercializadores, importadores e exportadores de energia estabelecem entre si contratos bilaterais de compra e venda de energia com preços e quantidades livremente negociados, conforme regras e procedimentos de comercialização específicos. Vale observar que os autoprodutores destinam a energia exclusivamente para consumo próprio. Dada a isenção tributária, os mesmos não têm a mesma liberdade para comercializar a energia excedente que produzem, mesmo quando incorporam à rede a energia excedente (INSTITUTO ESCOLHAS, 2018).

Durante aproximadamente dez anos tal modelo foi regulado pelo governo e funcionou com relativo sucesso. No entanto, a regulação sobre o setor elétrico mudou após a MP 579 (transformada na Lei 12.783/2013), que dispõe sobre a geração, transmissão e distribuição de energia elétrica e estabeleceu novos critérios para a renovação de concessões a partir de 2015 (reduziu a carga tributária para promover a redução das tarifas de energia). A MP não se mostrou atrativa para adesão das geradoras e as distribuidoras tiveram redução na contratação de energia, obrigando-as à subcontratação. O problema gerado pela nova lei, aliado aos baixos níveis dos reservatórios hidrelétricos, levaram ao atual risco de racionamento e desequilíbrio financeiro, causado por custos adicionais não incorporados à tarifa.

Com relação às perspectivas para o futuro, muitos acontecimentos recentes podem mudar a estrutura de geração de energia no Brasil. Dentre elas, a questão climática vem influenciando fortemente o setor elétrico no país e no mundo. Duas das maiores crises elétricas brasileiras recentes (2001 e 2015) são consequência da falta de chuvas aliada à falta de planejamento. Enquanto as hidrelétricas continuam apresentando desafios sociais e ambientais, os acidentes nucleares aumentam os custos com sua segurança. Serão necessários avanços tecnológicos na geração eólica e solar para que essas energias ganhem competitividade no país, contribuindo para que o Brasil cumpra as metas da iNDC (Contribuição nacionalmente determinada destinada a alcançar o objetivo da convenção das Nações Unidas sobre mudança do clima) no âmbito da COP-21 (21ª Conferência das Nações Unidas sobre mudanças climáticas realizada em dez/2015 em Paris).

É importante ressaltar, que outros aspectos importantes, tal como a geopolítica atual, também trazem novos desafios, como a descoberta de grandes jazidas de xisto betuminoso na América do Norte e a economicidade da exploração do pré-sal no Brasil. A dinâmica de geração para os próximos anos dependerá do custo de geração de energia de cada uma dessas fontes no futuro próximo, do estímulo dado pelo governo para

desenvolvimento de novas tecnologias limpas, de aspectos relacionados à segurança no abastecimento e de mecanismos de incentivos internacionais (INSTITUTO ESCOLHAS, 2018).

2.3 SANTA CATARINA

Em Santa Catarina, a história de construção de sistemas de geração de energia tendo como combustível primário o carvão mineral nacional, iniciou por volta de 1940 no então bairro de Capivari de Baixo, Santa Catarina, pertencente à cidade de Tubarão.

Em 1938, foi instalada a Comissão Executiva do Plano Siderúrgico, uma das iniciativas do governo Vargas para desviar a economia brasileira de sua base agrícola e direcioná-la a novos setores produtivos, como a indústria. Para que surgisse a indústria do aço nacional, que tem como matéria prima o carvão metalúrgico e ferro, ambos abundantes no Brasil, vislumbrou-se a criação da Companhia Siderúrgica Nacional – CSN – tendo como local escolhido Volta Redonda, no Rio de Janeiro (GUIMARÃES, 2006).

Neste período, eclodiu a segunda guerra mundial e as dificuldades de importação de carvão metalúrgico aumentaram significativamente, tendo a produção de carvão nacional expandindo-se para suprir as necessidades da indústria nacional de base, sendo que a CSN obteve a concessão de lavra da carbonífera Metropolitana, em Siderópolis, SC (DUDA, 2015).

Em decorrência da necessidade de beneficiamento do carvão mineral para utilização na siderurgia – carvão metalúrgico – que era explorado na região sul de Santa Catarina, iniciou-se a procura por um local apropriado, com água abundante, junto à infraestrutura da estrada de ferro e próximo às minas. O local escolhido foi Capivari de Baixo e Getúlio desapropriou mais de 1,0 milhão de m² de terras para instalação do lavador de carvão, que separaria o carvão bruto, vindo das minas, em carvão metalúrgico, que seria usado pela CSN, e o carvão energético, que seria utilizado para geração de energia elétrica afim de abastecer toda estrutura da CSN em Capivari de Baixo (GUIMARÃES, 2006).

Em 1945, tanto as obras do lavador de Capivari quanto a primeira unidade de geração termelétrica a carvão mineral de Santa Catarina, a usina termelétrica de Capivari – UTECA – com potência instalada de 0,5 MW, entraram em operação e, a partir do beneficiamento do carvão, possibilitou que a CSN começasse a operar o alto forno de Volta Redonda em 9 de abril de 1946 (GUIMARÃES, 2006).

Entre 1946 e 1956, outras quatro unidades de geração de energia elétrica foram inauguradas em Capivari de Baixo, totalizando 26,5 MW de potência instalada. A partir de então e até o ano de 1997, foram acrescentados mais 857 MW em potência instalada a partir de outros sete sistemas de geração tendo como fonte primária de combustível o carvão mineral energético (DUDA, 2015).

Desta forma, surgiu o Complexo Termelétrico Jorge Lacerda, na cidade de Capivari de Baixo, que se mantém em operação e tem dado grande contribuição, não só elétrica e energética ao Sistema Interligado Nacional, como social à região sul de Santa Catarina.

É importante ressaltar que desde 1950 até então, a população brasileira quadruplicou, mas a capacidade instalada dos sistemas de geração de energia elétrica aumentou 86 vezes a partir de um enorme volume de obras de sistemas de geração com finalidade de produzir energia elétrica de fontes térmicas e hidráulicas.

Além disso, é importante observar que, de acordo com a revisão da projeção feita pelo IBGE, a população brasileira crescerá até um máximo de aproximadamente 220,0 milhões de habitantes, por volta de 2040 e, a partir daí, decrescerá até 2050, quando deverá ficar num patamar de estabilização, em torno de 215,0 milhões de habitantes (IBGE, 2018).

Sendo assim, haverá aumento da demanda por energia elétrica e, conseqüentemente, novos sistemas para transformação de energia, proveniente das mais variadas fontes, em energia elétrica devem ser instalados. Além disto, muitos dos atuais sistemas de geração de energia elétrica ficarão obsoletos ao longo destes anos e deverão ser descomissionados.

Mais uma vez reflete-se nestes dados a preocupação desta pesquisa em alertar para políticas públicas de descomissionamento de sistemas de geração, que abrangem áreas imensas, quando trata-se de hidrelétricas, ou uma vasta cadeia produtiva quando trata-se do carvão mineral.

A partir da transição energética em curso, para fontes renováveis, há uma expectativa que o Brasil aumente significativamente a instalação destes sistemas de geração e atinja, ou muito próximo, a sustentabilidade energética em torno de 2030, ficando aberto o caminho para alcançá-la e mantê-la a partir de 2050 (CARVALHO, 2009).

Discutiu-se neste capítulo 2 os primórdios da utilização de energia, com o uso do fogo, e as fontes de energia que foram dando espaço e/ou sendo complementadas por outras, sendo o carvão o pilar da revolução industrial, que deu ao homem a ilusão de que teria capacidade de sustentar grandes populações em territórios pequenos. O desafio agora é substituir fontes de energia fósseis por fontes renováveis.

No Brasil, resgata-se a história recente da questão energética e o impulso dado pelo Estado nos anos 50 para implantação do setor elétrico, refletindo sobre o Estado de SC a exploração do carvão e a geração de energia elétrica.

Na sequência, apresentaremos no capítulo 3 conceitos de impactos socioambientais e descomissionamento, pois em SC se tem no carvão mineral um objeto social e ambiental, uma vez que gera renda e emprego a partir da exploração de um determinado ambiente.

3 CONCEITOS SOBRE IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS E DESCOMISSIONAMENTO

3.1 IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS

3.1.1 Conceitos

A definição de impacto socioambiental pode ser dada como o processo de avaliar ou estimar antecipadamente, as consequências socioambientais que provavelmente virão de políticas ou projetos específicos, particularmente no contexto de legislação nacional, estadual ou municipal.

Os impactos socioambientais incluem as consequências sociais, ambientais e culturais para as populações de quaisquer ações públicas ou privadas que alterem as maneiras pelas quais as pessoas vivem, trabalham, se relacionam, se organizam para atender às suas necessidades e geralmente lidam como membros da sociedade.

Os impactos culturais envolvem mudanças nas normas, valores e crenças dos indivíduos que guiam e racionalizam sua cognição de si mesmos e de sua sociedade (BURDGE e VANCLAY, 1995). No entanto, é um assunto complexo pela forma com que diferentes pessoas, com diferentes culturas, éticas, religiões, gêneros e educação enxergam o mundo.

Já os impactos sociais incluem todas as consequências sociais e culturais para as populações humanas de quaisquer ações públicas ou privadas (isto inclui políticas, programas, planos e/ou projetos) que alterem as maneiras pelas quais as pessoas vivem, trabalham, se relacionam, se organizam para atender às suas necessidades e geralmente lidam como membros da sociedade.

Quanto a um sistema de geração de energia elétrica, existem impactos socioambientais gerados durante as fases de: pré-instalação, implantação, operação e descomissionamento para todos os *stakeholders*, pois, enquanto inicialmente questões como: inclusão social, geração de postos de trabalho, acesso a saúde e educação, desenvolvimento profissional, prevenção da marginalização social, comportamento social, impactos ambientais, etc., ao término de operação questões no sentido contrário veem à tona.

A maioria dos especialistas em impacto social enfatiza que é impossível detalhar todas as dimensões do impacto social – a mudança social tem um jeito de criar outras mudanças. Além disto, a maioria das mudanças são vistas como específicas da situação e, portanto,

dependentes do contexto social, cultural, político, econômico e histórico da comunidade em questão, bem como as características do projeto proposto e das medidas de mitigação implementadas (BURDGE e VANCLAY, 1995).

Tentativas têm sido feitas por vários cientistas sociais para desenvolver e classificar os impactos sociais, mas poucos desenvolveram uma lista específica de impacto social e menos ainda definições destas variáveis. Dentre as classificações estão as seguintes:

Audrey Armour (1990):

- O modo de vida das pessoas: como elas vivem, trabalham, entretêm-se e interagem umas com as outras no dia-a-dia;
- Cultura: crenças, costumes e valores compartilhados;
- Comunidade: coesão, estabilidade, caráter, serviços e auxílios.

Vanclay (1999):

- O modo de vida das pessoas: como elas vivem, trabalham, entretêm-se e interagem umas com as outras no dia-a-dia;
- Cultura: crenças, costumes, valores, linguagem ou dialetos;
- Comunidade: coesão, estabilidade, caráter, serviços e auxílio;
- Sistemas políticos: até que ponto as pessoas podem participar em decisões que afetam suas vidas, o nível de democratização que está tomando lugar e os recursos fornecidos para esse fim;
- Ambiente: qualidade do ar e da água que as pessoas usam, a disponibilidade e qualidade dos alimentos que comem, o nível de perigo ou risco, poeira e ruído a que estão expostos, a adequação do saneamento, sua segurança física e seu acesso e controle sobre recursos;
- Saúde e bem-estar: onde a "saúde" é entendida de uma maneira semelhante à definição da Organização Mundial de Saúde: um estado de completo bem-estar físico, mental e social, não apenas a ausência de doença ou enfermidade;
- Direitos pessoais e de propriedade: particularmente se as pessoas são economicamente afetadas, ou experimentar

desvantagem pessoal, que pode incluir uma violação de suas liberdades civis;

- Medos e aspirações: percepções sobre sua segurança, seus medos sobre o futuro de sua comunidade e suas aspirações para o futuro e o futuro de seus filhos.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986, em seu Artigo 1º, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II - as atividades sociais e econômicas;
- III - a biota;
- IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V - a qualidade dos recursos ambientais.

Ao contrário dos impactos sociais, os impactos ambientais são caracterizados por questões físicas, químicas e biológicas.

Neste sentido, a avaliação da sustentabilidade desenvolveu-se para ser uma abordagem importante e apoiar a tomada de decisões na gestão, não só de resíduos, como para outros contextos que sofrem diretamente os impactos provenientes da exploração de algum recurso natural para fins financeiros. No entanto, considerar as perspectivas das partes interessadas (proprietário, acionistas, empregados, sociedade, sindicatos, fornecedores, etc.) envolvidas – *stakeholders* – ainda é uma grande lacuna para que tais aplicações sejam bem-sucedidas em problemas reais de decisão.

3.2 DESCOMISSIONAMENTO

3.2.1 Conceitos

Descomissionamento, do inglês *decommissioning*, foi usado pela primeira vez em torno de 1925 - 30 como referência aos navios e aviões (WEBSTER, 2001), sendo que a primeira dificuldade para a compreensão deste termo é meramente semântica, pois representa aspectos ligados ao seu precursor *commission*, que significa, dentre outras traduções, comando, autoridade para performar certas tarefas. Logo, a natureza

multidisciplinar do descomissionamento não é imediatamente reconhecida. Isto explica porque as traduções do inglês para línguas estrangeiras são geralmente incompletas e insatisfatórias. Por exemplo, na Alemanha (*stilllegung*), o foco é dado para o desligamento definitivo e término da operação. Na França (*déclassement*), a referência é feita para o rebaixamento de categoria de instalações nucleares, baseado na redução de perigos radiológicos. Outras línguas simplesmente têm adotado o inglês *decommissioning* com alguma adaptação quanto ao soletramento. Mesmo em inglês, a palavra causa muita confusão, pois olhando para o curso técnico da literatura, encontram-se vários significados, como por exemplo: desativação, descontaminação, disposição, demolição e desmantelamento dentro de uma dúzia de diferentes combinações. Algumas dessas combinações estão claramente erradas. Além disso, o uso do termo descomissionamento para plantas nucleares levou algum tempo para ser totalmente aceito, independentemente de sua aplicação de longa data para navios e aviões.

A primeira vez que descomissionamento foi usado na área nuclear (geração de energia elétrica) foi em 1965 (ORNL, 1965). A segunda aparição foi dada pela referência do reator de BONUS (BONUS, 1975), sendo que em 1975 houve pela primeira vez uma grande conferência sobre descomissionamento (ERDA, 1975), sendo que o termo ainda competia com os termos acima citados e com outros, como: aposentadoria, término.

O primeiro documento publicado pela Agência Internacional de Energia Atômica – IAEA – sobre descomissionamento foi em 1975, sendo a primeira conferência internacional, ocorrida em Viena – Áustria, foi em 1978, organizada pela IAEA e OECD-NEA.

A paralisação de centrais de geração de energia elétrica constitui a suspensão ou descomissionamento das plantas. No primeiro caso, a suspensão é justificada por algum motivo que ainda torne a unidade geradora atrativa em momentos futuros que remonte a operação da planta. No segundo, o descomissionamento ocorre quando a unidade geradora é declarada inoperável, significando que não é mais econômica ou tecnicamente possível atender pré-requisitos que satisfaçam aos proprietários, à sociedade ou ao meio ambiente.

Na área de sistemas de geração de energia elétrica, o termo é muito utilizado para indicar todas as providências necessárias para a desativação de uma instalação nuclear ao final de sua vida útil, observando-se todos os cuidados para proteger a saúde e a segurança dos trabalhadores e das pessoas em geral, e ao mesmo tempo, o meio ambiente (IAEA, 2016).

3.2.2 Planejamento: sistemas de geração de energia elétrica

O descomissionamento completo necessita que o local de operação da planta (usina) seja totalmente limpo, restaurado e as características do terreno original recuperado, restabelecendo ao local a condição que satisfaça a conformidade ambiental e que garanta segurança à sociedade, possibilitando que o ambiente seja reutilizado por gerações futuras, pois se bem planejada criará uma sinergia entre os *stakeholders*.

O plano para tanto deve focar a descontaminação e, desta forma, uma compreensão da extensão da contaminação, inclusive do solo, assim como lidar com os melhores métodos de remoção e descarte de resíduos das: estruturas impactadas, lâmpadas, baterias alcalinas, rejeitos eletrônicos, materiais impregnados em equipamentos, pisos e paredes, área com matéria-prima estocada, óleos combustíveis e lubrificantes contidos em reservatórios e adjuntos de processo, utilidades subterrâneas, combustão, água, metais, sucatas, concretos, graxas, produtos químicos, remoção de asbesto, chaminés, bem como de resíduos em geral existentes na área e aqueles que poderão ser gerados durante a desmobilização física da unidade.

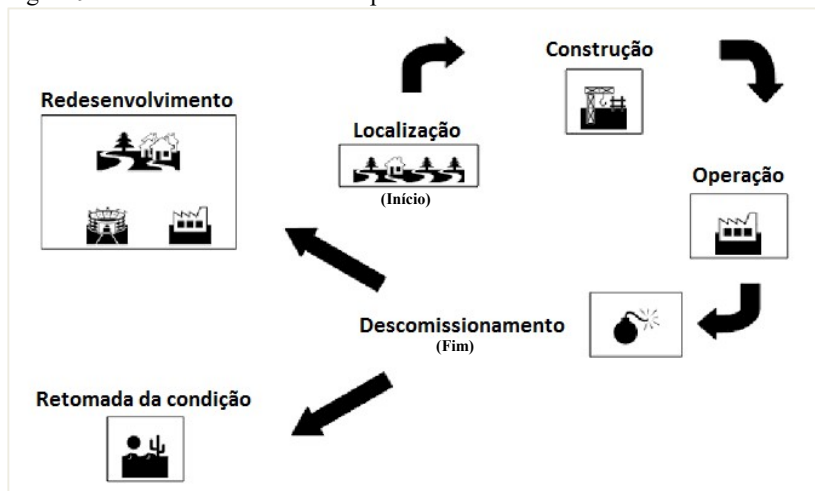
Ademais, inclui os procedimentos e ações necessárias para o gerenciamento de potenciais passivos ambientais existentes no solo e na água subterrânea do *site* (local da usina), ocasionados pelos rejeitos da combustão do carvão mineral – cinzas – depositadas em bacias de cinzas, da água proveniente da regeneração com resinas iônicas, água do processo de transporte e extração de cinzas, água de drenagens pluviais do pátio de carvão e a estocagem do carvão mineral.

Aliado a isto, há necessidade de um planejamento adequado para novas fontes de geração e renda da região visando minimizar o impacto social ocasionado pelo fim da atividade do sistema de geração de energia elétrica que ocasionará desempregos diretos e indiretos, fim de projetos sociais, fim de atividades econômicas da cadeia secundária e do valor adicionado dos municípios que participam da cadeia produtiva, etc.

A figura 9 ilustra um ciclo da utilização de um determinado ambiente, inicialmente inalterado (Localização), por um sistema de geração, onde após a construção (implantação do empreendimento) e operação do sistema em uma determinada localização, o empreendedor, seja público ou privado, fica, ao término da operação, com um propósito de descomissionamento (fim da operação) afim de reestabelecer ao local sua originalidade e trazer à tona o conceito de sustentabilidade.

Portanto, ele deve retomar o ambiente a sua condição original (retomada da condição) e/ou desenvolver novamente o local com outro propósito.

Figura 9 – Do descomissionamento para o reuso: fechando o ciclo.



Fonte: (LARAIA, 2012).

Orientar os *stakeholders* a respeito dos procedimentos e especificações para a condução do descomissionamento e viabilização da área de interesse para o uso futuro pretendido, além de determinar as medidas de controle que garantam a segurança e a proteção da saúde do pessoal envolvido na execução das atividades de encerramento e da vizinhança no entorno, fazem parte de um planejamento adequado.

Desta forma, o que é dado a compreender claramente é que há graves questões no descomissionamento da planta, sendo a maioria deles ambientais e sociais.

Logo, há necessidade de métodos comprovados e custos efetivos para tratar deste tema, tendo os proprietários de plantas de geração térmica a carvão mineral, uma necessidade fundamental de compreender o caminho e conhecimento sobre a transferência, venda e/ou sucateamento de equipamentos e a forma mais conveniente e econômico para devolver ao local a uma condição de terreno reaproveitável, envolvendo o poder público, os acionistas e a sociedade.

A maior parte de unidades geradoras térmicas a carvão candidatas ao descomissionamento são:

- Operação não econômica: a operação da planta torna-se muito cara e inviável financeiramente;
- Obsolescência técnica: novas tecnologias oferecem melhores resultados (ambientais, financeiros e técnicos);
- Condições de segurança: os requisitos regulatórios impõem melhorias de segurança, ambiental por exemplo, em conformidade com novos padrões e as melhorias são muito caras para serem implementadas, inviabilizando a continuidade operacional do sistema de geração;
- Alteração da regulação governamental: o governo decide que o sistema de geração não é mais requerido para atender os interesses da sociedade ou suas prioridades;
- Outros fatores: o sistema de geração deve ser fechado após um grave acidente, resultando em contaminação extensiva ou dano estrutural grave.

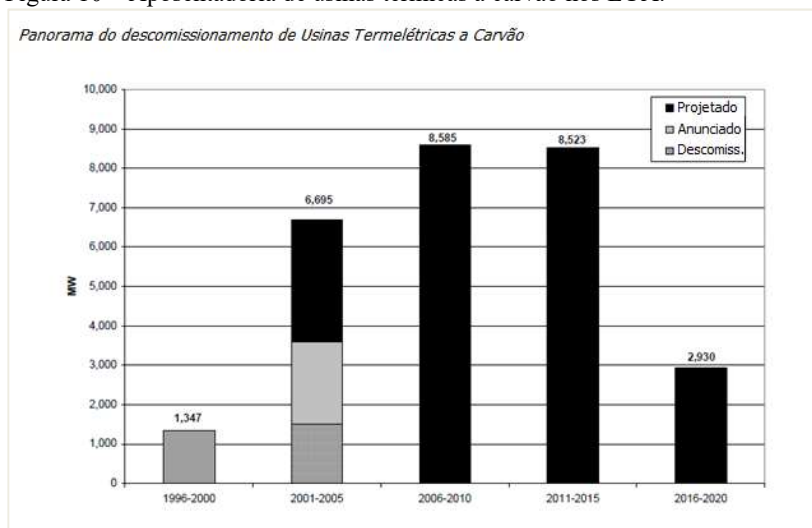
Quanto a operação não econômica, por exemplo, novas tecnologias e/ou outras fontes de energia para geração de energia elétrica, podem inviabilizar financeiramente os sistemas já em operação.

No tocante a obsolescência técnica, nos Estados Unidos da América, por exemplo, a idade média de centrais de geração de energia com combustíveis fósseis – carvão mineral – excede 30 anos, e de modo crescente, novas instalações de geração mais produtivas assumirão o papel de produção de energia.

Entre 1998 e 2010 cerca de 20 GW a carvão mineral foram paralisados nos EUA, bem como outros 13 GW anunciados para após 2010 (EPRI, 2003), de acordo com a figura 10.

Este montante representa um pouco menos de cinco por cento dos 309 GW de capacidade a carvão que estava operacional em 2001. As unidades mais afetadas são prioritariamente a carvão mineral, mais antigas e menos eficientes, com altos custos de conformidade ambiental (EPRI, 2003).

Figura 10 – Aposentadoria de usinas térmicas a carvão nos EUA.



Fonte: (EPRI 1004410, 2003).

No Brasil, existem 13 usinas de geração de energia elétrica tendo como combustível primário o carvão mineral, com mais de 20 unidades geradoras, totalizando 3,38 GW de potência instalada, o que representa 2,11 % da atual capacidade instalada do país (ANEEL, 2018). Existe ainda uma unidade que se utiliza do calor do processo térmico a partir do carvão mineral e outras 9 outras de gás do alto forno.

As usinas de geração de energia elétrica no país tendo como combustível primário o carvão mineral, bem como sua data de início de operação são:

- UTE Charqueadas (RS) – 1962.
- UTE Figueira (PR) – 1963.
- UTE Jorge Lacerda I e II (SC) – 1965.
- UTE Presidente Médici A e B (RS) – 1974.
- UTE São Jerônimo (RS) – 1954.
- UTE Jorge Lacerda III (SC) – 1979.
- UTE Jorge Lacerda IV (SC) – 1997.
- UTE Alunorte (PA) – 2007.
- UTE Alumar (MA) – 2009.
- UTE Porto de Itaquí (MA) – 2013.
- UTE Porto de Pecém I (CE) – 2012.

- UTE Candiota III (RS) – 2011.
- UTE Porto de Pecém II (CE) – 2013.

O Complexo Termelétrico Jorge Lacerda (SC) inaugurou a primeira unidade geradora em 1965, que ainda se encontra em operação, sendo em 1997 o início de operação comercial da última das sete unidades que compõe esse sistema de geração. Desta forma, as primeiras unidades estão em operação há 53 anos e possuem quase trezentas mil horas de operação, o que naturalmente acarretará em um futuro próximo o descomissionamento deste sistema de geração.

Quanto às questões de segurança, os requisitos que regulamentam melhorias, por exemplo ambientais, temas como a Convenção de Minamata, cujo Brasil é signatário e onde o projeto de decreto legislativo nº 114, de 2017 (nº 696/2017, na Câmara dos Deputados) que trata desta convenção foi aprovado, deverão exigir novos investimentos no que tange às emissões atmosféricas, aumentando os custos relativos à operação deste complexo, dificultando sua competitividade frente à outros sistemas de geração, bem como sua viabilidade financeira.

Acessando o *site* <http://www.mma.gov.br/informma/item/15034-noticia-acom-2018-08-3110.html>, verifica-se que o nome da convenção homenageia as vítimas por envenenamento de mercúrio ocorrido na cidade japonesa de Minamata, onde uma empresa química lançou, no mar, efluentes com compostos de mercúrio desde 1930, por cerca de 30 anos. Os primeiros sintomas de intoxicação por metilmercúrio foram identificados na década de 1950. Estudos apontam que quase 3 mil pessoas foram vítimas da doença, das quais 700 morreram pelo envenenamento e muitas ainda vivem com as sequelas causadas pela intoxicação.

Tanto o texto sobre a convenção de Minamata, como o projeto de decreto legislativo referente ao tema, estão disponíveis, respectivamente, em <http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica-convencao-minamata> e <http://www6g.senado.leg.br/busca/?q=minamata>.

Desta forma, verifica-se nesses documentos, o tratamento dado às emissões atmosféricas como, por exemplo, utilização das “melhores técnicas disponíveis” para melhorar a qualidade destas emissões, bem como, no anexo D, cita usinas termelétricas como fontes pontuais.

Outro fator diz respeito à regulação governamental, como ocorreu com as usinas termelétricas de Charqueadas (RS), em 2016, e parte do sistema de geração de Candiota (Presidente Médici / RS), em 2017, pois, os agentes envolvidos (ONS, ANEEL, MME, agentes geradores autorizados ou concessionários, órgãos ambientais, etc.) concordaram

que estes sistemas de geração não eram mais requeridos ou prioritários para atendimento às necessidades da sociedade, o que culminou com o encerramento da operação desses empreendimentos.

Apesar das paralisações definitivas desses sistemas, eles ainda não foram totalmente descomissionados, evidenciando a real necessidade de se debater e elaborar regras para este tema.

Sendo assim, deve haver um planejamento antecipado para o descomissionamento, mesmo que parcial, pois boa parte da construção civil poderá ser utilizada como infraestrutura para outros fins. Porém, o descomissionamento avança em questões socioambientais, como será visto nos capítulos posteriores, alinhando esta dissertação com o tema proposto: a transição energética e os impactos socioambientais do descomissionamento de sistemas de geração de energia elétrica.

3.3 EFEITOS SOCIAIS DO DESCOMISSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO PAÍS DE GALES (REINO UNIDO)

Neste tópico aborda-se um estudo de caso (JONES, 2006) que demonstra os efeitos sociais associados pelo descomissionamento de um sistema de geração, *Trawsfynydd*, no País de Gales, Reino Unido.

A construção desta central nuclear, começou em 1959 e a usina foi comissionada em 1965 com uma capacidade instalada de 400 MW. Após um período de 25 anos em operação, a usina foi parada devido a preocupações com as propriedades do material usado no vaso de pressão do reator e o fechamento foi formalmente anunciado em julho de 1993, sendo que esta decisão teve implicações significativas a comunidade local, além de questões ambientais envolvidas, como, por exemplo, a usina fornecia empregos estáveis, qualificados e bem remunerados na área. Além disso, houve treinamento e desenvolvimento de carreira para os funcionários.

Antes, porém, do fechamento, em 1984, o Instituto de Pesquisa Econômica da Universidade de Gales, Bangor, realizou uma pesquisa independente sobre o impacto econômico e social quando do descomissionamento de *Trawsfynydd*.

O relatório dessa pesquisa concluiu, cerca de oito anos antes do fechamento, que o descomissionamento teria "efeitos socioeconômicos profundos e duradouros" na área ao redor da usina. Previa-se que aproximadamente 1000 pessoas empregadas direta e indiretamente perderiam seus empregos e que aproximadamente metade deixariam a região, sendo que o aumento do desemprego seria de 4,0 %.

Durante este período, cerca de 600 empregados diretos foram gerados na usina e cerca de 15,0 milhões de libras por ano (1990) foi injetado na economia local.

A partir do ano de 1989 esforços significativos foram feitos para reduzir custos na empresa e o pessoal foi reduzido para 487 em 1993. Além disso, o perfil etário aumentava, com a maioria dos funcionários com mais de 25 anos de serviço e a idade média dos empregados aproximava-se dos 50 anos, sendo que restaram cerca de 270 empregados que participariam do descomissionamento.

Todos os empregados foram consultados e três opções foram dadas:

- Ser realocado para um *site* (sistema de geração / usina) diferente dentro da empresa (em outra região);
- Deixar a empresa pelo sistema de programa de demissão voluntária;
- Permanecer para as atividades de descomissionamento.

Durante a fase de descomissionamento, outros 145 empregados aderiram a alguma das opções mencionadas e a equipe permaneceu com 125 empregados.

O descomissionamento da *Trawsfynydd* foi uma questão delicada devido à localização e impacto na perda de empregos em uma área de oportunidades de emprego limitadas. Além disso, a empresa estava empenhada em agir de maneira responsável, cumprindo com suas obrigações para com os funcionários que deixavam a empresa e buscando um consenso em relação à estratégia de descomissionamento com os afetados pelo fechamento.

Para tanto, a empresa abriu diálogo com várias partes interessadas que seriam afetadas pelo descomissionamento e eram susceptíveis de sofrer com impactos ambiental ou socioeconômico. Estes foram:

- Funcionários da usina (sistema de geração) *Trawsfynydd* e representantes sindicais;
- Pessoas que vivem dentro de um raio aproximado de 25 a 30 km da estação;
- Três conselhos distritais da região e o órgão estatutário responsável pela Parque Nacional De *Snowdonia*.

A estratégia evoluiu com esses grupos de pessoas e outras ações foram desencadeadas:

- Anúncio do fechamento e circulação de um pacote de informações aos *stakeholders*;
- Aconselhamento aos empregados para que indicassem suas preferências, ou seja, se queriam voluntariamente participar do programa de demissão voluntária; buscar redistribuição dentro da empresa ou continuar no emprego durante o descomissionamento da usina;
- Anúncio do fechamento em uma estação de rádio regional e reuniões com representantes: políticos, meio ambiente, sociedade, etc., foram desencadeados;
- Exposição de três semanas com visitas ao público apoiada por informações das equipes técnicas em um centro de visitantes;
- Apresentações através do gerente da usina, gerente de engenharia e empresa gestora dos resíduos aos conselhos distritais atingidos;
- Questionários foram disponibilizados ao público local no centro de visitantes e através da exposição itinerante afim de terem sugestões.

Quanto aos questionários disponibilizados ao público, as respostas sobre as preocupações apontadas foram:

- 78,0 % em relação aos empregos perdidos;
- 76,0 % devido às questões ambientais e visuais pós descomissionamento;
- 70,0 % quanto a radioatividade;
- 61,0 % quanto ao retorno do local utilizado para suas condições originais;
- 58,0 % em relação à altura das estruturas;
- 49,0 % em relação ao tempo de descomissionamento;
- 27,0 % quanto ao custo;
- 21,0 % quanto ao tráfego de caminhões;
- 16,0 % quanto ao impacto visual durante o descomissionamento;
- 14,0 % pelo desemprego na região.

Feito isto, a empresa analisou os anseios dos *stakeholders* e modificou sua estratégia de descomissionamento, reconhecendo a opinião pública e dos órgãos do governo local. A empresa concordou em tomar medidas adicionais para reduzir o impacto visual da estação. Além disso, foi acordado que o desmantelamento imediato de todo o edifício não radioativo seria realizado com objetivo de fornecer empregos locais de imediato. Compromisso também foi dado às questões que os questionários indicaram serem consideradas importantes pelo público.

Após o descomissionamento, em 1995, nova pesquisa foi realizada pelo instituto Bangor e conclui-se que o *site* continuava a ter um impacto muito significativo para a economia local como resultado de atividades de descomissionamento. O nível da contribuição na região era de 60,0 % da contribuição anterior. No entanto, seria inevitável que essa contribuição diminuiria com o tempo.

Das lições aprendidas e recomendações da *Trawsfynydd* para descomissionamentos futuros de outros sistemas de geração, ficam:

- Os empregados, as comunidades afetadas e seus representantes políticos devem receber informações precisas e confiáveis sobre as futuras intenções da empresa. Não deve haver surpresas para nenhuma das partes envolvidas;
- A equipe deve ser consultada a respeito de suas futuras aspirações e, se possível, aspirações devem ser atendidas. Os critérios para a seleção dos empregados devem ser transparentes e comprovadamente justos na aplicação. A incerteza deve ser minimizada e a seleção realizada em tempo hábil. Após o fechamento, a empresa negociar e conciliar as aspirações da maioria das pessoas;
- A retenção dos empregados chave para as atividades de descomissionamento pode ser problemática com os empregados mais jovens qualificados, pois, são os mais empregáveis e buscarão outras oportunidades devido ao descomissionamento, podendo ser dentro ou fora da empresa;
- As ações de acordo com as opiniões dos funcionários e da comunidade local sobre estratégia de desmantelamento coloca a empresa em uma posição mais forte em relação à implementação de tal estratégia de consenso. No entanto, com o propósito de atender a aspirações da comunidade, a

empresa compromete-se a significativa incremento de custos.

De uma forma geral, devem ser consideradas e respeitadas os anseios dos *stakeholders*, pois as pessoas devem ser incluídas como parte principal nesse contexto, ou seja, um planejamento socioambiental deve contemplar todos os envolvidos.

O capítulo 3 apresenta conceitos e dificuldade em se desenvolver e classificar os impactos socioambientais, dado que a mudança cria outras mudanças, além de serem específicas da situação. Traz-se o conceito sobre descomissionamento e, através de um estudo de caso ocorrido no Reino Unido, os impactos ocasionados pelo descomissionamento de um sistema de geração.

No capítulo 4, a seguir, descreve-se sobre um segundo estudo de caso, ocorrido na Inglaterra, onde evidencia-se a preocupação deste país quanto ao tema, além de ilustrar a importância de se fomentar a discussão em países que ainda não possuem regulação definida. Neste contexto, verifica-se na legislação brasileira a lacuna do tema, uma vez que não traz consigo este conceito.

4 LEGISLAÇÃO: DESCOMISSIONAMENTO

4.1 ESTUDO DE CASO: SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA INGLATERRA

O descomissionamento de um sistema de geração é uma tarefa complexa e impõe riscos e perigos que raramente são encontrados durante o período de operação. Logo, um planejamento detalhado deve ser realizado para assegurar o gerenciamento dos riscos durante a execução das atividades (LARAIA, 2012).

Cita-se aqui um estudo de caso de descomissionamento (WICKS, D.; NIEMIEC, J.; WALLER, M., 2015), e sua regulação, que ocorreu a partir de 2013 na usina de geração *Teesside Power Station*, na Inglaterra, com capacidade instalada de 1.875 MW, ocupando uma área de 12 hectares, ao lado de um complexo industrial químico e petroquímico que ocupa 769 hectares, como mostra a figura 11. Neste estudo de caso, fica evidenciado todo planejamento para atendimento à legislação de descomissionamento desse país, que é regulado pela *Construction Desing and Management Regulations – CDM*.

Figura 11 – Vista aérea *Teesside Power Station* em 2004.



Fonte: (WICKS, D.; NIEMIEC, J.; WALLER, M., 2015).

Grande parte da CDM está focada em torno de implantação do projeto e, portanto, em termos de um projeto de descomissionamento, requer alguma interpretação. No entanto, a base e os princípios desta regulação estão muito próximos aos que se esperam de um descomissionamento completo e foi esta a regulação utilizada no estudo de caso que será descrito para o descomissionamento da *Teesside Power Station*.

O objetivo do CDM é assegurar que a gestão, planejamento e controle de saúde e segurança sejam parte integrante da gestão de todo o projeto, incluindo seu descomissionamento. Além disto, define quem é o contratante (proprietário do sistema de geração) e o *designer* principal, que deve instruir o contratante, bem como traça um perfil requerido para empresa de descomissionamento.

Desta forma, a CDM define não só quais são os requisitos que devem ser cumpridos durante a fase de pré-projeto e implantação, mas também quanto à fase de descomissionamento, focando em: capacidade, habilidade, experiência, procedimentos e performance.

Aliado a isto, se exige que o proprietário do sistema de geração assegure que o descomissionamento seja realizado por pessoas e empresas capazes de atender o que rege a regulação e/ou solicite auxílio do *designer*, que possui responsabilidade solidária.

Isto tem como finalidade a contratação de empresas experientes que atendam aos requisitos exigidos para o descomissionamento, pois o *designer* possui informações da fase de pré-construção e deve apontar informações relevantes para o adequado descomissionamento, como: detalhes do projeto; planejamento e gerenciamento; como lidar com perigos e riscos do projeto. Além disto, deve informar questões relativas ao cumprimento sobre saúde e segurança.

Todas essas informações devem fazer parte de um pacote de medidas que auxiliarão a fase de descomissionamento e comporão as medidas em conjunto com as regras da CDM. Logo, durante esta fase de planejamento conjunta, o contratante também faz o papel inicial de *designer* ao preparar um relatório técnico das necessidades percebidas para o descomissionamento à empresa que realizará estes serviços. Contudo, o *designer* principal participa ativamente deste planejamento preparando especificações detalhadas sobre as atividades de execução dos serviços.

Com o objetivo de selecionar empresas capazes de atender ao descomissionamento de acordo com os requisitos exigidos pela CDM, existem vários caminhos podem ser percorridos, como: o proprietário contratar por si só a empresa de descomissionamento; subcontratar esta

atividade por uma empresa de consultoria qualificada; contratar um pacote *turnkey* (contrato onde o contrato realiza todas as etapas dos serviços contratados sem necessidade de acompanhamento ou apoio do contratante) para os serviços.

No caso da *Teesside Decommissioning Project*, um engenheiro especialista em descomissionamento ficou engajado para apoiar a equipe da usina de geração para as seguintes tarefas:

- Desenvolver um *workscope* de demolição e contrato;
- Apoiar na pré-qualificação;
- Ajudar na análise das propostas;
- Fornecer supervisão diária do *site* para ajudar na gestão do descomissionamento e atividades de demolição do subcontratado.

A procura por um subcontratado para o descomissionamento pode abranger uma vasta lista de empresas. Porém, quando se exige que sejam atendidas as regras da CDM, o número de empresas cai drasticamente, sendo que menos do que dez empresas demonstraram estarem aptas a atenderem a proposta para o descomissionamento da *Teesside* na Inglaterra.

Como exemplo dos requisitos exigidos, antes dos serviços iniciarem a empresa necessita desenvolver um *Site Waste Management Plan* (Plano de Gerenciamento de Resíduos) que é um requisito da CDM e, no exemplo aqui focado, conseguiu recuperar mais de 99,0 % do volume dos rejeitos do descomissionamento, sendo que esta regra vale para unidades de geração acima de 300,0 milhões de libras e exigidas pela *Environmental Agency*.

Este documento detalha onde serão dispostos os diferentes tipos de materiais recuperados e rejeitos, sendo que todos devem possuir licenças para seus descartes ou reuso. Além disto, deve indicar a quantidade e os tipos de rejeito que o descomissionamento irá gerar, bem como recortar todo metal de forma que seja gerenciado para seu reaproveitamento, sendo que toda informação deve ser evidenciada a agência ambiental.

Todos os resíduos que saem do local devem ser totalmente documentados, conforme descrito acima, mesmo os resíduos que irão para aterros, para incinerador ou para deposição de resíduos perigosos.

Como parte dos requisitos da CDM, há necessidade de um gerenciamento do transporte dos resíduos e isto envolve uma estimativa de quantos veículos entrarão e sairão do *site* e todo gerenciamento das

rotas percorridas. Dependendo das rotas e movimentação, há necessidade de permissões especiais e/ou circulação regulada, como por exemplo se houver rotas urbanas. Além disto, faz parte deste gerenciamento a manutenção e limpeza das rotas utilizadas pelos veículos pesados que trafegarão por conta da movimentação de cargas e resíduos provenientes do descomissionamento.

A execução do descomissionamento de *Teesside* envolveu mais de 250 mil horas, o que requer um plano adequado de saúde e segurança dos colaboradores, que deve conter aspectos como: permissões de trabalho; liberação de serviços; manuseio de asbestos; trabalho a quente; trabalho com explosivos; trabalho em altura; trabalho em ambiente confinado; avaliação de risco associados ao descomissionamento e de acordo com as regras da CDM; perigos químicos; inspeções diárias; etc.

A remediação do terreno deve fazer parte do escopo do descomissionamento completo e, no caso de *Teesside*, a permissão da concessão para construção da usina definia quais as condições do terreno e, para suspender a permissão sem que haja custos de mantê-la ativa, as condições do terreno devem ser retomadas como anteriormente à construção da usina, sendo que para tanto análises do solo e subsolo devem ser realizadas e comprovadas a não contaminação, ou a descontaminação, após o descomissionamento.

Para este sistema de geração, o projeto de descomissionamento abrangeu, dentre outros, os seguintes equipamentos que deveriam ser descomissionados de acordo com a regulação da CDM:

- Concreto da torre de resfriamento: 25.000 toneladas;
- Estrutura da chaminé: 762 toneladas;
- Estrutura da turbina: 249 toneladas de refratário;
- Vasos de pressão: 180 toneladas;
- Estrutura de metal dos vasos de pressão: 300 toneladas;
- Gerador: 540 toneladas;
- Turbina a vapor: 405 toneladas;
- Turbina a gás: 121 toneladas;
- Tubos de cobre do condensador: 106 toneladas;
- Tubulações de fluídos: cerca de 30 quilômetros;
- Transformadores;
- Centro de controle de motores;
- Subestação.

O projeto teve como objetivo o descomissionamento completo, incluindo descontaminação, desmontagem e demolição do sistema de geração ao nível do solo e em conformidade com as condições finais, conforme exigido no contrato de rescisão da concessão/autorização quando da licença prévia e estudos de impactos ambientais do sistema de geração. Para tanto, contou com as seguintes etapas:

- Pré-descomissionamento e habilitação;
- Execução do projeto;
- Planejar o *site* de acordo com os requisitos da CDM;
- Gerenciamento de pessoas e segurança do *site*;
- Remoção de gases e refratário de fibra de cerâmica;
- Remoção das turbinas e dos transformadores;
- Retirada das peças em estoque;
- Remoção do gerador;
- Auditorias governamentais;
- Recuperação dos rejeitos;
- Entrega do site, etc.

As figuras 12, 13 e 14 ilustram etapas do descomissionamento, sendo respectivamente a demolição quase que total, a retirada da turbina e a remoção/separação de aço e cimento, evidenciando que as atividades desta natureza requerem uma regulação específica dada a complexidade e atendimento ao objetivo final, que é devolver ao ambiente sua originalidade, bem como um meio ambiente equilibrado.

Figura 12 – Descomissionamento da torre de resfriamento (2014).



Fonte: (WICKS, D.; NIEMIEC, J.; WALLER, M., 2015).

Figura 13 – Descomissionamento da turbina (2014).



Fonte: (WICKS, D.; NIEMIEC, J.; WALLER, M., 2015).

Figura 14 – Descomissionamento da estrutura da casa de máquinas (2014).



Fonte: (WICKS, D.; NIEMIEC, J.; WALLER, M., 2015).

4.2 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

A Constituição Federal Brasileira de 1998, recolhe o espírito do desenvolvimento sustentável e de reconhecimento dos direitos difusos em seus artigos 170 e 225:

“Art. 170. A ordem econômica, fundada na valorização do trabalho humano e na livre iniciativa, tem por fim assegurar a todos existência digna, conforme os ditames da justiça social, observados os seguintes princípios:

VI – defesa do meio ambiente, inclusive mediante tratamento diferenciado conforme o impacto ambiental dos produtos e serviços e de seus processos de elaboração e prestação;

Artigo 225: Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.”

Nesse sentido, a legislação brasileira atua de forma clara quanto à liberação das licenças necessárias ao empreendimento: licença prévia de instalação (LP), licença de instalação (LI) e licença de operação (LO).

Entretanto, não traz consigo questões relativas ao descomissionamento de sistemas de geração de energia elétrica e tampouco os termos que definem critérios para este descomissionamento, exceto nuclear, deixando um passivo jurídico para o futuro, além de não contemplar no CAPEX – sigla em inglês para *capital expenditure* – que significa investimentos em bens de capital – recursos para essa finalidade quando da análise prévia de investimento do empreendedor. Resta aos órgãos ambientais competentes se atentarem e emitirem condicionantes nas licenças em vigor e/ou ao Ministério Público o papel de acordar um termo de ajustamento de conduta com o empreendedor, com intuito de restabelecer as condições sociais e ambientais previamente encontradas antes da instalação da usina.

Como exemplo, a figura 15 indica as etapas de licenciamento de uma planta de geração de energia tendo como fonte primária o combustível fóssil.

Figura 15 – Etapas de licenciamento para novos sistemas de geração de energia elétrica.

TIPOS DE LICENÇA	USINAS TERMELETRICAS
Licença Prévia (LP)	<ul style="list-style-type: none"> • Requerimento de Licença Prévia (LP); • Cópia de Publicação do pedido de LP; • Portaria MME autorizando o Estudo da Viabilidade; • Alvará de pesquisa ou lavra do DNPN, quando couber; • Manifestação da Prefeitura; • RIMA (sintético e integral).
Licença de Instalação (LI)	<ul style="list-style-type: none"> • Requerimento de Licença de Instalação; • Cópia da publicação da concessão da LP; • Cópia da publicação do pedido de LI; • Relatório de Viabilidade aprovado pelo DNAEE; • Projeto Básico Ambiental.
Licença de Operação (LO)	<ul style="list-style-type: none"> • Requerimento de Licença de Operação; • Cópia da publicação de concessão da LI; • Cópia da publicação do pedido de LO; • Portaria do DNAEE de aprovação do Projeto Básico; • Portaria do MME autorizando a implantação do empreendimento.

Fonte: Brasil (1987).

A Política Nacional do Meio Ambiente, instituída pela Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e recepcionada pela Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, tem por objetivo “[...] a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no país, condições ao desenvolvimento

socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana.” (BRASIL, 1981).

O licenciamento ambiental de atividades potencialmente poluidoras é importante instrumento de consecução dos objetivos da Política Nacional do Meio Ambiente, que permite o controle, pela Administração Pública, das interferências humanas sobre o meio ambiente e a sociedade. Em consonância ao princípio do desenvolvimento sustentável, o licenciamento ambiental visa a compatibilização entre o desenvolvimento econômico-social e a preservação do meio ambiente. Nesse sentido, o artigo 17, do Decreto Federal nº 99.274, de 6 de junho de 1990, que regulamenta a Política Nacional do Meio Ambiente, dispõe:

Art. 17 A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimento de atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, bem assim os empreendimentos capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento do órgão estadual competente integrante do SISNAMA (Sistema Nacional do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis), sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis.

O licenciamento deverá ser precedido de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) sempre que a obra ou atividade possa causar significativa degradação ambiental, conforme artigo 225, §1º, inciso IV da Constituição Federal e Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 01, de 23 de janeiro de 1986 e nº 237, de 19 de dezembro 1997.

A Resolução CONAMA 01/1986 especifica, em seu artigo 2º, as atividades que dependerão, obrigatoriamente, de EIA/RIMA, por serem atividades modificadoras do meio ambiente. Entre elas estão as usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária, acima de 10 MW, a saber:

Artigo 2º Dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental - RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e do IBAMA em caráter supletivo, o licenciamento de

atividades modificadoras do meio ambiente, tais como:

XI - Usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária, acima de 10MW. (BRASIL, 1986).

O procedimento administrativo que culmina na expedição da licença ambiental pode ser dividido em cinco partes:

- i. Requerimento da licença e seu anúncio público;
- ii. Anúncio público do recebimento do EIA/RIMA e chamada pública para solicitação de audiência;
- iii. Realização ou dispensa da audiência pública;
- iv. Parecer conclusivo do órgão ambiental sobre o estudo realizado;
- v. Aprovação do estudo e início do licenciamento ambiental propriamente dito. (BRASIL, 1986).

Nessa última parte, o Decreto Federal 99.274/1990, regulamentado pela Resolução CONAMA 237/1997, estabeleceu sistema trifásico de emissão de licenças, quais sejam:

- LP: concedida na fase preliminar de planejamento do empreendimento ou atividade, aprova sua localização e concepção, atesta a viabilidade ambiental e estabelece os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas fases seguintes da implantação;
- LI: autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e as demais condicionantes;
- LO: autoriza a operação da atividade ou empreendimento depois da verificação do cumprimento das exigências das licenças anteriores com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinadas para a operação. A Licença de Operação do empreendimento deverá ser renovada no prazo legal estabelecido pelo órgão ambiental competente, podendo variar de quatro a dez anos.

A Resolução CONAMA 396/2008, dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, também impactas por sistemas de geração de energia elétrica.

Art. 13. Os órgãos competentes deverão monitorar os parâmetros necessários ao acompanhamento da condição de qualidade da água subterrânea, com base naqueles selecionados conforme o artigo 12, bem como pH, turbidez, condutividade elétrica e medição de nível de água.

A Resolução CONAMA 420/2009, dispõe sobre critérios e valores orientados de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

Artigo 4º As diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas abrangem o solo e o subsolo, com todos seus componentes sólidos, líquidos e gasosos.

Nesta resolução, há a orientação quanto gerenciamento ambiental que incluem o solo e subsolo, que são sistemas afetados diretamente pela exploração de sistemas de geração de energia elétrica e que representam potencial de impacto ambiental do subsolo (APEs).

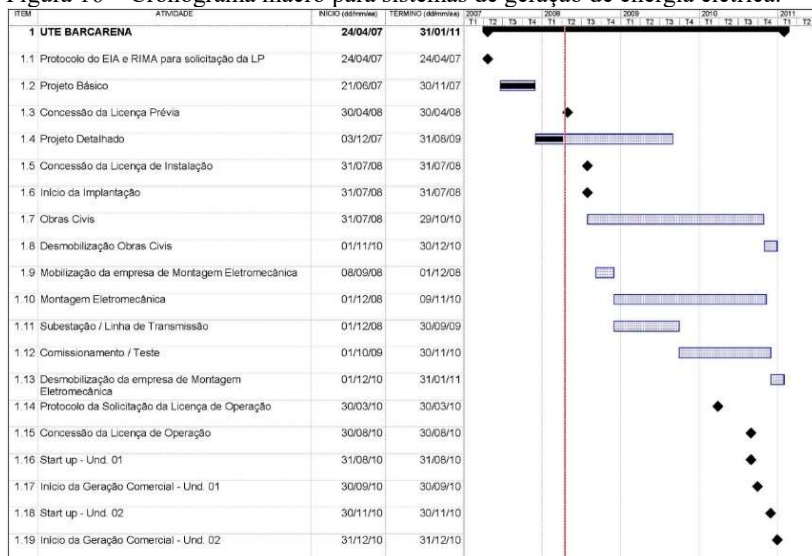
Áreas Potenciais de Enfoque (APEs) são aquelas caracterizadas por locais ou instalações, atuais ou pretéritas, que apresentam maior potencial de interferência na qualidade do solo e/ou da água subterrânea, sendo que sistemas de geração de energia elétrica possuem algumas APEs, como:

- Caixas separadoras;
- Reservatórios de óleo e produtos químicos;
- Estocagem de combustível primário (carvão mineral) e secundário (óleo diesel e *fuel oil*);
- Bacias de decantação de cinzas;
- Extravasadores hidráulicos de bacias de cinzas;
- Áreas previamente utilizadas para armazenamento de matérias-primas.

Percebe-se grande preocupação legal com várias etapas do empreendimento, mas tão e somente acerca fase de instalação e operação, sem ater-se ao descomissionamento e seu impacto socioambiental local e no entorno da usina de geração de energia elétrica, seja por parte do empreendedor ou das instituições governamentais.

A figura 16 traz um cronograma real para execução das etapas de licenciamento e construção de uma usina termelétrica que seria instalada na cidade de Barcarena, no estado do Pará.

Figura 16 – Cronograma macro para sistemas de geração de energia elétrica.



Fonte: (O autor).

Além disto, é instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente a avaliação de impacto ambiental com a finalidade de embasar as decisões do órgão licenciador referente a atividades de potencial impacto ao meio ambiente, sendo que o gênero dessa avaliação compreende diversas espécies, entre elas Estudo de Impacto Ambiental e Estudo de Impacto de Vizinhança.

O Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) está previsto no Estatuto da Cidade (Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001), que estabelece diretrizes gerais da política urbana, assuntos de interesse social que dizem respeito ao uso da propriedade em defesa dos interesses coletivos, o equilíbrio ambiental e a promoção do pleno desenvolvimento das funções sociais das cidades; sua relevância é inegável, pois

regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal de 1988, a saber:

Art. 182 A política de desenvolvimento urbano, executada pelo Poder Público municipal, conformem diretrizes gerais fixadas em lei, tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes. (BRASIL, 1988).

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB – possui inúmeros artigos e documentos que norteiam a análise de risco ambiental, documentos estes que estão disponíveis ao público no *site* desta empresa, como Procedimento para Gerenciamento de Áreas Contaminadas. Este documento tem sido utilizado por alguns agentes, como a Companhia Siderúrgica Nacional para orientação de como proceder para descomissionamento de algum ativo inoperante, como é o caso do lavador de Capivari, que teve sua operação findada há mais de quatro décadas e que passa por um processo de descomissionamento, mesmo que lento.

A Lei Federal 12.305/2010, trata de Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Art. 1º Esta Lei institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

A Resolução CONAMA 307/2002 orienta quanto ao descarte de resíduos da construção civil.

Art. 1º Estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais.

A Resolução CONAMA 348/2004 traz o tema de resíduos perigosos.

IV - Classe "D": são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde".

Já a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT indica em muitas normas às questões relacionadas à correção e prevenção de potenciais passivos ambientais, tais como:

- ABNT – NBR 9.898: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores;
- ABNT – NBR 15.515-1: Passivo ambiental em solo e água subterrânea. Parte 1: Avaliação Preliminar;
- ABNT – NBR 15.515-2: Passivo ambiental em solo e água subterrânea. Parte 2: Investigação Confirmatória;
- ABNT – NBR 15.495-1: Poços de Monitoramento de águas subterrâneas;
- ABNT – NBR 15.847: Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento – Métodos de purga;
- ABNT – NBR 16.435: Controle da qualidade na amostragem para fins de investigação aéreas contaminadas – Procedimento;
- ABNT – NBR 13.741: Dispõe sobre a destinação final dos resíduos de PCBs;
- ABNT – NBR 8.371: Ascarel para transformadores e capacitores – características e riscos;
- ABNT – NBR 10.004: Padrão brasileiro para classificação de resíduos sólidos quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública;
- ABNT – NBR 10.007: Amostragem de resíduos sólidos;
- ABNT – NBR 11.174: Armazenamento de resíduos sólidos não perigosos – classe II;
- ABNT – NBR 12.235: Armazenamento de resíduos sólidos perigosos – classe I;

- ABNT – NBR 14.973: Remoção e destinação de tanques usados.

Ora, se há definição e métodos claros para emissão das licenças prévias de instalação, licenças de instalação e licenças de operação, e percebe-se diversas resoluções, leis, normas quanto à prevenção e controle da contaminação do meio ambiente, por que não haver licenças e métodos claros para o descomissionamento desses sistemas de geração, evitando ações judiciais e/ou esforços isolados de órgãos ambientais no tocante ao tema descomissionamento?

O plano de descomissionamento deve trazer como foco: a descontaminação, descomissionamento, transferência, venda e/ou sucateamento de equipamentos. Abordar procedimentos a serem adotados para gerenciamento dos materiais de construção controlados, estruturas impactadas, lâmpadas, rejeitos eletroeletrônicos, materiais impregnados em equipamentos, pisos e paredes, áreas com matéria-prima estocada, óleos contidos em reservatórios e adjuntos de processo, utilidades subterrâneas, bem como os resíduos em geral existentes na área e aqueles que poderão ser gerados durante a desmobilização física da unidade.

Ademais, deve incluir procedimentos e ações necessárias para o gerenciamento de potenciais passivos ambientais existentes no solo, subsolo e na água subterrânea do *site*.

O dono do empreendimento a ser descomissionados deve orientar as partes interessadas a respeito dos procedimentos e especificações para a condução do descomissionamento e viabilização da área de interesse para o uso futuro pretendido. Além disto, precisa determinar as medidas de controle que garantam a segurança e a proteção da saúde do pessoal envolvido na execução das atividades de encerramento e da vizinhança no entorno.

O capítulo 4 traz um estudo de caso ocorrido na Inglaterra com o intuito de demonstrar as etapas mínimas necessárias para se restabelecer ao ambiente seu estado original, bem como ilustrar, através de figuras e alguns números, a quantidade de resíduo gerado por um único sistema de geração. Em contrapartida, tenta confrontar esta necessidade com a lacuna da legislação brasileira que trata das licenças de um sistema de geração, que esquece de abordar esta prática buscando um meio ambiente equilibrado, para o uso comum do povo e sua qualidade de vida, afim de preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Logo, o capítulo 5 trará os impactos à região sul de SC quando do descomissionamento de um sistema de geração desta região.

5 ESTUDO DE CASO: COMPLEXO TERMELÉTRICO JORGE LACERDA

5.1 O COMPLEXO TERMELÉTRICO JORGE LACERDA

A história do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda – CTJL – iniciou-se na década de 40, pós-guerra, com a instalação do lavador de carvão mineral, conforme visto na foto 16, pela Companhia Siderúrgica Nacional – CSN – em Capivari de Baixo, SC, por conta da dificuldade de importação de carvão metalúrgico da Europa.

Figura 17 – Lavador de carvão da CSN.



Fonte: (Autor Desconhecido).

O carvão mineral é uma das formas pela qual o elemento carbono ocorre na natureza, a partir do soterramento continuado de vegetais, e designa diferentes etapas de evolução geológica relacionada com o tempo que a matéria vegetal fica submetida a pressão e temperatura em profundidade e, conseqüentemente, variando seu grau carbonificação e teor de oxigênio. Os tipos de carvão, conforme percentual de elementos químicos, como carbono, poder calorífico e hidrogênio, são classificados em: turfa, linhito, sub-betuminoso, betuminoso e antracito (RAVAZOLI, 2012).

Em SC o carvão é o betuminoso, ou hulha, e se apresenta em dois tipos: metalúrgico e energético, sendo a bacia carbonífera sul catarinense

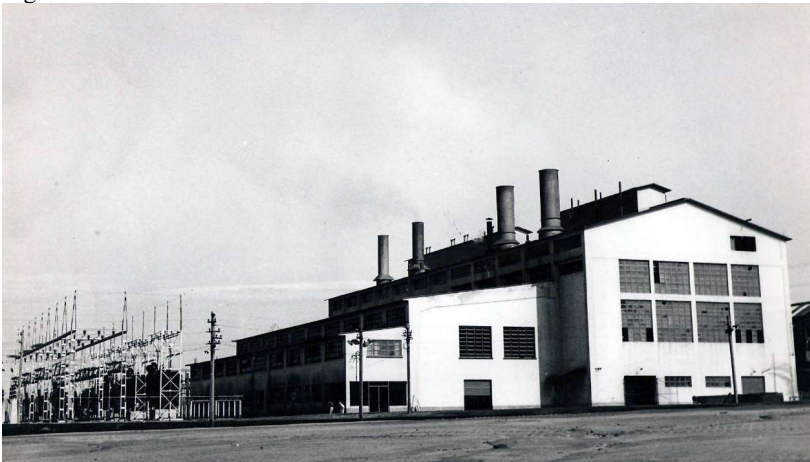
a mais importante do Estado, situando-se numa faixa de aproximadamente 100 km entre Araranguá e Lauro Muller (RAVAZOLI, 2012). O carvão ROM começou a ser extraído da região do sul do Estado de SC com poder calorífico de 5.500 kcal/kg, onde, após beneficiado pelo lavador da CSN, era separado em:

- carvão metalúrgico: com poder calorífico superior de 7.500 kcal/kg, era transportado a Volta Redonda para utilização na siderurgia;
- carvão energético: com poder calorífico de cerca de 4.500 kcal/kg, que viria a ser utilizado para geração de energia elétrica.

O carvão energético, tido como rejeito do carvão metalúrgico, era obtido no processo de lavagem (YUAN, 2009) do carvão por flotores, através de diferença de densidade. Com isto, criou-se uma preocupação ambiental para uma destinação adequada a este rejeito, uma vez que pilhas eram depositadas a céu aberto no entorno do lavador.

Logo, a utilização do carvão (HERNICZEK, 1983) energético na primeira unidade de geração de energia elétrica, com capacidade de 0,5 MW em 1945, faz nascer a Usina Termelétrica de Capivari – UTECA – e mitiga um passível ambiental, inaugurando o ciclo termelétrico em Capivari de Baixo, onde hoje em dia está em operação o CTJL.

Figura 18 – UTECA.

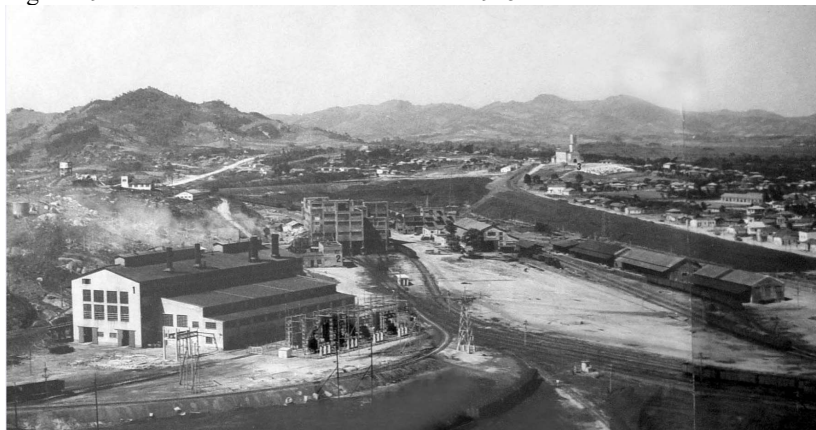


Fonte: (Autor Desconhecido).

No entanto, com potência de somente 0,5 MW deste primeiro sistema de geração, a parcela de carvão energético beneficiado era superior ao consumo desta unidade em operação. Desta forma, entre 1946 e 1956, outras quatro unidades de geração de energia elétrica foram inauguradas em Capivari de Baixo, com potências de 4,0 MW, 5,0 MW, 5,0 MW e 12,0 MW, totalizando 26,5 MW de capacidade instalada.

As figuras 17 e 18 trazem, respectivamente, as imagens da UTECA e do lavador de carvão. Já a figura 19 traz, no canto inferior esquerdo, uma imagem da UTECA e, mais ao fundo, o lavador de carvão da CSN, sendo todas estas figuras mostram os empreendimentos durante a fase de operação.

Figura 19 – UTECA e Lavador de carvão em 1945.



Fonte: (Autor Desconhecido).

Em 1949 foi assinado pelo governo catarinense um contrato para a construção de uma linha de transmissão entre Capivari de Baixo e Florianópolis, sendo que em 10 de janeiro de 1950, na cidade de Paulo Lopes, o primeiro poste dessa nova rede elétrica foi erguido. No dia 24 de dezembro deste mesmo ano, chegava à Florianópolis, Biguaçu, São José e Palhoça a rede básica de energia elétrica (GUIMARÃES, 2006).

Unidos em torno de um objetivo único, em 1956 o governador de Santa Catarina, Jorge Lacerda, deputados e senadores catarinenses, mineradores e autoridades da região carbonífera defenderam junto ao governo federal, Juscelino Kubitschek, a implantação de mais unidades geradoras termelétricas, tendo como fonte primária de combustível o carvão mineral, no estado, com a expectativa de que Juscelino não

ignorasse por completo as propostas de Getúlio quanto ao Plano Nacional de Eletrificação.

A Lei 3.119, aprovada no dia 31 de março de 1957 pelo Congresso Nacional, autorizava a União a construir a Sociedade Termelétrica de Capivari – SOTELCA – com duas unidades de 50 MW de potência cada, juntamente com: o governo catarinense, CSN e mineradores, ampliando a capacidade do *site* em Capivari de Baixo. A obra estava orçada em US\$ 11,6 milhões e duraria 40 meses (GUIMARÃES, 2006).

Porém, a montagem da primeira unidade geradora iniciou somente em novembro de 1962 e em julho de 1965 o presidente Castello Branco inaugura a primeira grande unidade geradora térmica a carvão de Santa Catarina e a maior da América Latina. Em março de 1966 a segunda unidade entrou em operação, adicionando 100 MW de potência instalada no sul de SC, que respondia por 28,0 % da energia elétrica gerada em Santa Catarina (GUIMARÃES, 2006).

Em 1971, a Eletrobrás, por meio de sua subsidiária, Eletrosul, criada em 1968, incorporou a SOTELCA, o que abriu as portas para a criação do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda, mas que oficialmente obteve este nome somente em 1979.

Em 1973 e 1974, foram inauguradas outras duas unidades de geração de energia elétrica com potência unitária de 66 MW, totalizando 262 MW de potência instalada no Complexo Termelétrico Jorge Lacerda.

Nos anos de 1979 e 1980 outras duas unidades geradoras, com capacidade instalada unitária de 131 MW, foram inauguradas, atingindo 494 MW.

Em 1982 a UTECA, que estava em operação deste meados da década de 40, foi completamente desativada e, no fim dos anos 80, sob o presidente da República, Fernando Collor, houve a desregulamentação da siderurgia, com o fim da obrigatoriedade de utilizar-se o carvão metalúrgico nacional, o que levou ao fechamento da CSN, tornando as usinas do CTJL a única fonte de fomento da mineração do carvão da região sul de SC.

Em fevereiro de 1997, a última unidade de geração foi inaugurada, incorporando 363 MW e totalizando 857 MW de potência instalada do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda, com sete unidades geradoras.

Em dezembro deste mesmo ano, no governo do presidente Fernando Henrique Cardoso, o Complexo viria a ser privatizado, com autorização de operação até 2028 de acordo com a Resolução nº 304 da ANEEL de 25 de setembro de 1998. Para tanto, houve a cisão da empresa estatal, Eletrosul, em duas empresas: uma de geração – Centrais Geradoras do Sul do Brasil S/A – Gerasul, e outra de transmissão de

energia elétrica, mantendo o nome de Centrais Elétricas do Sul do Brasil – Eletrosul.

A privatização seguia o plano criado em 1992 pelo governo Fernando Collor de Melo – Plano Nacional de Desestatização – e reforçado no governo do presidente Itamar Franco.

A partir desta agenda de privatizações, seguia-se com a desverticalização do setor elétrico, que incluía, dentre outras ações do governo federal, o fim gradual da Conta de Consumo de Combustíveis – CCC – até o ano de 2001 e, conseqüentemente, o fim do subsídio do carvão mineral para o Complexo. Porém, a lei federal 10.438 de 26 de abril de 2002 restabeleceu esta condição a partir da criação da Conta de Desenvolvimento Energético – CDE – com prazo de 25 anos que, além de subsidiar o carvão mineral nacional, pactua com o plano de socialização da energia contribuindo para tarifas sociais para pessoas de baixa renda, programa luz para todos, bombeamento rural, utilização do gás natural e óleo para fins de geração, incluindo sistemas isolados, descontos tarifários, etc.

Abaixo, uma visão global do que envolve nos dias de hoje o CTJL:

- Local de instalação:
 - Cidade: Capivari de Baixo;
 - Estado: Santa Catarina;
 - País: Brasil;
 - Área: 192 hectares;
- Capacidade Instalada: 857 MW;
- Média de despacho entre 1998 e 2015: 557 MW médios;
- Média de consumo de carvão: 3,0 milhões t/ano;
- Garantia de reembolso do carvão mineral nacional estabelecido pela lei federal 10.438/2002 até fim de 2027;
- Cerca de 6.800 empregos diretos na cadeia produtiva, sendo:
 - 364 empregados próprios das usinas;
 - 640 terceirizados com postos dentro do site das usinas;
 - 3.400 trabalhadores na cadeia de suprimento do carvão mineral;
 - 1.500 trabalhadores na cadeia de cinzas a partir da queima do carvão mineral;

- 896 trabalhadores, em média, temporários para revisões – manutenções de grande porte – e modernizações das unidades geradoras;
- Aproximadamente 21.000 mil empregos indiretos;
- Projetos sociais locais patrocinado pelas usinas: cerca de R\$ 42,0 milhões na última década, sendo cerca de 60,0 % por meio de incentivos fiscais;
- *Operational expediture* anual – Opex (custos fixos e variáveis, incluindo combustíveis): R\$ 1,0 bilhão de reais;
- Impostos e taxas anuais gerados: R\$ 340,0 milhões;
- Outros: R\$ 70,0 milhões de reais ao ano;
- *Capital expediture* médio – Capex (investimentos): R\$ 100,0 milhões ao ano;
- As unidades geradoras do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda estão indicadas na tabela 10:

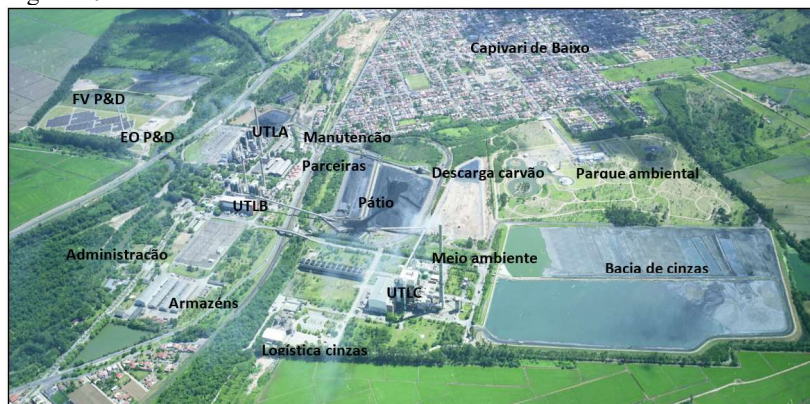
Tabela 10 – Unidades geradoras do CTJL.

	Capacidade instalada – MW	Início de operação	Horas operação atuais
UTLA1	2x50	1965 / 66	284.000 / 290.000
UTLA2	2x66	1973 / 74	274.000 / 266.000
UTLB	2x131	1979 / 80	232.000 / 234.000
UTLC	1x363	1996	137.000
CTJL	857		

Fonte: O autor.

- Vista área do CTJL na figura 20:

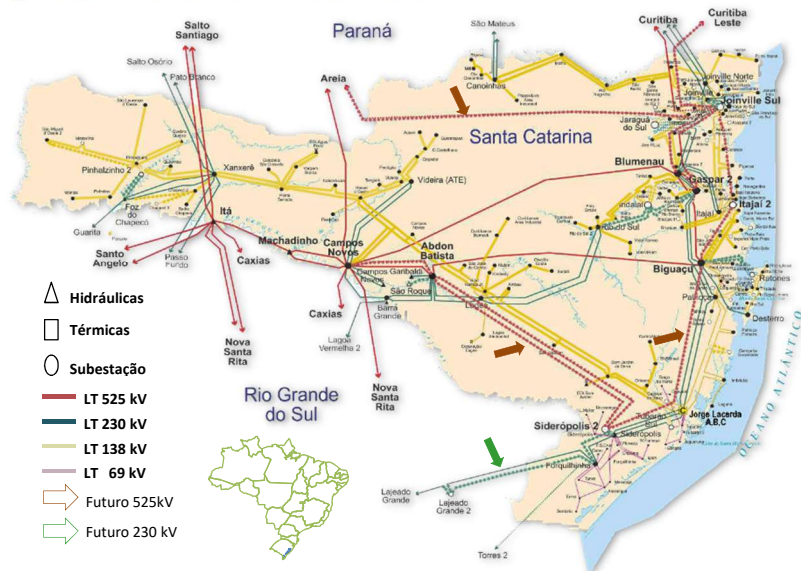
Figura 20 – Vista aérea do CTJL.



Fonte: O autor, 2017.

Neste sentido, o CTJL tem contribuído há mais de meio século com o desenvolvimento social e cultural da região sul de SC, bem como tido um papel principal na segurança, não só energética, em momentos de escassez hídrica, como entre os anos de 1999 – 2002, 2011 – 2015 e como ocorre neste ano de 2018, como também tem papel fundamental na segurança elétrica de boa parte do Estado de SC, principalmente leste, sul do Paraná e norte do Rio Grande do Sul, conforme figura 21.

Figura 21 – Conexão do CTJL com o SIN.



Fonte: ONS, 2017.

Isto deve-se, pois, a principal fonte de sistemas de geração de energia elétrica nacional é proveniente de fontes hidráulicas, o que afeta a geração de energia elétrica em períodos secos, bem como o fato de usinas hidrelétricas estarem localizadas longe de grandes centros urbanos, sendo a proximidade com estes centros – grandes consumidores de energia elétrica – outra vantagem do complexo termelétrico.

No entanto, mesmo com toda importância social, energética, e elétrica do CTJL, seja por algumas das razões verificadas no subtítulo “3.2.2 Planejamento: sistemas de geração de energia elétrica”, haverá necessidade de descomissionamento (WICKS; NIEMIEC, 2015) deste sistema de geração de energia elétrica, bem como de sistemas de geração de outras fontes (hidráulicas, eólicas, solares, etc.), ou seja, a

desconstrução de toda infraestrutura instalada com objetivo de se retomar as condições ambientais (paisagem, vegetação, geografia, etc.) originais dessa área, que possui cerca de 192 hectares, devolvendo à sociedade e ao meio ambiente toda área industrial utilizada durante mais de meio século para a atividade de geração de energia elétrica, tornando a relação pública privada uma fonte sustentável.

5.2 LIMITAÇÕES DESTE TRABALHO

Este trabalho tem suas limitações, pois o estudo de caso do CTJL quanto aos impactos socioambientais está voltado para a região sul de Santa Catarina, uma vez que toda cadeia produtiva do complexo está localizada nesta região. Logo, existem fatores condicionantes específicos para esse estudo de caso. Como exemplo, o autor deste trabalho cita dois grandes *players* desta cadeia:

- Mineradoras de carvão: possuem contratos firmados para fornecimento deste combustível, de acordo com a lei federal 10.438/2002, sendo que cerca de 98,0 % da produção das minas são destinadas atualmente ao CTJL. Por outro lado, em razão das características físico-químicas que se devem garantir neste fornecimento com objetivo de atender à especificação técnica necessária para a queima desse combustível nas unidades geradoras do complexo, acaba que somente cerca de 30,0 % do que é lavrado – ROM –tem como destino o CTJL, sendo que o restante torna-se rejeito e retorna para a cava da mina e/ou é depositado em áreas ambientalmente licenciadas para tal finalidade.
- Ferrovia Tereza Cristina: possui contrato de concessão até 2028 com o governo federal, bem como contratos firmados com as mineradoras para o transporte do carvão mineral a partir das caixas de embarque das minas, predominantemente na região de Siderópolis, até o complexo, em Capivari de Baixo, ambos no Estado de SC, sendo estes contratos responsáveis por mais de 95,0 % da receita desta ferrovia na região sul do país.

No entanto, o presente estudo de caso, mesmo que limitado, corrobora de forma objetiva com os cenários estudados e trará uma contribuição valiosa, pois será alvo de análise prática dos impactos socioambientais que ocorrerão em razão do descomissionamento deste sistema de geração.

5.3 DESCOMISSIONAMENTO DO CTJL

Conforme verificado em capítulos anteriores, o mundo rumo a uma nova transição energética e tenta encontrar alternativas para geração de energia elétrica, buscando fontes mais sustentáveis (renováveis), o que está submetendo ao descomissionamento de muitos sistemas de geração de energia elétrica de fontes fósseis, como o carvão mineral.

O CTJL se insere neste contexto e será descomissionado por alguns dos fatores verificados no subtítulo 3.2.2 e, mesmo que não em definitivo, mas no mínimo em busca de novas tecnologias que venham substituir os sistemas atuais. Portanto, deixará seu legado de uma história com mais de 60 anos, bem como contribuirá com a transição energética em curso.

Quanto a operação não econômica, o CTJL é beneficiário, assim como outros sistemas termelétricos para geração de energia elétrica no Brasil, da lei federal 10.438 de 26 de abril de 2002, que criou a CDE e subsidia os combustíveis primário (carvão) e secundário (diesel / *fuel oil*), cuja parcela no custo variável líquido para geração da energia elétrica (R\$/MWh) do CTJL ultrapassa 80,0 %.

No entanto, esta lei federal tem prazo estipulado de 25 anos a partir de sua promulgação, e o término deste subsídio dificultará a continuidade operacional deste empreendimento, uma vez que haverá um incremento substancial no custo de geração de energia elétrica ao agente gerador. Portanto, o mesmo encontrará dificuldades para manter a competitividade financeira frente aos demais sistemas de geração que possuem um custo de operação (Opex) bem menor, como as renováveis hidrelétricas e eólicas.

Cabe ressaltar que, muitas vezes, subsídios para fontes renováveis, ao contrário das termelétricas, se dão em forma de incentivos fiscais, tributários, encargos setoriais e/ou financeiros, como, por exemplo, alavancando o investimento (Capex) do empreendimento (instalação), uma vez que empreendedores, sejam públicos ou privados, se beneficiam com juros subsidiados de bancos, na sua grande maioria públicos – como o BNDES – para a implantação desses empreendimentos renováveis, e/ou na compra de energia reserva renovável, por exemplo, através de leilões

capitaneados pelo governo federal, cujo preço pago por esta energia elétrica muitas vezes ultrapassa 250,0 % o valor de mercado.

Como a comparação entre as diferentes ofertas nos leilões é realizada apenas pelo preço da energia (no caso dos contratos por quantidade) ou pela expectativa do custo da energia para o consumidor (no caso dos contratos por disponibilidade), as externalidades referentes a todos os serviços – ou atributos – que cada fonte de geração pode prestar a um sistema de potência não são valoradas explicitamente.

Assim, o preço final dos leilões de energia não reflete todos os custos e benefícios de cada fonte para o setor elétrico e para a sociedade.

Esse fato tornou-se mais evidente com a profunda mudança no “mix” da matriz de geração desde a implementação dos primeiros leilões de energia, com destaque para a geração termelétrica a gás natural e a entrada maciça de geração eólica. Com isto, as hidrelétricas atingiram seu máximo limite na provisão de determinados serviços, considerando a configuração de geração e transmissão atual, que passaram a ser supridos por outros recursos. Um exemplo atual desse esgotamento sistêmico é o uso atual de termelétricas para compensar a variabilidade da geração eólica na região Nordeste. O resultado foi uma perda de eficiência na operação energética do sistema, com custos de combustíveis fósseis muito elevados e um aumento igualmente significativo nas emissões de CO₂ (INTITUO ESCOLHAS, 2018).

No que tange obsolescência das unidades de geração do CTJL, por conta das horas de operação das unidades geradoras, que atualmente varia entre cento e setenta e trezentos mil horas e que, em 2027, a unidade mais nova, unidade 7, deve estar com duzentos e cinquenta mil horas de operação (número de horas de operação indicado pelos fabricantes para nova avaliação técnica das condições de continuidade operacional), é natural que em algum momento as unidades cheguem ao fim de vida útil, pois, mesmo tendo passado por investimentos e revitalizações ao longo de suas horas de operação, principalmente após a privatização, existem limites técnicos quanto a continuidade de operação.

Soma-se a esses fatos a questão regulatória, pois, por exemplo, o Brasil é signatário da Convenção de Minamata, sendo que o Projeto de Decreto Legislativo nº 114 (nº 696/2017, na Câmara dos Deputados), de 2017, aprovou o texto desta convenção e traz consigo uma série de exigências ambientais com relação às emissões atmosféricas.

Parte deste decreto torna obrigatória a necessidade de que nos próximos anos deva ser elaborado um inventário da situação das emissões atmosféricas dos gases provenientes de combustão do país e, de acordo

com as melhores tecnologias disponíveis, equipamentos que melhorem a qualidade das emissões atmosféricas deverão ser implementados.

No entanto, os valores máximos e/ou mínimos das emissões atmosféricas estão em discussão e ainda devem ser estabelecidos em parceria com os agentes envolvidos.

Sendo assim, investimentos (Capex) de grande monta podem ser necessários em sistemas de geração em operação e que tem como fonte combustíveis fósseis, além de poder incrementar o custo de operação (Opex) do empreendimento, seja por aumento no consumo interno de energia elétrica e/ou algum produto, como calcário, que até então não era utilizado no processo.

Alia-se a esses fatores, a questão da regulação governamental, que, por exemplo, proporcionou o fim de operação nesses últimos cinco anos dos sistemas de geração termelétricos de Alegrete (RS), Charqueadas (RS) e Presidente Médici A e B (RS).

Embora o CTJL tenha significativa importância na segurança energética e elétrica no sul e leste de SC, em abril de 2017 foram concedidas à Aliança Consortium (EDP, com 90,0 % da participação, e Celesc, com outros 10,0 %), através de leilões públicos, seis novas linhas de transmissão (230,0 kV e 525,0 kV) em SC, que inclui a região sul, e devem entrar em operação até 2022, bem como uma subestação, em Biguaçu, SC, à Elektro, o que deve minimizar a necessidade do CTJL para segurança elétrica.

De uma forma ou de outra, o descomissionamento deveria ser encarado como parte integrante do empreendimento, uma vez que haverá necessidade de alocação de custos para essa etapa, como desmontagem eletromecânica e civil, separação e descartes ambientais adequados dos resíduos, recuperações e tratamentos ambientais, custos trabalhistas, etc.

Segundo a experiência do autor desta dissertação, o custo de descomissionamento de uma térmica a carvão pode chegar a R\$ 300,0 mil para cada MW instalado. Por outro lado, nessa mesma etapa podem ser alavancas receitas com vendas de sucatas, equipamentos, terreno, etc.

5.4 IMPACTOS SOCIAIS

O autor desta dissertação pesquisou, mas, não encontrou, revisões bibliográficas da literatura que suportassem a presente dissertação no tocante ao descomissionamento de sistemas de geração e seus impactos socioambientais, exceto pesquisas documentais conseguidas pelo autor desta dissertação, provenientes de casos ocorridos no meio profissional deste universo, onde, nesta dissertação está apresentado no subtítulo 3.3.

5.4.1 Criação de valor na cadeia produtiva de Jorge Lacerda

Sem dúvida alguma, a criação de valor desta cadeia produtiva é de extrema importância para a região sul de SC, uma vez que R\$ 1,0 bilhão (O Autor, 2018) são injetados diretamente a cada ano na economia da região, com cerca de 100 (cem) contratos para prestação de serviços, sendo 70,0 % empresas locais e as demais de outras partes de SC. Somase a este montante, a geração indireta de aproximadamente R\$ 300,0 milhões (O Autor, 2018) de impostos e taxas governamentais que retornam de alguma forma à sociedade, como: Contribuição Social sobre Lucro Líquido (CSLL); Imposto sobre Serviços (ISS); Imposto de Renda Empresarial (IR); Pis/Cofins; Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS); Previdência Social (INSS); Imposto de Renda Pessoa Física (IR); etc., além de investimentos (Capex) na ordem de R\$ 100,0 milhões (O Autor, 2018) anuais para revitalizações e modernizações do parque gerador. Poderíamos também considerar que toda energia gerada é comercializada com distribuidoras ou comercializadoras, que, ao comercializar esta energia com seu usuário final, por exemplo, para o consumidor residencial, gerará outros tantos milhões em imposto sobre circulação de mercadorias e prestação de serviços (ICMS).

Importa salientar que a exploração do carvão mineral no sul de SC, abrange diversas comunidades e municípios que vivem integralmente dos serviços desta atividade, bem como serviços terceiros associados à esta cadeia produtiva, fazendo parte da economia secundária gerada, como: mercados alimentícios, lojas de produtos secundários, salões de beleza, serviços de manutenção residencial, hotéis, padarias, supermercados, construção civil, etc., que fazem circular a econômica local de qualquer município, sendo que da cadeia produtiva direta temos:

- Minas de exploração do carvão;
- Explosivos;
- Transporte ferroviário e rodoviário;
- Manuseio de carvão;
- Operação, manutenção, utilidades, administrativo, engenharia das usinas;
- Prestadores de serviço:
 - Manutenção: oficina, caldeiraria, inspeções, sistema de ar e gases, sistema de queima, turbina, válvulas, gerador, bombas, ventiladores, isolamento térmico, motores, elétrica, I&C, civil;

- Manuseio das cinzas;
- Transporte de cinzas;
- Cimenteiras;
- Vigilância;
- Serviços gerais;
- Andaimos;
- Tratamento d'água;
- Transporte pessoas;
- Alimentação (restaurante);
- Condicionamento de ar;
- Alimentação;
- Informática;
- Filmagem e fotografias;
- Batimetria;
- Análise físico-química de água;
- Análise das emissões atmosféricas;
- Manutenção do canal de adução;
- Topografia do pátio de carvão;
- Análises químicas (carvão; ar e água);
- Saúde do trabalho;
- Segurança no trabalho;
- Equipe emergência;
- Abastecimento de combustível;
- SESI;
- FIESC;
- SENAI;
- Iluminação;
- Controle de pragas;
- Gerenciamento de resíduos;
- Destinação de resíduos;
- Amostragem de emissão de material particulado;
- Serviços clínicos e hospitalares (planos de saúde privado).

Utilizando dois exemplos de grandes empregadores e geradores de riqueza da cadeia produtiva, a mineração e a ferrovia, um eventual descomissionamento deste complexo afetaria tanto um quanto outro de tal forma que as empresas não sobreviveriam. Isto ocorre, pois, a lei federal 10.438 de 2002, que subsidia o carvão através da CDE, exige que este benefício se dê somente para compra do carvão mineral nacional, o que faz com que o complexo utilize exclusivamente deste combustível da

região sul de SC, assim como a ferrovia sobreviva pelo transporte deste produto.

Além disto, conforme verificado no subitem 5.2, tanto a mineração quanto a ferrovia sobrevivem quase que exclusivamente por conta da geração de energia elétrica a partir do CTJL.

Nos municípios como Tubarão e Capivari de Baixo, onde residem 99,0 % dos funcionários atuais do Complexo Jorge Lacerda, os recursos salariais fomentam a economia secundária existente. Empreendimentos comerciais são estabelecidos para proverem as necessidades das comunidades e suas famílias. Escolas, cursos técnicos, universidades refletem a distribuição cultural em uso pelas famílias dos empregados próprios e terceiros relacionados aos serviços de insumos, mão de obra especializada, dentre outros.

Se estimamos que as famílias são, em média, compostas de 4 membros, haveria a perda de cerca de 28 mil postos de trabalho diretos e indiretos, impactando em aproximadamente 110 mil pessoas. Estes valores compreendem mais de 60,0 % do contingente populacional dos municípios a serem atingidos. Como resultados, teremos uma estagnação da economia local e regional destas cidades do sul de Santa Catarina.

Logo, é de suma importância que haja políticas públicas que abordem este tema visando minimizar o impacto social que o descomissionamento do CTJL trará com o fim de operação dessas unidades geradoras de energia elétrica, pois, se por um lado ocorre uma transição energética para fontes sustentáveis, por outro causará um enorme impacto social pela geração de desemprego e perda de renda na região sul de SC.

5.4.2 Impactos em Capivari de Baixo – SC

Tomaremos como exemplo do impacto social na cadeia produtiva do CTJL, que pode ser visto às margens da rodovia BR-101, o município de Capivari de Baixo, uma vez que é a sede do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda, sendo o maior complexo na carvão a América Latina de uma única empresa proprietária, dando a Capivari de Baixo o título de capital termelétrica da América Latina.

Com tecnologias italiana, alemã e tcheca, o CTJL também contribui com outros ramos das atividades industriais, como o desenvolvimento da região carbonífera de SC e o incremento da estrada de ferro Tereza Cristina.

Capivari de Baixo, juntamente com as cidades de Tubarão, Treviso e Lauro Muller, serão os municípios mais afetados pela aposentadoria e descomissionamento desse complexo.

Dados de 2013 do SEBRAE/SC, identifica a evolução dos indicadores sociais, permitindo avaliar a representatividade, os avanços e o perfil do município.

A população de Capivari de Baixo apresentou um aumento de 29,2 % desde o ano 2000 de acordo com as estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Em 2016, a população da cidade era composta de 23.982 habitantes. Relativamente à faixa etária da população, compete mencionar a questão da população economicamente ativa (PEA), que se caracteriza por abranger todos os indivíduos de um lugar que, em tese, estariam aptos ao trabalho. A estrutura etária no município permite afirmar que cerca de 80,0 % da população é ativa no mercado de trabalho, sendo que os jovens representam 32,6 % da população, os adultos 58,0 % e os idosos 9,3 %.

A média do Índice da Educação Básica (IDEB) alcançada pelo município de Capivari de Baixo foi de 4,7 para os anos iniciais do ensino fundamental e 3,4 para os anos finais, tendo como modalidades de ensino:

- Creche;
- Pré-escola;
- Ensino Fundamental;
- Ensino Médio;
- Educação Profissional (Nível Técnico);
- Educação Especial;
- Educação de Jovens e Adultos;
- Superior.

Em 2000 o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) de Capivari de Baixo alcançou 0,812, colocando o município na 80ª posição estadual neste indicador – (Fonte: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil). Considerando o período de 1991 a 2000, o IDH-M do município acumulou uma evolução de 10,5 %. O maior avanço foi determinado pela dimensão educação, que no mesmo período evoluiu 10,8 %.

No âmbito de relacionamento com a sociedade, em especial Capivari de Baixo, há uma relação direta do complexo através de apoio a projetos sociais que visam a melhoria de qualidade de vida da população com patrocínios e incentivos, como: Parque ambiental Encantos do Sul –

com cerca de 220 mil visitantes ao ano – Centro de Cultura e Sustentabilidade; ASES: associação empregados; Proteção de nascentes da bacia hidrográfica do rio Tubarão e complexo lagunar; Integração com as comunidades: sindicatos, jornais, rádio, TV, lideranças sociais, ONG's, Curso técnico (SENAI), Corpo de bombeiros, Exército Nacional de Tubarão; Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) com: Unisul (Universidade do Sul do Estado de SC), UFSC (Universidade Federal de SC), UNESC (Universidade Estadual de SC), FUCAP (Faculdade Capivari); Oportunidade de estágios e programa de menor aprendiz; Programa de visitas: escolas, comunidade, autoridades, universidades e auxílio para melhorias em hospitais.

Esses dados estão diretamente relacionados com a atuação de projetos sociais e vínculo econômico com as atividades de Jorge Lacerda, ponto focal econômico de geração de renda da região.

5.4.2.1 Produto interno bruto.

Segundo dados do IBGE e da Secretaria de Estado do Planejamento de Santa Catarina, em 2017 o PIB catarinense atingiu o montante de R\$ 249,0 bilhões, assegurando ao Estado a 6ª posição relativa no *ranking* nacional. No mesmo ano, Capivari de Baixo aparece na 101ª posição do ranking estadual, respondendo por 0,14 % da composição do PIB catarinense.

Na avaliação dos setores produtivos de Capivari de Baixo a agropecuária contribuiu com 2,3 %, a indústria com 27,0 % e os serviços com 70,7 % do PIB municipal.

Esses dados corroboram a importância econômica do CTJL no município, considerando a economia secundária de serviços e indústria.

5.4.3 Valor Adicionado – VA

Aliado ao desemprego, o Valor Adicionado 2013/2015, que é uma noção que permite medir o valor criado por um agente econômico (VA= Lucro Operacional após o Imposto de Renda - (Capital Investido x Custo de Oportunidade)), criado pela cadeia produtiva do CTJL deixará de existir, impactando fortemente em alguns municípios, como indica a tabela 11, pois haverá perda de receita e empregos, atingindo, além dos governos dessas cidades, toda cadeia secundária do município, conforme pode ser visto na tabela abaixo.

Tabela 11 – Valor Adicionado.

Cidades	VA – 10 ⁶ xRS	VA – 10 ⁶ xRS: mineração + energia elétrica (geração, transmissão, distribuição)	% de participação da mineração e energia elétrica no VA municipal
Capivari de Baixo	717,3	542,7	75,6
Treviso	272,8	258,5	95,0
Forquilha	593,9	246,6	41,5
Siderópolis	245,8	82,5	33,6
Lauro Muller	237,3	171,2	72,1
Içara	886,8	161,8	18,2
Urussanga	551,9	94,1	17,1
Criciúma	3.043,6	184,8	6,1

Fonte: Secretária da Fazenda de SC.

Logo, verifica-se que a aposentadoria e descomissionamento do CTJL impactará severamente na sociedade de Capivari de Baixo, que possui cerca de 75,0 % de seu valor adicionado nas atividades de energia elétrica.

5.4.4 Oportunidade de emprego na região

A região sul de SC não oferece uma oferta abundante de empregos, colocando em risco aproximadamente 28.000 (vinte e oito mil) empregos com o fim da cadeia de produção do CTJL. Desta forma, o trabalho também busca alertar de que haja planejamento adequado quanto a transição e descomissionamento desses sistemas de geração de energia, com intuito de haja políticas capazes de minimizar o impacto numa transição desta envergadura. A geração de emprego direto da cadeia produtiva está demonstrada na tabela 12, sendo:

Tabela 12 – Empregos diretos gerados na cadeia produtiva do CTJL.

Empregos diretos	Números
Permanente:	
Operação; Utilidades; Administração; Manutenção	364
Terceirizados	640
Mineradores	3.400
Manuseio cinzas, motoristas caminhões, indústrias cimenteiras	1.500
Subtotal	5.904
Temporários (média anual):	
Manutenção em revisões de unidade	700
Projetos de confiabilidade	200
Subtotal	900
Total (permanente + temporário)	6.804

Fonte: O autor.

Segundo o BNDES, para cada emprego direto gera-se outros três indiretos, totalizando cerca de 21.000 (vinte e um mil) empregos indiretos ou aproximadamente 28.000 (vinte e oito mil) empregos provenientes dessa cadeia produtiva.

Logo, o fim do ciclo de geração de energia elétrica neste complexo trará consigo desemprego e perda de renda para uma região com baixas oportunidades de emprego.

5.5 IMPACTOS AMBIENTAIS

5.5.1 Geração de energia elétrica a partir do CTJL

A discussão sobre a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas se torna cada vez mais importante no cenário mundial. Nesse sentido, um importante passo foi dado no acordo firmado durante a COP-21 (21ª Conferência das Nações Unidas sobre mudanças climáticas realizada em dez/2015 em Paris). Entre os avanços obtidos, ficou clara a relevância da busca por uma solução a nível global através da definição de metas claras de mitigação e a consideração de questões relacionadas à produtividade e competitividade dos países. Serão necessários esforços significativos por parte dos 195 países signatários no sentido de estabelecer os mecanismos adequados e gerar os incentivos necessários para o atingimento das metas estabelecidas. Um desses esforços, por exemplo, seria a reorganização produtiva dos países para caminhar no sentido de uma economia de baixo carbono.

O setor elétrico, em particular, configura-se como um importante emissor de gases de efeito estufa (GEE) nas economias mundiais. De acordo com o IPCC 2014 (*Intergovernmental Panel on Climate Change – UNEP/Nações Unidas*), a geração de eletricidade e calor foi responsável por aproximadamente 25,0 % do total de emissões globais de gases efeito estufa em 2010. Assim, dada a importância do setor elétrico na transição para uma economia de baixo carbono, o Brasil e os demais países signatários definiram metas em suas INDCs (Contribuição nacionalmente determinada destinada a alcançar o objetivo da convenção das Nações Unidas sobre mudança do clima) com foco em prover eletricidade com segurança e de forma sustentável.

No Brasil, o setor elétrico foi responsável por 7,0 % de todas as emissões de gases de efeito estufa no ano de 2014 (Sistema de Estimativas de Gases de Efeito Estufa – SEEG. Disponível em: www.seeg.eco.br. 2018) e o INDC brasileiro propõe, para 2030, uma transição para o uso de sistemas de energia com maior participação de energias renováveis.

Dentre as metas compromissadas no INDC para o setor energético (incluindo-se aqui o setor elétrico) destacam-se: (a) aumento do uso de biocombustíveis para 18,0 % do total de energia até 2030; (b) aumento para 45,0 % de fontes renováveis de energia na matriz energética até 2030 (expandindo outras fontes além da hidroeletricidade); (c) aumentar em 10,0 % os ganhos de eficiência no setor elétrico até 2030 (INSTITUO ESCOLHAS, 2018).

Logo, do ponto de vista dos impactos ambientais, a aposentadoria deste complexo trará consigo alguns benefícios imediatos, pois em razão de sua tecnologia que tarda da década de 60 e 70, as unidades geradoras possuem baixa eficiência energética em relação às novas tecnologias de usinas similares.

Logo, há um maior consumo, das unidades antigas, de carvão mineral para geração da mesma energia elétrica quando comparamos, injustamente, as unidades geradoras antigas com unidades as modernas, o que acarreta maior emissão atmosféricas de gases de efeito estufa.

Sendo assim, o fim de operação deste *site* por um lado minimizará a emissão atmosférica de GEE, mas, por outro deve contemplar um plano de descomissionamento completo mitigando impactos ambientais, conforme capítulo 3 desta dissertação.

Do ponto de vista de gases de efeito estufa, o CTJL contribui com cerca de 3,8 MtCO₂/ano, na contramão de uma transição energética de fontes renováveis por baixo carbono.

Portanto, é necessário e de boa prática estabelecer um plano para o completo descomissionamento, conforme verificado no capítulo 4 deste trabalho, das: unidades geradoras, bacias de cinzas, pátio de carvão, subestações, dentre outros, recuperando a área ocupada.

5.5.2 Termelétricas aposentadas e sem descomissionamento

No Brasil, na última década, alguns sistemas de geração de energia elétrica, que se utilizavam de fontes fósseis e estavam conectados ao SIN, tiveram seu fim de operação decretados, em razão de alguns dos motivos relacionados no subtítulo “3.2.2 Planejamento: sistemas de geração de energia elétrica”. No entanto, nenhum desses sistemas passou por um descomissionamento completo.

Logo, novamente, evidencia-se que, de fato, há uma lacuna quanto ao descomissionamento, pois nenhum desses sistemas de geração foram de fato descomissionados de acordo com conceitos trazidos no subtítulo “3.2 Descomissionamento”, ou houverem práticas similares aos estudos de caso dos subtítulos 3.3 e 4.1.

Disto isto, relaciona-se abaixo as usinas que estão totalmente fora de operação, exceto a UTE Figueira, que está parcialmente aposentada, e que até então não foram completamente descomissionadas, sendo:

- UTE Charqueadas (RS)
- UTE Alegrete (RS)
- UTE Figueira (PR)
- UTE Presidente Médici A e B (RS)
- UTE São Jeronimo (RS)

Além destas, os quais foram paralisadas recentemente, tomemos como exemplo a UTECA, em Capivari de Baixo, SC, pois, desde seu término de operação e desativação no início dos anos 80, todas as unidades geradoras deste sistema de geração, ainda não foram totalmente descomissionadas por completo, tampouco reutilizado pela sociedade para outro fim.

Portanto, há quase 4 décadas este sistema de geração está inativo, gerando um passivo ambiental e, à época da desativação, um passivo social para toda região que tinha nestas indústrias sua força de trabalho e renda.

Além deste sistema, o lavador de carvão da CSN, que estava intimamente ligado com a UTECA, assim como a ICC, também, apesar de estarem desativados, estão sem serem descomissionados.

A figura 22 traz uma foto da construção civil em 2018 do prédio onde estavam instaladas as unidades geradoras da UTECA, demonstrando que a falta de legislação específica para o descomissionamento pode ser visto na prática a partir deste caso.

Figura 22 – UTECA em 2017.



Fonte: O autor.

Estes exemplos práticos reforçam a necessidade de regulação e/ou legislação, que trata esta dissertação, quanto a políticas públicas para o planejamento do setor elétrico nacional no que tange ao descomissionamento de sistemas de geração.

5.5.3 Minas de carvão: histórico e questões socioambientais

A primeira empresa a ser constituída para abrir uma mina em SC foi a inglesa Companhia de Mineração de Carvão Tubarão, em 1886, sendo abandonada em 1887. Em 1904 o governo federal criou a comissão de estudos das minas de carvão de pedra do Brasil, liderada pelo geólogo norte-americano Israel Charles White. O relatório de White ficou pronto em 1905 e conclui que, apesar do carvão ser pobre, era próprio para consumo energético (RAVAZOLI, 2012).

A mineração de carvão no sul de Santa Catarina se desenvolveu, em seu período inicial, de 1895 a 1945, com a produção de carvão para fins energéticos e, a partir de 1945, para suprir a produção nacional de aço. Dada a impossibilidade de importação de carvão durante as duas grandes guerras mundiais, o carvão catarinense serviu como combustível para indústrias nacionais de iluminação, gás, transporte marítimo e ferroviário, mas recuou novamente após estes períodos (REBOUÇAS, 1997).

Em 1884 entraram em operação a ferrovia Tereza Cristina e os portos de Imbituba e Laguna (RAVAZOLI, 2012). A estrada de ferro ligava a mina Passo Dois, em Lauro Muller, aos portos, que foram construídos pelo Visconde de Barbacena quando recebeu concessão para exploração das minas. Os recursos para construção foram recebidos de financistas londrinos, que se tornaram proprietários da ferrovia, que foi encampada pelo governo federal em 1940 e a transferiu a rede ferroviária federal em 1957 (GOULART, 2009).

Entre 1917 e 1922 foram fundadas cinco companhias carboníferas e, entre 1930 e 1960 outras oitenta que atuavam de forma artesanal (GOULART, 2009).

A partir de 1946, com início de operação da CSN, em Volta Redonda, no Rio de Janeiro, e das minas de ferro em Conselheiro Lafaiete, em Minas Gerais, o carvão catarinense, único no país com fração coqueificável, começa a ser beneficiado e sua porção metalúrgica era destinado ao consumo da siderurgia, sendo que parte do subproduto deste carvão era a fração energética que seria utilizado como combustível na primeira unidade de geração da UTECA, que fora incorporada ao lavador de Capivari. Em 1942, o governo do então presidente Getúlio Vargas, publica o decreto 4.613, tornando obrigatória a entrega do carvão nacional ao governo federal (BELOLLI, 2002).

O complexo carbonífero neste momento era formado pelas minas, ferrovia, lavador, termelétrica e porto, sendo que a maior mineradora à época era a estatal Companhia Próspera, fundada em 1921 por vários pequenos proprietários locais e repassada em 1953 ao Estado, quando se torna subsidiária da CSN.

Em 1965, como a entrada em operação da SOTELCA, com duas unidades de potência instalada de 50 MW cada, o setor ganha mais um impulso. Porém, 75,0 % do rejeito do carvão ainda não eram utilizados, o que fez nascer a Indústria Carboquímica Catarinense – ICC – com intuito de se utilizar o enxofre, presente na pirita, para produção de ácido sulfúrico e fosfórico, matéria prima para produção de fertilizantes (RAVAZOLI, 2012).

O choque do petróleo, na década de 1970, fez aumentar o consumo do carvão energético que passou, graças aos subsídios governamentais aplicados à produção, ao consumo e ao transporte, a ser utilizado no país inteiro como energético, substituindo o óleo combustível. Naquele período, o carvão passou a ser explorado em grandes minas, ampliando os problemas de contaminação decorrentes da disposição descontrolada de rochas da cobertura das camadas das minas a céu aberto e dos rejeitos do beneficiamento do carvão.

O Ministério de Minas e Energia estabelece meta para sextuplicar a produção de carvão e, com isto, salta de 1,6 milhões para 7,1 milhões de toneladas entre 1975 e 1986. Com o segundo choque do petróleo, foi elaborado o modelo energético brasileiro e, através do Decreto 1.691 de 1979, estimula-se ainda mais a produção do carvão mineral (REBOUÇAS, 1997).

Segundo o DNPM, que a partir do segundo semestre de 2017 passou a ser chamada de Agência Nacional de Mineração – ANM – entre 1972 e 1989 ocorreu 80,0 % da extração do carvão ROM (*run of mine*) – minério bruto obtido diretamente da mina sem sofrer nenhum tipo de beneficiamento. Todo este estímulo intensifica os impactos socioambientais. A falta de controle inutilizou vastas áreas de terras e desqualificou águas fluviais (RAVAZOLI, 2012).

A preocupação ambiental governamental começa pela publicação do Decreto 85.206 de 1980, que considera a região como uma das 14 áreas críticas nacionais para efeito de controle de poluição e conservação da qualidade ambiental. Em 1982 sobreveio a portaria interministerial 917 de 06 de julho de 1982, dos Ministros de Minas e Energia, do Interior, da Indústria e do Comércio, a qual considera conciliar a expansão da produção e o uso do carvão mineral com preservação da integridade do meio ambiente. Assim, passa a exigir das mineradoras cronograma de execução de tratamentos de efluentes líquidos, transporte, manuseio, disposição final ou parcial, etc., que deveriam ser apresentados à secretaria especial do meio ambiente e ao departamento nacional de produção mineral (RAVAZOLI, 2012).

O prazo não foi cumprido e em 1983, o DNPM se instala em Criciúma para acompanhar a implementação da portaria, assim como as carboníferas contrataram as empresas Internacional de Engenharia S.A. e Zeta Engenharia S.A. para elaboração de um projeto para atendimento a esta condicionante (DNPM, 2000), sendo apresentado em 1985.

Em 17 de setembro de 1990, a portaria 801 desregulamenta a atividade, promovida pelo governo Fernando Collor, que, dentre outras coisas, promoveu: o fim da obrigatoriedade de utilizar-se o carvão metalúrgico nacional, a liberação dos preços do carvão metalúrgico e energético, a extinção dos sistemas de cotas de produção do carvão, a livre importação do carvão com alíquota zero, privatização da Companhia Próspera (subsidiária da CSN) e a retirada da CSN das atividades ligadas ao carvão mineral nacional, que passa a importar a totalidade do carvão consumido (REBOUÇAS, 1997).

Estes fatores levaram ao fechamento da unidade de beneficiamento de carvão da CSN em Capivari de Baixo, sendo que as mineradoras

passaram a enfrentar sérias dificuldades com a redução de cerca de 60,0 % do seu faturamento (GUIMARÃES, 2006).

Portanto, a política neoliberal fechou as unidades de extração do carvão mineral, seu beneficiamento, o lavador de carvão de carvão da CSN, desativou-se a ICC e o porto parou sua exportação de carvão metalúrgico, além do fechamento de várias minas (RAVAZOLI, 2012).

Dado este, houveram privatizações das mineradoras na região de Criciúma, situação que veio a melhorar com a conclusão da unidade 7 de Jorge Lacerda, em 1997, pois ampliou o consumo de carvão energético e tornou as usinas do CTJL o destino sustentável do carvão lavrado na região sul de SC, consumindo mais de 98,0 % do carvão comercializável até os dias de hoje.

A atividade extrativista do carvão mineral no sul de SC possui mais de 12.000 hectares de terra sendo ou já explorados para extração do carvão ao CTJL, onde cerca de 800 bocas de minas estão abandonadas, sendo que pelo menos 6.000 hectares necessitam ser recuperados. Logo, é preciso discutir a fundo a importância da extração mineral para SC e os desafios socioambientais que surgiram (MILIOLI, 2005).

Quanto aos aspectos ambientais das minas que abastecem o CTJL, o fim da lei 10.438/2002, cuja parcela subsidiada do carvão nacional rondou em 2017 cerca de R\$ 807,3 milhões, trará como consequência a extinção dos recursos que atualmente são direcionados às recuperações ambientais das regiões carboníferas por conta da exploração do carvão, uma vez que são os recursos provenientes desta conta que fomentam as recuperações ambientais necessárias, que muitas vezes são realizadas sob termos de ajustamento de conduta acordado com ministério público e/ou por compromissos assumidos juntos aos órgãos ambientais competentes.

Em 1993 o Ministério Público Federal – MPF – propôs a ação civil 93.8000533-4 contra várias empresas carboníferas, seus diretores e sócios majoritários, IBAMA e União Federal. A alegação era de que a extração comprometeu mais de 5.000 hectares de terra na região, prejudicando a população, sustentando, dentre outras coisas, as responsabilidades pela recuperação ambiental.

Além disto, propõe a obrigatoriedade de projetar e recuperar as áreas de depósitos de rejeitos, áreas mineradas e a céu aberto, minas abandonadas, fixação de barrancas, desassoreamento, descontaminação e retificação dos cursos d'água, etc., que visem amenizar os danos causados ao meio ambiente e sociedade do entorno (RAVAZOLI, 2012).

Em 05 de janeiro de 2000 foi proferida pelo juiz federal da 1ª vara de circunscrição judiciária de Criciúma/SC julgando procedente o pedido principal, e condenou os réus solidariamente a apresentarem projetos de

recuperação, sendo que a sentença foi parcialmente reformada no tribunal regional da 4ª região em 22 de outubro de 2002. O superior tribunal de justiça julgou recurso especial sobre o caso em maio de 2007 (BRASIL, 2011).

Após 21 anos, a sentença condenatória transitou em julgado com o encerramento do último recurso pendente (recurso extraordinário 612.592/SC) e em 26 de agosto de 2014 o ministro do supremo tribunal federal, Ricardo Lewandowski, determinou o retorno da ação para a justiça federal de Criciúma. As obras de recuperação estão em andamento desde 2000 por conta da sentença 2000.72.04.002543-9 (BRASIL, 2011).

De acordo com o relatório de estudo elaborado pela “Fundação Luiz Englert” em agosto de 2016, a estimativa para recuperação de áreas degradadas sob concessão das minas pela atividade de extração mineral do carvão no sul de SC é em torno de R\$ 900,0 milhões, considerando um valor intermediário para recuperar os 6.000 hectares de minas de carvão que fecharão ao fim de 2027. Outros R\$ 600,0 milhões ficarão a ser recuperados em áreas do governo federal e a CSN, totalizando R\$ 1,5 bilhão a valor presente, tendo o valor para recuperação variado entre R\$ 15,0 mil e R\$ 200,0 mil por hectare recuperado, sendo:

Áreas em recuperação:

- 3.722 ha;

Áreas a recuperar:

- 2.781 ha;

Áreas em operação e desativação de superfície:

- 1.140 ha;

Áreas de minas a serem fechadas:

- 6.000 ha.

Especificamente para a atividade de extração mineral no sul de SC, que por mais de meio século vem explorando o meio ambiente para a atividade industrial com propósito de geração de energia elétrica no CTJL, houveram vários termos de ajustamento de conduta entre 2005 e 2010 (MUDAN et al., 2010).

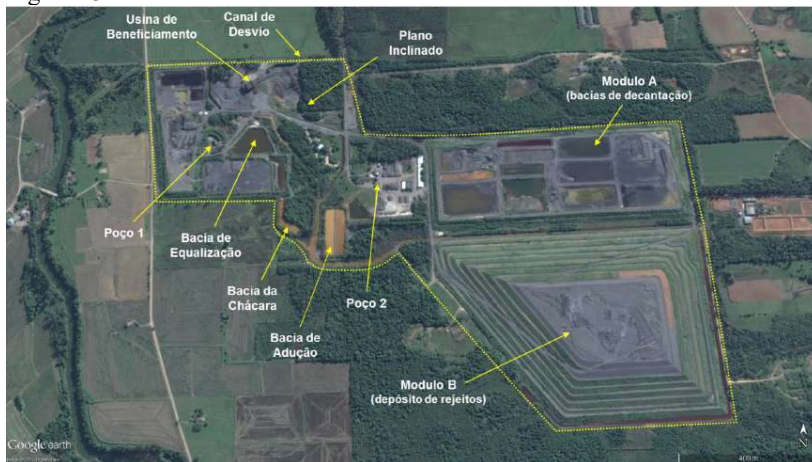
Estes termos foram intermediados pelo Ministério Público Federal junto aos proprietários das minas que se utilizam da atividade de extração do carvão na região sul de SC, pois tais atividades impactam diretamente o meio ambiente e restou ao poder público mitigar tais impactos firmando entre o Ministério Público e os Mineradores acordos para recuperação ambiental das áreas degradadas.

Através do site <https://www.jfsc.jus.br/acpdocarvao/>, encontram-se informações relativas à extração mineral do carvão na região sul de Santa Catarina quanto a:

- Ações civis públicas;
- Degradação ambiental causada pela mineração;
- Relatório de andamento de áreas degradadas;
- Relatório de monitoramento de indicadores ambientais;
- Vistorias técnicas e judiciais;
- Relatórios de recuperação;
- Multas aplicadas;
- Etc.

Ocorre que, muitas vezes, tais acordos deixam de ser cumpridos e/ou são arrolados por muito tempo, como ocorre com a mina Verdinho, na cidade de Forquilha, SC, de propriedade da Carbonífera Criciúma, através da ação civil nº 5001646-68.2016.4.04.7204 / SC, que teve a mina literalmente abandonada no fim de 2015, ficando a sociedade a mercê de um passivo ambiental que a cerca, dado que a extração de carvão na região sul de SC está rodeada por mais de 500 mil pessoas que vivem nos arredores das regiões de mineração do carvão mineral.

Figura 23 – Vista aérea da mina Verdinho.



Fonte: O autor.

Utilizando a Mina Verdinho como caso base, que tem sua vista área totalmente coberta pela figura 23, e de acordo com o relatório: “Análise Técnica: Medidas para Evitar Danos Ambientais e Proceder ao Fechamento Adequado da Mina Verdinho”, elaborado pela Fundação Luiz Englert em Ago/2016, temos que, baseado nos custos de recuperação ambiental por hectare, de outras áreas já recuperadas na região carbonífera de Santa Catarina, esses giram em torno de R\$ 100,0 mil a R\$ 300,0 mil.

Estima-se, através de laudo pericial, que o valor de investimento para a recuperação ambiental das áreas degradadas (descomissionamento da planta operacional; reparação da falta d’água na vizinhança por conta da mineração nesta mina; perda de valor das terras agricultáveis próximo na e próximo à mina) da Mina Verdinho variando é de cerca de R\$ 61,0 milhões (Sessenta e um milhões de reais), pois somente a área do topo da pilha de rejeito, que deve ser recuperada, possui 113,0 mil m².

Já o bombeamento e tratamento d’água do subsolo, que foi inundado devido ao abandono da mina, e construção de uma estação de tratamento d’água terá um valor estimado de R\$ 18,5 milhões (Fonte: “Análise Técnica: Medidas para Evitar Danos Ambientais e Proceder ao Fechamento Adequado da Mina Verdinho”; Fundação Luiz Englert; Ago/2016).

O fato ocorre, pois, a falta de legislação específica para descomissionamento, corrobora com a má fé de alguns empreendedores que deixam de cumprir seus papéis socioambientais quando da necessidade de aplicação de recursos financeiros para retomar o ambiente explorado as condições originalmente encontradas, evidenciando a lacuna em relação a legislação sobre este tema e conforme noticiado na mídia e disponíveis: <<http://dc.clicrbs.com.br/sc/noticias/noticia/2016/04/mina-de-carvao-no-sul-do-estado-expoe-fragilidade-de-legislacao-ambiental-para-o-setor-5757804.html>>.

A figura 24 evidencia a situação atual de abandono da Mina Verdinho, da mineradora Criciúma, cujo passivo ambiental ainda pende de decisão judicial.

Figura 24 – Mina Verdinho



Fonte: O autor.

Figura 25 – Exutório da drenagem ácida da unidade mineira II (mina verdinho) lançada no rio Sangão.



Fonte: (UNESC, 2017).

5.6 ALTERNATIVAS SOCIOAMBIENTAIS PARA REGIÃO SUL DE SC

Segundo a IEA, em 2016 mais de 85,0 % de toda energia primária produzida no mundo foi proveniente de fontes fósseis. Destes, 22,8 % foi destinada a produção de energia elétrica e apenas 14,6 % transformam-se de fato em energia elétrica, pois o restante desta energia é perdido durante o processo de transformação.

A fonte para 23,8 % da produção de energia primária mundial ainda é proveniente do carvão, onde 50,0 % deste montante é destinado a geração de energia elétrica, ou seja, pouco mais de 11,5 % de toda produção de energia primária mundial. A China e os Estados Unidos, por exemplo, têm destinados a produção de energia elétrica, 1.032 Mtoe e 316,0 Mtoe respectivamente.

No Brasil, toda energia primária produzida é de 341,5 Mtoe, sendo que a destinação do carvão para geração de energia elétrica é de 6,0 Mtoe. Portanto, representa pouco mais de 1,7 % de toda energia primária produzida no mundo, sendo 20,0 % deste montante, ou 0,34 %, destinado a geração de energia elétrica das diversas fontes. Em 2014 esta atividade (geração) representou cerca de 7,0 % de todas as emissões de gases de efeito estufa do país.

Como mais de 80,0 % da matriz para geração de energia elétrica brasileira é proveniente de fontes renováveis e somente cerca de 2,0 % é proveniente do carvão mineral, conclui-se que a participação deste combustível para fins de geração de energia elétrica nacional no cenário mundial é de apenas 0,0068 %, sendo que o CTJL contribui com 0,0017 % deste total.

Neste sentido, a contribuição brasileira no que tocante às emissões de gases de efeito estufa a partir de termelétricas a carvão para geração de energia elétrica é marginal relativamente às emissões atmosféricas de dióxido de carbono (CO₂), sendo os grandes responsáveis:

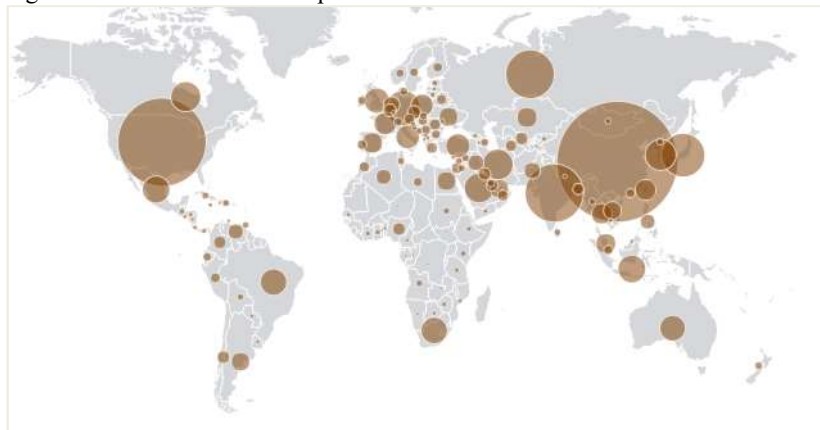
- China: 9,1 x 10³ Mtoe
- Estados Unidos: 4,8 x 10³ Mtoe
- Índia: 2,1 x 10³ Mtoe
- Rússia: 1,4 x 10³ Mtoe
- Japão: 1,1 x 10³ Mtoe
- Alemanha: 732 Mtoe
- Coreia do Sul: 590 Mtoe
- Irã: 563 Mtoe

- Canadá: 541 Mtoe
- Arábia Saudita: 527 Mtoe
- Indonésia: 555 Mtoe

A figura 25 identifica de forma gráfica, a participação percentual dos países em relação às emissões atmosféricas de CO₂, um dos gases de efeito estufa, em relação ao mundo.

A China, com 28,0 %, seguida dos EUA, com 15,0 %, são os grandes responsáveis pela emissão atmosférica de CO₂, seguidos pela união europeia, com 10,0 %, Índia, com 6,0 %, Rússia e Japão, com 4,0 % cada, Coreia e Canadá, com 2,0 %, México e Brasil com 1,0 % cada, cujo valores são respectivamente 545 Mtoe e 517 Mtoe.

Figura 26 – Emissão de CO₂ a partir de combustíveis fósseis.



Fonte: (International Energy Agency - IEA; 2016).

No Brasil, os maiores responsáveis pelas emissões de gases de efeito estufa, principalmente CO₂, estão relacionadas às atividades de pecuária e agricultura, as quais causam desmatamentos, seja com a finalidade de cultivos agrícolas e/ou para pastagem animal.

Desta forma e como proposta buscando auxiliar na recuperação ambiental da região carbonífera sul de SC, bem como na continuidade de geração de emprego, renda e dando continuidade à contribuição técnica com o sistema interligado elétrico nacional, sugere-se que usinas de geração termelétricas mais eficientes, tendo como combustível primário o carvão mineral, sejam instaladas nas regiões próximas às minas e/ou

invista-se na modernização do CTJL com propósito da continuidade operacional deste complexo.

Isto torna-se relevante, pois, apesar de que no país predomine a geração por fontes renováveis, as usinas térmicas se constituem, efetivamente, em uma reserva do sistema (MME e EPE, 2011, p.77).

Além disto, atualmente o Complexo Jorge Lacerda e a Usina hidrelétrica de Campos Novos, são classificadas pelo ONS como usinas sistêmicas na tensão de 230,0 kV, bem como Jorge Lacerda é classificado como Tipo I, ou seja que tem impacto na segurança da rede de operação considerando os aspectos de controle de tensão, controle de carregamento em equipamentos e limites de transmissão sistêmico.

O despacho mínimo do CTJL é dimensionado para evitar tensões inferiores a 90,0 % nos barramentos de 13,8 kV deste complexo, assim como corte de carga na área sul de SC e da região da grande Florianópolis, quando das contingências mais críticas da região. Ressalta-se que ainda não há solução estrutural pelo planejamento que permita a paralisação total deste complexo, que está próximo a grandes centros de carga.

Com estas ponderações e sabendo: da abundância das reservas de carvão na região sul de SC, dos avanços tecnológicos já consolidados e em desenvolvimento para geração termelétrica a carvão, do aumento esperado da demanda de energia, em especial da energia elétrica, da baixíssima contribuição do país na emissão de gases de efeito estufa a partir do carvão mineral para geração de energia elétrica são, portanto, os elementos básicos que sustentam a visão de que a expansão da geração termelétrica a carvão faz parte da estratégia de expansão da oferta de energia (MME, 2007, p. 109),

As tecnologias atuais permitem que hajam usinas mais eficientes em relação a produção de energia elétrica, tanto em relação aos aspectos técnicos quanto em atendimento a novas exigências ambientais.

Além disto, no tocante a resíduos, cerca de 70,0 %, em média, do carvão lavrado para abastecer o CTJL, que ainda possui valor energético, acabam ficando na região das minas, uma vez que não pode ser utilizado, por razões técnicas, neste complexo, e retorna para as cavas e/ou são depositados em áreas com licenças ambientais para tal finalidade.

Sabendo que o despacho médio do CTJL desde sua privatização, em 1998, até os dias de hoje consumiu, em média, 3,0 milhões de t/ano, há pelo menos 200,0 milhões de toneladas de carvão mineral energético (atualmente tido como resíduo), com poder calorífico de cerca de 1.200 kcal/kg, alto teor de cinzas (~ 75,0 %), lavrado e depositado em áreas nos entorno das minas.

Logo, em termos socioambientais, preconiza que o consumo deste resíduo para geração de energia elétrica a partir de novas centrais para geração de energia elétrica, e utilizando como complemento o carvão ROM da região, mitigará tanto os impactos ambientais, que perdurarão caso tal resíduo permaneça ativo, quanto os custos de se monitorar toda área de depósito deste resíduo, uma vez que este monitoramento ambiental deve ser contínuo.

Além disto, novas centrais para geração de energia elétrica a partir deste resíduo, continuará contribuindo com emprego e renda na região, além da continuidade de um polo carbonífero para geração de energia elétrica no tocante a sua importância ao SIN.

Soma-se também, o fato de que este resíduo já teve seu custo pago pela venda do carvão utilizado no CTJL, uma vez que o preço de venda deste combustível leva em conta todo beneficiamento do carvão ROM, de onde apenas aproximadamente 30,0 % desta fonte energética tem como destino, atualmente, o CTJL para geração de energia elétrica.

5.7 RESULTADOS E DISCUSSÃO DO ESTUDO DE CASO

Por toda análise realizada, os resultados do estudo de caso demonstram na prática a carência de políticas públicas quanto ao tema descomissionamento de sistemas de geração de energia elétrica por conta da transição energética para fontes renováveis, o que traz consigo uma séria de impactos socioambientais, listados neste mesmo capítulo, e afeta a sociedade no presente e no futuro, deixando um legado às gerações futuras que não encontram nas gerações passadas o planejamento adequado e a devida preocupação quanto a sustentabilidade.

Logo, idealmente, os países deveriam estabelecer políticas e estratégias de descomissionamento de sistemas de geração de energia elétrica, bem como da cadeia produtiva que a cerca.

Os dois componentes, políticas públicas e estratégias técnicas, estão intimamente ligados. A política estabelece os princípios para o descomissionamento, levando em consideração a infraestrutura disponível, e a estratégia contém a abordagem para a implementação da política. Além disto, um elemento essencial para o planejamento e estratégia é a formulação dos recursos financeiros para que se inicie e termine o completo descomissionamento dentro do prazo previsto.

Sendo assim, a consideração de descomissionamento futuro de sistemas de geração de energia elétrica deveria ser dada nas etapas de projeto e construção, bem como mantida durante toda fase de operação

da planta até a última parada, o qual pode ocorrer após cerca de 50 anos em relação a sua primeira partida.

O que sabemos é que é inevitável o fim de operação de um sistema de geração de energia elétrica, e que o descomissionamento deveria considerar uma transição suave para minimizar os impactos socioambientais, pois, como demonstra o estudo de caso, muitas sociedades deixarão de receber renda e empregos provenientes desses empreendimentos, levando, em muitos casos, a falência do local até então explorado, deixando um rastro de desemprego, violência, desamparo e um ambiente degradado.

Desta forma, o descomissionamento deveria ser visto como um seguro de vida, e fundos deveriam ser provisionados para este fim durante operação dos sistemas de geração de energia elétrica com intuito de pagar os custos futuros, pois esse propósito traria um planejamento de longo prazo, uma vez que parece ser um evento remoto, mas alguém precisa estar atento e preocupado, principalmente porque, para sistemas de geração públicos, assume-se que o Estado deveria tomar conta destas instalações e pagar por qualquer descomissionamento.

Por outro lado, para instalações de geração de energia elétrica sob concessão, o agente privado opera e mantém as instalações por um determinado período, de acordo com a regulação, que normalmente no Brasil são por 30 anos de uso, e ao fim deste período o agente privado devolve ao Estado o sistema de geração, recaindo novamente ao Estado arcar com os custos futuros de descomissionamento e, que levando ao pé da letra, retorna ao consumidor final – sociedade civil – pois, o Estado é bancado pela sociedade.

No caso onde os sistemas de geração de energia elétrica são implementados ou adquiridos através de: autorização, como produtor independente, etc., o agente privado deve observar este tema como parte de seu custo futuro durante a fase de investimento inicial, pois o impacto em sua análise financeira quanto à viabilidade do projeto deve considerar este incremento, dado que espera-se que, tanto o agente público quanto o privado, entenda que o descomissionamento vai de encontro com a questão de sustentabilidade, onde o uso atual de recursos ambientais não deve comprometer gerações futuras.

Ou seja, a falta de planejamento para o descomissionamento, incluindo infraestrutura inadequada, falta de recursos, falta de experiência em descontaminação, desmonte de tecnologias, ausência de empresas capacitadas ou falta de interesse, pode potencializar o impacto socioambiental, principalmente em regiões que circundam o local até

então explorado, como pode ser visto no exemplo do estudo de caso desta dissertação.

Para tanto, o primeiro passo para o sucesso e avanço de projetos de descomissionamento é desenvolver o mais cedo possível uma estratégia que será aceita pelo regulador e possível de se atingir em termos de planejamento e custos para o empreendedor, onde as condicionantes estejam claramente definidas e a operação de descomissionamento sequencialmente estabelecidas, tanto no início quanto ao término de operação do sistema de geração. Se algo for alterado no decorrer do processo de operação, as partes deveriam sentar-se e ajustar os termos previamente previstos.

A proteção da sociedade, trabalhadores e meio ambiente devem ser os principais fatores na organização e gerenciamento de todo projeto de descomissionamento. Conformidade com todos requisitos legais é essencial e, para que os padrões de segurança durante todo tempo de vida do projeto sejam atendidos, é requerido que o planejamento seja refinado e revisto periodicamente.

Finalmente, vale destacar que o descomissionamento é uma atividade multidisciplinar. Isto inclui aspectos técnicos e não técnicos. Por exemplo, o descomissionamento pode ocorrer por diversas razões e em períodos muitas vezes não previstos, pois o fechamento e descomissionamento do sistema de geração pode ocorrer por diversas razões, conforme visto no subtítulo 3.2.2 deste trabalho.

Uma falta de ação prolongada quanto ao descomissionamento pode eventualmente levar a uma situação perigosa, pois, uma prática comum para muitos sistemas de geração de energia, principalmente pequenos produtores, ocorre frequentemente, dado que o proprietário do sistema de geração pode, ao seu bel-prazer, desligar a planta e não utilizá-la por longos períodos e/ou se quer retomar a operação comercial da planta.

Muitas vezes, a ausência do planejamento ocorre erroneamente pela percepção de que o descomissionamento é trivial e pode ser desconsiderado. Em outros casos resulta pela falta de recursos aportados ao longo do período de operação para esta finalidade e eventualmente a não ação pode acabar como abandono.

O risco associado com a falta de estratégia são vários. Por exemplo, o conhecimento de construção da planta e características operacionais tende a desaparecer com o tempo por conta do dispersamento do *staff* da planta e da perda de documentação.

A memória histórica de colaboradores chaves tem um papel fundamental no descomissionamento da planta, particularmente para plantas que não possuem históricos digitais e, montar uma nova equipe

para o descomissionamento é uma tarefa complicada, principalmente pela falta de informações do novo time que deverá realizar todo planejamento do descomissionamento e atender os requisitos legais previstos.

Isto se complica ainda mais em países que não possuem regras claras quanto ao tema e que possuem em órgãos ambientais que por vezes imputam condicionantes na fase de operação e/ou atuação do Ministério Público com termos de ajustamento de condutas.

Outro risco associado à falta de políticas para descomissionamento é a falta de manutenção, que acabam por deteriorar os equipamentos, possibilitando, por exemplo, vazamentos de fluidos contaminantes (óleo, graxas, etc.) que, através de drenagem ou do próprio solo, leva a contaminação de solos, subsolo, rios, lençol freático para além da área do sistema de geração.

Um outro sério risco diz respeito à vigilância inadequada da instalação, que pode permitir que materiais contaminantes sejam roubados e levados para domínio público, o que pode resultar em fatalidades. Além disto, o abandono pode resultar em locais apropriados para procriação de insetos infecciosos que acabam por proliferar a contaminar a população no entorno.

Desta forma, o autor desta dissertação, através de sua experiência profissional, propõe que o descomissionamento completo, considere, mas, não se limita, aos seguintes aspectos:

- Licenciamento para o processo de descomissionamento;
- Políticas regulatórias aplicáveis;
- Planejamento prévio e detalhado;
- Definição de um *staff* capacitado;
- Treinamento;
- Seleção de empresa qualificada para esta atividade;
- Orçamento para o descomissionamento e contingências;
- Avaliação dos impactos de segurança e ambientais;
- Comunicação com os *stakeholders*;
- Cronograma;
- Custos envolvidos;
- Descarte e disposição adequados;
- Normas e Legislação aplicáveis;
- Atividades preliminares;
- Classificação e amostragem de materiais;
- Requisitos administrativos e legais, mobilização e preparo da unidade;

- Desconexão e suspensão dos serviços públicos, locais e das facilidades;
- Remoção de itens diversos;
- Limpeza prévia da área;
- Remoção de efluentes líquidos;
- Máquinas, equipamentos e utilidades;
- Tarefas preparatórias;
- Desconexão dos equipamentos;
- Remoção de componentes controlados;
- Abatimento de materiais contendo amianto (MCA);
- Drenagem de fluidos;
- Remoção de fluido refrigerante;
- Remoção, manuseio e descarte de combustíveis;
- Descomissionamento de linhas, reservatórios e facilidades;
- Limpeza de superfícies externas;
- Proteção dos trabalhadores, sociedade e meio ambiente;
- Descomissionamento de transformadores;
- Plano de descomissionamento do sistema de geração;
- Acondicionamento de resíduos;
- Processamento de equipamento para recuperação de sucata;
- Carregamento e transporte de ativos;
- Prédios e instalações civis;
- Remoção de telhas de fibrocimento amianto;
- Descontaminação de superfícies, piso, paredes, estruturas;
- Descontaminação do solo e subsolo;
- Remoção de estruturas subterrâneas;
- Demolição civil controlada;
- Gestão dos resíduos gerados;
- Resumo da geração de resíduos;
- Identificação de receptores de materiais e resíduos;
- Solo e água subterrânea;
- Avaliação Ambiental Preliminar;
- Investigação Ambiental Confirmatória;
- Análises químicas laboratoriais;
- Monitoramentos e estudos complementares.

Portanto, propõe-se como sugestão para elaboração de legislação socioambiental sobre descomissionamento de sistemas de geração de energia, a discussão pública entre diversos agentes envolvidos: EPE, agentes geradores, ANEEL, CONAMA, ONS, CCEE, ministério do meio ambiente, sociedade, fundações ambientais, sindicatos, etc., com o propósito de debater e discutir ideias sobre um tema de suma importância para toda sociedade.

Isto torna-se importante para que hajam regulações claras com o intuito de que, desde o início da prospecção de projetos de sistemas de geração, sejam discutidas e identificadas as necessidades futuras para o descomissionamento deste sistema de geração, não deixando como fatos isolados e a critério de órgãos, por exemplo ambientais, a prerrogativa isolada de fazer tal proposição.

No Brasil, pontualmente e isoladamente alguns órgãos ambientais estão solicitando como condicionante ao projeto prévio de instalação dos sistemas geração, como ocorreu com as usinas termelétricas Pampa Sul (RS) e Barcarena (PA), um projeto básico de descomissionamento.

Porém, isto esbarra na falta de critérios quanto ao tema, uma vez que nem mesmo o órgão ambiental tem clareza de como isto deve ocorrer, tornando as informações vagas e sem uma base consistente. Isto ocorreu, por exemplo, no lavador de carvão em Capivari de Baixo, onde a CSN buscou através na CETESB alguma experiência em relação ao descomissionamento, pois, conforme item 4.2 deste trabalho, esta companhia possui alguma experiência desenvolvida.

O capítulo 5 retoma a história do CTJL e da mineração de carvão na região sul de SC, bem como contextualiza a importância desta cadeia produtiva para toda sociedade no que tange geração de emprego, renda, inclusão social, educação, projetos sociais, etc. Indica as limitações do trabalho e trata dos impactos sociais e ambientais no caso de um descomissionamento deste sistema de geração, recomendando possíveis ações para mitigar este impacto.

Narra também toda morosidade quanto a recuperações ambientais de regiões mineradas e, mais do que isto, todo esforço da sociedade e órgãos governamentais na tentativa de retomar um ambiente saudável, evidenciando que o tema deste trabalho pode contribuir para minimizar este desgaste futuro.

Por fim, o capítulo 6 trata das considerações finais e retoma o trabalho com ênfase ao atendimento aos objetivos deste trabalho.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O setor energético é parte integrante do complexo setor político-econômico-social, portanto sua configuração e os rumos de sua evolução dependem de fatores técnicos diretamente relacionados à energia – e também de pressões políticas, sociais e econômico-financeiras.

Assim, para que não sejam exercícios apenas de projeções desvinculadas da realidade, os cenários do setor energético devem ser inseridos em cenários mais abrangentes, que descrevam os aspectos sociais, políticos e econômico-financeiros próprios da época considerada.

A estratégia do setor energético deve ser planejada não apenas com base em fatores diretamente ligados à produção e consumo de energia – mas também em função de condicionantes do processo decisório na área pública. Este processo deve ser transparente e aceito pela sociedade como um todo.

Logo, parece claro que o Estado deva participar ativamente desse processo de regulamentação de descomissionamento de sistemas de geração de energia, com políticas públicas eficazes e em parceria com os agentes geradores e sociedade, para que tenham políticas claras quanto a fase de descomissionamento, pois em algum momento o sistema de geração de energia passará por essa etapa e impactos socioambientais ocorrerão na região vizinha ao empreendimento.

A este propósito, o Professor Douglass North observa que: “Embora, em geral, os economistas neoliberais atribuam à não interferência do poder público e ao *laissez faire* o forte desenvolvimento das economias britânica na virada dos séculos XIX para XX, e norte-americana, durante o século XX, o fato é que, tanto na Grã Bretanha como nos Estados Unidos o mercado é estruturado e controlado por governos fortes, para que a competição se faça por preço e qualidade, e não pela eliminação de concorrentes...” (North, op. cit).

Isso deveria ser ainda mais válido em países em que as instituições são frágeis, a imprensa é influenciada pelo poder econômico, e a sociedade ainda não é suficientemente educada.

No Brasil, em particular, seria ilusório esperar que os processos produtivos dos sistemas de geração de energia elétrica possam ser modificados somente pela ação das forças do mercado que passariam a incluir os investimentos em descomissionamento na relação com o retorno do investimento do empreendimento. Por conseguinte, para que se alcance o cenário ideal, deverá haver uma efetiva participação do Estado nas decisões do setor econômico.

A dissertação traz um processo de aprendizagem que busca compreender a sua utilidade para melhor afrontar problemas reais da vida pessoal e profissional das pessoas relativos ao tema proposto, motivados a descomissionamentos futuros de sistemas de geração de energia elétrica.

Resgatou o contexto histórico do consumo de energia e demonstra que houvera no passado, tendo como marco a Revolução Industrial, a busca por fontes fósseis não renováveis de energia, mas não devido ao esgotamento completo de fontes renováveis, mas sim por questões econômicas e sem, no entanto, haver preocupação da magnitude dos impactos que isto traria num futuro. No final do século XX, retoma-se, porém, a busca por fontes renováveis, agora em detrimento das fontes fósseis não renováveis, que respondem por cerca de 85,0 % da energia gerada no mundo.

Aliado a isto, surge a necessidade de descomissionamento de sistemas de geração de energia tendo como combustível primário fontes fósseis não renováveis e, em especial, nesta dissertação, se investigou, através de um estudo de caso, os impactos socioambientais vindouros por conta do descomissionamento de sistemas de geração de energia elétrica a carvão no sul de SC.

Por outro lado, indica que tais impactos não devem ser limitados aos citados, dado que é muito difícil identificar todos os impactos sociais vindouros, conforme visto no capítulo 3.

Analisa a legislação ambiental brasileira pertinente e identifica uma lacuna na tocante sustentabilidade, uma vez que o uso do ambiente por gerações futuras depende de um ambiente saudável. Demonstra passivos relativos ao não descomissionamento de sistemas de geração, assim como a morosidade em relação ao atendimento sobre a tentativa da sociedade e órgãos (ministério público, ambientais, etc.) em pressionar a recuperação ambiental de um ambiente explorado, evidenciando a necessidade de regulação quanto ao descomissionamento.

Recomenda discussão entre todos agentes envolvidos (EPE, agentes geradores, ANEEL, CONAMA, ONS, CCEE, ministério do meio ambiente, sociedade, fundações ambientais, sindicatos, etc.) para se buscar um protocolo quanto ao descomissionamento, que em algum momento ocorrerá, de sistemas de geração de energia elétrica, uma vez que o Brasil carece de políticas que regulem e estabeleçam diretrizes claras para este propósito.

Pinçada, como exemplo, a EPE como um dos atores e qual seria seu papel nesta discussão, verifica-se que esta empresa, pública federal criada por medida provisória convertida em lei aprovada pelo Congresso Nacional em 2004, tem por finalidade prestar serviços ao MME na área

de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, cobrindo energia elétrica.

Além disto, a EPE tem como objetivo assegurar as bases para o desenvolvimento sustentável da infraestrutura energética do país. Consolidou-se como parte fundamental de um ciclo de atividades que se inicia com as definições de políticas e diretrizes no âmbito do CNPE – Conselho Nacional de Política Energética. A partir dessas definições materializam-se os estudos e as pesquisas que irão efetivamente orientar o desenvolvimento do setor energético brasileiro.

Desde sua constituição, a EPE tem participado ativamente das grandes discussões que dizem respeito ao setor energético brasileiro. A empresa atua no planejamento do setor energético nacional conduzindo os estudos e pesquisas que culminam na construção do conjunto de procedimentos e ações que visam à realização da política necessária ao suprimento de energia.

Portanto, o escopo desta dissertação traz consigo a preocupação quanto ao impactos socioambientais quanto ao descomissionamento de sistemas de geração de energia, em especial a energia elétrica, tendo como contribuição do trabalho o alerta às autoridades competentes de que o país precisa discutir um tema de suma importância tanto para a sociedade quanto para o meio ambiente, uma vez que o Brasil carece de políticas públicas claras quanto à este tema.

Propõe-se como trabalho futuro, o aprofundamento da questão legal para elaboração de propostas, que trate de descomissionamento de sistemas de geração de energia elétrica, por meio de audiências públicas, dado da relevância do tema, tanto no quesito socioambiental, quanto junto ao aspecto financeiro.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9898: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11174: Armazenamento de resíduos sólidos não perigosos – classe II. Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12235: Armazenamento de resíduos sólidos perigosos – classe I. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11174: Armazenamento de resíduos sólidos não perigosos – classe II. Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15515-1: Passivo ambiental em solo e água subterrânea. Parte 1. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15495-1: Poços de monitoramento de águas subterrâneas. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15847: Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento – Métodos de purga. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14973: Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis – Desativação, remoção, destinação, preparação e adaptação de tanques subterrâneos usados. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13221: Transporte terrestre de resíduos. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15515-2: Passivo ambiental em solo e água subterrânea. Parte 2: Investigação Confirmatória. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16435: Controle da qualidade na amostragem para fins de investigação aéreas contaminadas – Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Banco de Informação de Geração. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Banco de Informação de Geração. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/CombustivelPorClasse_fn2.cfm>. Acesso em 18 abr. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Nota Técnica nº 13/2017-SGT-SRG/ANEEL. Definição das Quotas Anuais da Conta de Desenvolvimento Energético de 2017. 2 jan. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos. 12 fev. 2004.

AGÊNCIA RBS. DC. Mina de carvão no sul do Estado expõe fragilidade de legislação ambiental para o setor. Disponível em: <<http://dc.clicrbs.com.br/sc/noticias/noticia/2016/04/mina-de-carvao-no-sul-do-estado-expoe-fragilidade-de-legislacao-ambiental-para-o-setor-5757804.html>>. Acesso em 10 jul. 2017.

ANTHONY, D; TELEGIN, D.Y; BROWN, D., The Origin of Horseback Riding, Scientific American, December, 1991, pp. 44 - 48

ARMOUR, A. Integrating impact assessment into the planning process. Impact Assess Bull, 1990, pp. 3 - 14.

BELOLLI, M. et al. A história do carvão de Santa Catarina. Criciúma, 2002.

BRASIL. Ação civil pública. Processo 2000.72.04.002543-9. Reparação de danos ambientais em áreas mineradas na bacia carbonífera do sul do estado de Santa Catarina. 2011. Disponível em: <<https://www.jfsc.jus.br>>. Acesso em 15 de jul. 2018.

BRASIL ESCOLA. História do petróleo no Brasil. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/brasil/historia-do-petroleo-no-brasil.htm>>. Acesso em: 14 mar. 2017.

BRASIL. CONSTITUIÇÃO. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

BROWMAN, D. M. J. S. et al. Fire in the Earth System. *Science*, v. 324, n. 5926, p. 481–484, 2009.

BURDGE R, VANCLAY F. Social impact assessment. In: Vanclay F, Bronstein DA, editors. *Environmental and social impact assessment*. Chichester: Wiley, 1995. pp. 31– 65.

CAMPBELL, C. J. Oil Crisis. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=VaGCbpbzjRwC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Campbell,+C.J.,+2.005,+Oil+Crisis&ots=z7tigNiYgA&sig=-3rwEohktKWqcpGN_bOYxXQpIrk#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 14 abr. 2017.

CARVALHO, J. F. DE. A exploração das florestas através dos tempos. *Jornal do Brasil*, 1983.

CARVALHO, J. F. DE. O Declínio Da Era Do Petróleo E a Transição Da Matriz Energética Brasileira Para Um Modelo Sustentável. p. 1–146, 2009.

CHU, S.; MAJUMDAR, A. Opportunities and challenges for a sustainable energy future. *Nature*, v. 488, n. 7411, p. 294–303, 2012.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas. 1999.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas. São Paulo. 2ª edição 389 páginas, 2001.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 01, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1986_001.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2017.

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 038. Procedimentos, critérios técnicos e prazos para Licenciamento Ambiental realizado pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental. Rio Grande do Sul. 8 de jul. 2003.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução 237, de 19 de dezembro de 1997. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em: 24 mar. 2017.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução 396, de 03 de abril de 2008. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>>. Acesso em: 28 mar. 2017.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº420. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. 28 dez. 2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº430. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente. 13 mai. 2011.

CONFORTO, E.; AMARAL, D.; SILVA, S. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. Disponível em: <<http://vision.ime.usp.br/~acmt/conforto.pdf>>. Acesso em: 07 mar. 2018.

Decreto Federal nº 99.274, de 6 de julho de 1994. Atribuições que lhe confere o art. 84, incisos IV e VI, da Constituição, e tendo em vista o disposto na Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e na Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, alterada pelas Leis nº 7.804, de 18 de julho de 1989, e 8.028, de 12 de abril de 1990. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/antigos/d99274.htm>. Acesso em: 24 mar. 2017.

DUDA, H. Complexo Termelétrico Jorge Lacerda: 50 anos gerando energia e desenvolvimento, 2015.

EL PAIS. Reino Unido vive primeiro dia sem carvão desde a Revolução Industrial. Disponível em: <http://brasil.elpais.com/brasil/2017/04/26/ciencia/1493208302_664530.html>. Acesso em: 26 abr. 2017.

ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE. Decommissioning standard review. Plans and risk-informing. Decommissioning regulation. Estados Unidos da América, 2006.

ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE. A climate contingency roadmap. Estados Unidos da América, 2003.

ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE. Outlook for Capacity Retirements Following U.S. Boom in New Supplies. Estados Unidos da América, 2003.

ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE. Decommissioning Handbook for Coal-Fired Power Plants. Estados Unidos da América, 2004.

FOUQUET, R. The slow search for solutions: Lessons from historical energy transitions by sector and service. *Energy Policy*, v. 38, n. 11, p. 6586–6596, 2010.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT. Análise Técnica: Medidas para Evitar Danos Ambientais e Proceder ao Fechamento Adequado da Mina Verdinho. Relatório Técnico Final. set. 2016.

GERHARDT, T.; SILVEIRA, D.; Métodos de pesquisa; Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GOULART, A.; MORAES, F. F. Formação, expansão e desmonte parcial do complexo carbonífero catarinense. Universidade Federal de Uberlândia. Revista do Instituto de História. Uberlândia, 2009.

GUIMARÃES, O. Carvão, energia e desenvolvimento: história do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda. Editora Expressão. Florianópolis, 2006.

GRUBLER, A. Energy transitions research: Insights and cautionary tales. *Energy Policy*, v. 50, p. 8–16, 2012.

HANSEN, J., *Storms of my Grandchildren: The Truth about the Coming Climate Catastrophe and our Last Chance to Save Humanity*. Bloomsbury, New York, 2009.

H. MULLER-STEINHAGEN AND J. NITSCH. The contribution of renewable energies to a sustainable energy economy. n. July, 2005.

HÉMERY, D.; DEBEIR, J.; DÉLEAGE, J. Uma história de energia. Universidade de Brasília, pp. 45 – 75, 1986.

HERNICZEK, B. Improved Economic Method for the Utilization of Wastes from Coal Extraction in Poland. In: *Improved Techniques for the Extraction of Primary Forms of Energy*. Dordrecht: Springer Netherlands, p. 169 –170, 1983.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. População. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2016/08/populacao-brasileira-cresce-0-8-e-chega-a-206-milhoes>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. População. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/mapa_site/mapa_site.php#populacao>. Acesso em: 10 jul. 2017.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. IEA Atlas of Energy. Disponível em: <<http://energyatlas.iea.org/#!/tellmap/1378539487>>. Acesso em: 24 out. 2018.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. IEA World Balance (2016). Disponível em: <<https://www.iea.org/sankey/#?c=World&s=Balance>>. Acesso em: 24 out. 2018.

INTITUO ESCOLHAS. Custos e benefícios das fontes de geração elétrica. Disponível em: <<http://escolhas.org/biblioteca/estudos-instituto-escolhas/>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

INTITUO ESCOLHAS. Impactos de mudanças na matriz elétrica brasileira. Disponível em: <<http://escolhas.org/biblioteca/estudos-instituto-escolhas/>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

JONES, H. M.; INST, M. P. Social Effects of Decommissioning Trawsfynydd Power Station. United Kington, 2006.

KITCHENHAM, B. Procedures for performing systematic reviews. Keele, UK, Keele University, v. 33, n. 2004, p. 1-26, 2004.

LARAIA, M. Nuclear decommissioning. Planning, execution and international experience. Woodhead Publishing Series in Energy. n. 36, 2012.

Disponível em:
<https://books.google.com.br/books?id=5aNtAgAAQBAJ&pg=PA44&lpg=PA44&dq=From+which+emerged+the+need+for+decommissioning&source=bl&ots=zYRXZXmsAw&sig=r71tatmC7VqXeNuzx9ptEJ1AX1o&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwiH_fH_14bUAhWCFJAKHWF7B7sQ6AEIPDAE#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 17 fev. 2018.

Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 24 mar. 2017.

Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Política Nacional de Meio Ambiente Art 1º– Esta lei, com fundamento nos incisos VI; VII do art. 23; no art. 235 da Constituição, estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, constitui o Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama) e institui o Cadastro de Defesa Ambiental. (Redação dada pela Lei nº 8.028, de 1990). Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm> . Acesso em: 24 mar. 2017.

MILIOLI, G. Mining, environment, and development in southern Santa Catarina, Brazil: non-governmental organization, “Terra Verde” and its ideas for sustainability Environments, 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Grupo do Banco Mundial – Nota de Boas Práticas – Amianto: Questões de Segurança no Trabalho e na Comunidade. mai. 2009.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Lei 12.305. Política Nacional de Resíduos Sólidos. 02 ago. 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Convenção de Minamata. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/convencao-minamata>>. Acesso em 05 jul. 2018.

PORTAL DA AÇÃO CIVIL PÚBLICA DO CARVÃO. Seção Judiciária de Santa Catarina. Procuradoria da República em Santa Catarina. Disponível em: <<https://www.jfsc.jus.br/acpdocarvao/>>. Acesso em 20 ago. 2017.

RAVAZOLI, C. As mudanças no controle ambiental das minas ativas de carvão em Santa Catarina com a promulgação dos termos de ajustamento de conduta entre os anos de 2005 e 2010. p. 1–165, 2012.

REBOUÇAS, A. C. Diagnóstico preliminar dos impactos da mineração na área do morro do Estevão e do morro Albino. Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma. p.7 – 53, 1997.

REVISTA GESTÃO UNIVERSITÁRIA. Estudo de caso como metodologia de pesquisa aplicada. Disponível em: <<http://gestaouniversitaria.com.br/artigos/estudo-de-caso-como-metodologia-de-pesquisa-aplicada>>. Acesso em 08 ago. 2018.

SECRETARIA DE ESTADO E FAZENDA DE SC. Distribuição do Valor Adicionado por Município. Disponível em: <<http://www.sef.sc.gov.br/transparencia/relatorio/21>>. Acesso em 13 jul. 2017.

SENADO FEDERAL. Atividade Legislativa. Projeto de Decreto Legislativo (SF) nº 114, de 2017. Disponível em: <<http://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/129618>>. 17 jul. 2017.

SILVA, J.; ALMEIDA, C.; GUINDANI, J. Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. Disponível em: <file:///D:/Mestrado%20Energia%20e%20Sustentabilidade/Pesquisa%20Documental.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2018.

UNITED NATIONS. Population. Disponível em: <<http://www.un.org/en/sections/issues-depth/population/index.html>>. Acesso em: 12 jul. 2018.

VANCLAY, F. Conceptualising social impacts. University of Tasmania, Australia, 2001.

ÇENGEL, Y.A.; BOLES, M.A. Termodinâmica. 7. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

WCED - World Commission on Environment and Development. United Nations. Our Common Future. Disponível em: < <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2018.

WICKS, D.; NIEMIEC, J.; WALLER, M. The Leeds Lectures 6. Power station demolition. June, 2015.

WRIGLEY, E. A. Energy and the English Industrial Revolution. Philosophical transactions. Series A, Mathematical, physical, and engineering sciences, v. 371, n. 1986, p. 20110568, 2013.

YUAN, L. Technique of coal mining and gas extraction without coal pillar in multi-seam with low permeability. Journal of Coal Science and Engineering (China), v. 15, n. 2, p. 120–128, 26 jun. 2009.